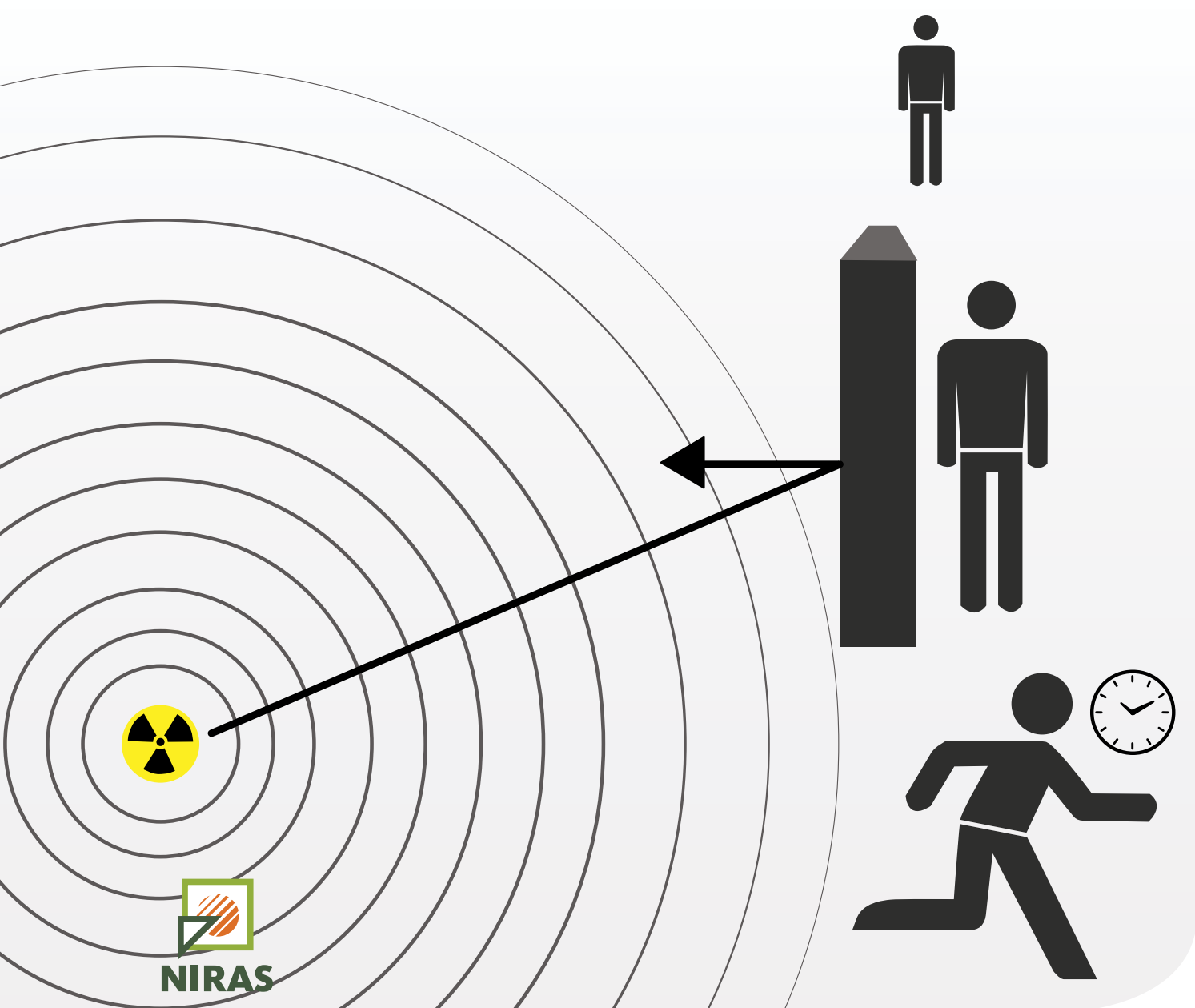


Stralingsbescherming



NIRAS

NIROND-TR 2011-12

Versie 3

Categorie A

Hoofdstuk 12

Stralingsbescherming

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval te Dessel


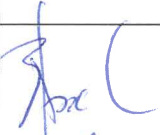

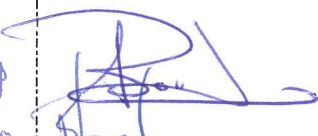

30 januari 2019

Versie 2 van dit hoofdstuk is geschreven door O. Goossens (NIRAS), nagekeken door W. Cool (NIRAS) en goedgekeurd door R. Bosselaers (NIRAS)

Versie 3 van dit hoofdstuk werd herwerkt door V. Cauwels (NIRAS)

Het werd nagekeken door A. de Lhoneux (VNS), W. Bastiaens (NIRAS), W. Cool (NIRAS), E. Weetjens (SCK•CEN) en B. Van Assche (NIRAS)

Het werd goedgekeurd door R. Bosselaers (NIRAS) en B. Van Assche (NIRAS)

Goedkeuring document		
Goedkeuring	Datum	Handtekening
Geschreven door: VANESSA CAUWELS	30-01-2019	
Nagekeken door: BART VAN ASSCHE EEF WEETJENS	30/01/2019 30/01/2019	 
Goedgekeurd door: RUDY BOSSELAERS BART VAN ASSCHE	30/01/2019 30/01/2019	 

NIRAS

Kunstlaan 14
1210 Brussel
www.nirond.be

De gegevens, resultaten, conclusies en aanbevelingen in dit rapport zijn eigendom van NIRAS. Dit rapport mag worden geciteerd mits bronvermelding. Dit rapport wordt beschikbaar gesteld op voorwaarde dat het niet voor commerciële doeleinden wordt gebruikt. Voor commercieel gebruik ervan, waaronder tevens het vervaardigen van kopieën of heruitgave, is voorafgaande schriftelijke toestemming van NIRAS vereist.

Documentgegevens			
<p>Hoofdstuk 12 Stralingsbescherming Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval te Dessel</p>			
<p>Nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen NIRAS Kunstlaan 14 1210 Brussel</p>			
Serie	Categorie A	Documenttype	NIROND-TR
Status	Open	Publicatiedatum	30 januari 2019
NIRAS rapportnummer	NIROND-TR 2011-12	Revisienummer	Versie 3
Sleutelwoorden	Categorie A, veiligheid, vergunningsaanvraag, bergingscolli, stralingsbescherming, operationele veiligheid, ALARA		

Revisietabel																										
Versie		Opmerkingen																								
Nummer	Datum																									
1	30/01/2012	Versie voor internationale peer review. Versie ter informatie voorgelegd aan het FANC.																								
2	30/09/2012	Initiële versie ingediend bij het FANC samen met de vergunningsaanvraag tot oprichtings- en exploitatie (A1) van de oppervlaktebergingsinrichting voor categorie A afval te Dessel																								
3	30/01/2019	<p>Herziene versie rekening houdend met de vragen van het FANC en Bel V op versie 2</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Vraag nr.</th> <th style="text-align: left;">Titel</th> <th style="text-align: left;">Nodige aanpassingen aan veiligheidsrapport</th> <th style="text-align: left;">Aangepaste § in HS12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HS02-001</td> <td>Dosis en risicobeperking</td> <td>Dosisbeperking aanpassen naar 0,1 mSv/a</td> <td>§12.5.2 §12.7.1.6</td> </tr> <tr> <td>HS02-002</td> <td>Veiligheidsbeleid</td> <td>Verwijzen naar beschrijving van elementen van het veiligheidsbeleid gevraagd in het KB [R12-4] Operationele limieten-Administratieve controle-niveau's Mikpunten</td> <td>§ 12.4.1 § 12.5.3</td> </tr> <tr> <td>HS02-011</td> <td>Algemene bepalingen betreffende de beperking van de doses met betrekking tot handelingen (§20.1.1 van ARBIS)</td> <td>Aanvulling van de begrenzing doses/volgdoses voor de handeling 'oppervlakteberging te Dessel' Effectieve dosis 10mSv/ 12 glijdende maanden</td> <td>Tabel 12-1 in §12.5.3</td> </tr> <tr> <td>HS09-002</td> <td>Besmettingscriteria</td> <td>De van toepassing zijnde criteria voor oppervlaktebesmetting definiëren in het hoofdstuk</td> <td>§ 12.5.6</td> </tr> <tr> <td>HS12-001</td> <td>Inconsistenties</td> <td>Inconsistenties tussen de ondersteunende documenten en hoofdstuk 12 moeten</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Vraag nr.	Titel	Nodige aanpassingen aan veiligheidsrapport	Aangepaste § in HS12	HS02-001	Dosis en risicobeperking	Dosisbeperking aanpassen naar 0,1 mSv/a	§12.5.2 §12.7.1.6	HS02-002	Veiligheidsbeleid	Verwijzen naar beschrijving van elementen van het veiligheidsbeleid gevraagd in het KB [R12-4] Operationele limieten-Administratieve controle-niveau's Mikpunten	§ 12.4.1 § 12.5.3	HS02-011	Algemene bepalingen betreffende de beperking van de doses met betrekking tot handelingen (§20.1.1 van ARBIS)	Aanvulling van de begrenzing doses/volgdoses voor de handeling 'oppervlakteberging te Dessel' Effectieve dosis 10mSv/ 12 glijdende maanden	Tabel 12-1 in §12.5.3	HS09-002	Besmettingscriteria	De van toepassing zijnde criteria voor oppervlaktebesmetting definiëren in het hoofdstuk	§ 12.5.6	HS12-001	Inconsistenties	Inconsistenties tussen de ondersteunende documenten en hoofdstuk 12 moeten	
Vraag nr.	Titel	Nodige aanpassingen aan veiligheidsrapport	Aangepaste § in HS12																							
HS02-001	Dosis en risicobeperking	Dosisbeperking aanpassen naar 0,1 mSv/a	§12.5.2 §12.7.1.6																							
HS02-002	Veiligheidsbeleid	Verwijzen naar beschrijving van elementen van het veiligheidsbeleid gevraagd in het KB [R12-4] Operationele limieten-Administratieve controle-niveau's Mikpunten	§ 12.4.1 § 12.5.3																							
HS02-011	Algemene bepalingen betreffende de beperking van de doses met betrekking tot handelingen (§20.1.1 van ARBIS)	Aanvulling van de begrenzing doses/volgdoses voor de handeling 'oppervlakteberging te Dessel' Effectieve dosis 10mSv/ 12 glijdende maanden	Tabel 12-1 in §12.5.3																							
HS09-002	Besmettingscriteria	De van toepassing zijnde criteria voor oppervlaktebesmetting definiëren in het hoofdstuk	§ 12.5.6																							
HS12-001	Inconsistenties	Inconsistenties tussen de ondersteunende documenten en hoofdstuk 12 moeten																								

		uitgeklard worden:	
		Dragen dosimeter in groen zone	Tabel 12-2 Figuur 12-20
		Opvulregels	§ 12.5.2
		Geen transport van monolieten in groene zone.	§ 12.6.4.2
		Dosisdebiet in bewaakte en gecontroleerde zone	§12.6.4.2 §12.6.4.3
		Maximaal dosistempo in contact met monoliet	§ 12.7.1.2
HS12-002	Radiologische impact in het geval van incidentele of accidentele situaties	Verwijzen naar de resultaten van HS13	§ 12.1 § 12.7.2.1 § 12.7.2.2
HS12-003	Collectieve dosis voor de werknemers	Verduidelijken van de berekening van de maximale jaarlijkse collectieve dosis	§ 12.7.1.5
HS12-004	Manipulatie van de inspectierobot	Aanpassen van de uren van manipulatie van de inspectierobot en herzien van de dosisberekeningen	Tabel 12-3
HS12-005	Dosistempo witte zone	Verduidelijken van de zonering en de gemiddelde en maximale toelaatbare dosistempi	§ 12.6.4.1
HS12-OD096-001	Administratieve gebouwen als deel van de groene zone	Verduidelijken van de overgangsmodaliteiten tussen de verschillende zones	§ 12.6.4.6 Figuur 12-17 Figuur 12-18 Figuur 12-19
HS12-OD096-002	Besmettingsmeting voor overgang gele naar groene zone	De besmettingsmetingen zullen uitgevoerd worden door een luchtbemonstering.	§ 12.5.6.1
HS12-OD058-001	Conservatisme van de berekeningen	Het conservatisme van het model dat gebruikt is voor de dosisberekeningen van de werknemers moet aangetoond worden.	Het nieuwe model heeft aanleiding gegeven tot een volledige revisie van OD058. De resultaten werden verwerkt in §12.7.1.1 tot en met §12.7.1.5
HS12-	Omhullendheid	Justificatie worst case	OD 93 werd

OD093-001	van het voorgestelde scenario	scenario	gereviseerd met nieuwe hypothesen. De resultaten werden verwerkt in § 12.6.4 en § 12.7.1.6
Overige aanpassingen:			
Nodige aanpassingen aan veiligheidsrapport		Aangepaste § in HS12	
Consistentie betreffende terminologie		§ 12.1, § 12.2, § 12.3 en § 12.4 § 12.5, §12.6, § 12.7	
Zonering is herzien en verduidelijkt in nota 2018-0616. De inhoud van deze nota is integraal overgenomen in het hoofdstuk		§ 12.6.4	
<ul style="list-style-type: none"> - Consistent gebruik van de termen ALARA en optimalisering - Gebruik van synoniemen voor 'trolley' ongedaan gemaakt - Verduidelijkingen van verwijzingen naar andere hoofdstukken met toevoeging van specifieke paragraafnummers. 		Overall in het hoofdstuk	
<ul style="list-style-type: none"> - Verduidelijken dat de opvolregels bijdragen tot de stralingsbescherming van de bevolking - Verduidelijken dat de minimale afstand voor een lid van de bevolking tot de bergingsinrichting in alle richtingen 65 m is. 		§ 12.5.2	
Verplaatsing van de paragraaf over 'Tijd, afstand en afscherming'		§ 12.5.2	
Verduidelijken dat er bij onderhoud aan de rolbrug geen manipulatie van monolieten toegelaten is		§ 12.5.6.2	
Verduidelijken van de radonblootstelling tijdens onderhoudswerken aan het drainagesysteem		§ 12.5.6.2 § 12.6.3	
Aanpassen van de alinea over de ontwerpkenmerken van manutentiewerktuigen aan het afval		§ 12.6.1	
Verduidelijking van de maatregelen om incidenten en ongevallen te voorkomen		§ 12.6.6.3	
Aanbrengen van structurele wijzigingen aan de tekst en vermijden van vage omschrijvingen		Overall in het hoofdstuk	
Herziening van de paragraaf met betrekking tot afschermingspraktijken (§12.6.6)		§ 12.6.2	
Toevoegen van een paragraaf over de globale inrichting van de site tijdens de operationele periode en de plaatsen van activiteit		§ 12.5.1	
Toevoegen van een paragraaf over stralingsbescherming tijdens de nucleaire reglementaire controlefase		§ 12.5.8	
Taakbeschrijving van PORC en SAC is		§12.4.2.4	

		herwerkt om overlap in de taakbeschrijving te vermijden	
		Aanduiden van zone van bepalingspunten voor de inschatting van de opgelopen doses	§12.7.1
		Er is geen rechtstreekse toegang tussen groene zone en gele zone; aanpassing van de figuur	Figuur 12-20
		Herformulering 'afscherming'	§12.6.1
		Toevoegen verantwoordelijkheden Directeur-Generaal mbt stralingsbescherming	§12.4.2.1
		Toevoegen van fase III in de veiligheidsevaluatie tijdens abnormale uitbatingsomstandigheden	§12.1

Inhoudsopgave

12	Stralingsbescherming	12-1
12.1	Inleiding en doelstellingen	12-1
12.2	Reglementair kader	12-2
12.3	Stralingsbeschermingsprincipes	12-2
12.4	Stralingsbeschermingsbeheer	12-3
12.4.1	Beleid en vereisten	12-3
12.4.2	Functies en verantwoordelijkheden	12-4
12.4.2.1	De NIRAS Directeur-Generaal	12-4
12.4.2.2	Site manager	12-4
12.4.2.3	De Dienst Fysische Controle (DFC)	12-5
12.4.2.4	Comités (SAC en PORC)	12-6
12.4.3	Organisatie om stralingsbescherming bij het ontwerp in rekening te brengen	12-6
12.4.4	Algemene strategische aanpak van stralingsbescherming tijdens de uitbating	12-6
12.4.4.1	Opleiding in stralingsbescherming	12-6
12.4.4.2	Risicoanalyse en ervaringsfeedback	12-7
12.4.4.3	PMA briefings	12-8
12.4.4.4	Eerste opstart en tests	12-8
12.4.4.5	Werkvergunningen	12-8
12.5	Benadering van operationele stralingsbescherming	12-9
12.5.1	Inleiding	12-9
12.5.2	Algemene aanpak	12-10
12.5.3	Operationele limieten	12-11
12.5.4	Radiologische risico's	12-12
12.5.4.1	Uitwendige bestraling	12-12
12.5.4.2	Oppervlaktebesmetting	12-12
12.5.4.3	Vloeistoffen	12-12
12.5.4.4	Luchtbesmetting	12-13
12.5.5	Stralingsbescherming bij bouw tijdens exploitatie	12-13
12.5.6	Stralingsbescherming tijdens normale uitbatingsomstandigheden	12-13
12.5.6.1	Stralingsbescherming tijdens exploitatie	12-13
12.5.6.2	Stralingsbescherming tijdens onderhoud en herstelling	12-15
12.5.7	Stralingsbescherming tijdens de uitvoering van de structurele sluiting van de modules	12-16
12.5.8	Stralingsbescherming tijdens de nucleaire reglementaire controlefase	12-16

12.6	Ontwerp en praktijken van operationele stralingsbescherming	12-17
12.6.1	Uitrusting en ontwerpkenmerken van de bergingsinstallatie die bijdragen tot het optimaliseringsprincipe	12-17
12.6.2	Afschermingpraktijken	12-17
12.6.3	Ventilatie	12-18
12.6.4	Zonering en toegang	12-19
12.6.4.1	Vrije zone	12-19
12.6.4.2	Bewaakte zone	12-19
12.6.4.3	Gecontroleerde zone	12-20
12.6.4.4	Plan exploitatiefase Ia – stap I	12-21
12.6.4.5	Plan exploitatiefase Ia – stap II	12-25
12.6.4.6	Toegang tot de verschillende zones	12-30
12.6.5	Radiologische monitoring	12-33
12.6.6	Organisatorische maatregelen die bijdragen tot het optimaliseringsprincipe bij een incident of ongeval	12-35
12.6.6.1	Programma in geval van een incident	12-35
12.6.6.2	Programma in geval van een ongeval	12-35
12.6.6.3	Maatregelen bij incidenten en ongevallen	12-35
12.6.7	Programma om de initiatie van incidenten en ongevallen te voorkomen	12-36
12.6.8	Programma om het begin van incidenten en ongevallen op te sporen	12-36
12.7	Doses	12-37
12.7.1	Dosisraming tijdens normale uitbatingsomstandigheden	12-37
12.7.1.1	Methodologie	12-37
12.7.1.2	Uitgevoerde Monte Carlo simulaties	12-37
12.7.1.3	Specifieke zones m.b.t. de dosistemp	12-37
12.7.1.4	Ontvangen dosis per taak	12-44
12.7.1.5	Collectieve dosis voor de werknemers	12-48
12.7.1.6	Dosis voor de leden van het publiek	12-48
12.7.2	Dosisinschatting bij abnormale uitbatingsomstandigheden	12-49
12.7.2.1	Doses voor werknemers	12-49
12.7.2.2	Dosis voor de leden van het publiek	12-49
12.8	Referenties	12-50
12.8.1	Referenties	12-50
12.8.2	Ondersteunende documenten	12-50
	Bijlage 12-1: Lijst van gebruikt afkortingen	12-51
	Bijlage 12-2: Verklarende woordenlijst	12-51

12 Stralingsbescherming

12.1 Inleiding en doelstellingen

Het doel van stralingsbescherming in een nucleaire inrichting is om de werknemers, de bevolking en het leefmilieu te beschermen tegen de schadelijke gevolgen van ioniserende straling.

Dit hoofdstuk bespreekt het beheer van de stralingsbescherming van de bergingsinrichting voor categorie A-afval te Dessel. Dit vanaf het ontwerp en de realisatie van de monolieten en de modules (vóór Fase Ia) tot aan de opheffing van de nucleaire reglementaire controrefase (Fase III). Na de nucleaire reglementaire controrefase wordt de stralingsbescherming verzekerd door de toepassing van de veiligheidsstrategie (§ 2.2.3.3 [HS-02]). De veiligheid op lange termijn wordt in hoofdstuk 14 [HS-14] geëvalueerd. De veiligheidsevaluatie van de berging tijdens abnormale uitbatingsomstandigheden die zich mogelijk kunnen voordoen tijdens fases Ia, Ib, II en III (intern of extern en incident of ongeval) wordt in hoofdstuk 13 [HS-13] beschouwd.

In andere hoofdstukken worden andere aspecten met betrekking tot de stralingsbescherming behandeld:

- Het radiologische monitoringsprogramma wordt in hoofdstuk 16 [HS-16], § 16.4, beschreven.
- Het algemene beheer van de nucleaire veiligheid in de oppervlaktebergingsinrichting wordt besproken in hoofdstuk 3 [HS-03].
- De uitbating onder normale uitbatingsomstandigheden wordt behandeld in hoofdstuk 9 [HS-09].
- [HS-15] behandelt de conformiteitscriteria waaraan het categorie A-afval dient te voldoen.

De stralingsbeschermingsprincipes die vastgelegd zijn in dit hoofdstuk zijn onder meer gebaseerd op de resultaten van verschillende studies. In [HS14], § 14.16.2 wordt bepaald welke radionucliden een belangrijke rol gaan spelen in de langetermijnveiligheid. In [OD-058], [OD-093] en [OD-256] worden onder andere doses en dosistempen op conservatieve wijze berekend waaraan de werknemers en de bevolking blootgesteld kunnen worden tijdens de operationele periode. In [OD-218] is de dosis berekend als gevolg van de blootstelling aan radon in de inspectiegalerij. Voor de bepaling van de blootstelling tijdens abnormale uitbatingsomstandigheden is een risicoanalyse uitgevoerd [OD-271]. Bovengenoemde studies maken dan weer gebruik van verschillende computermodellen [OD-033], [OD-170] en [OD-094]. Voor bovenstaande analyses en berekeningen wordt uitgegaan van het ontwerp van de oppervlaktebergingsinstallatie en de monolieten dat besproken wordt in [HS-07] en [HS-08].

Verder is het beheer van stralingsbescherming gebaseerd op de best beschikbare technieken, de terugkoppeling van ervaring van buitenlandse oppervlaktebergingsinstallaties (El Cabril, Centre de l'Aube) en van nationale opslaginstallaties (Belgoproces).

Stralingsbescherming kan in twee gebieden worden opgedeeld:

- 1) de operationele stralingsbescherming, hieronder wordt de bescherming van de werknemers verstaan;
- 2) de bescherming van de bevolking tegen ioniserende straling.

De wettelijke voorschriften en blootstellingslimieten zijn verschillend voor elk van beide groepen en worden voor beide groepen beschreven in het Algemeen Reglement op de Bescherming van de bevolking, werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van Ioniserende Stralingen (ARBIS) [R12-1].

Vooraleer de nucleaire reglementaire controle van de oppervlakteberging opgeheven wordt is de belangrijkste zorg voor de stralingsbescherming uitwendige blootstelling aan straling, omdat de radionucliden ingekapseld zitten in de monolieten.

De doelstellingen van dit hoofdstuk zijn:

- Beschrijven van het beheer van de stralingsbescherming;
- Beschrijven van de aanpak van de operationele stralingsbescherming en de manier waarop het ontwerp en de toegepaste praktijken dit mogelijk zullen maken;
- Maken van een dosisinschatting bij normale uitbatingomstandigheden, zowel voor de werknemers als voor de bevolking.

12.2 Reglementair kader

Hoofdstuk 2 (§ 2.3 [HS-02]) bevat een overzicht van de relevante aanbevelingen, richtlijnen en wettelijke voorschriften om werknemers en publiek te beschermen bij blootstelling aan straling en radioactieve stoffen.

Artikel 20.1.1.1 van het ARBIS [R12-1] legt de stralingsbeschermingsprincipes op, beschreven in [HS-02], §2.4.2.2. In artikel 20.1.1.2 van het ARBIS [R12-1] worden maatregelen vereist:

- om te voorkomen dat radioactieve stoffen in het organisme terechtkomen via inname, inademing of door om het even welke ongecontroleerde indringing, evenals elk rechtstreeks contact van het organisme met die stoffen;
- opdat de bronnen van ioniserende stralingen zouden gebruikt worden in zo perfect mogelijke veiligheidsomstandigheden;
- om de verspreiding van radioactieve stoffen in het leefmilieu te voorkomen en te beperken.

Vereisten met betrekking tot het beheer van de nucleaire veiligheid in kerninstallaties worden opgelegd in artikels 3 tot 6 van de veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties [R12-3]. Nucleaire veiligheid is gedefinieerd als de toestand van deugdelijke uitbatingomstandigheden, het voorkomen van ongevallen en het beperken van de gevolgen van ongevallen, die er toe bijdragen dat werkers en de bevolking beschermd worden tegen de gevaren van ioniserende straling afkomstig van kerninstallaties (artikel 1 uit [R12-1]).

Artikel 33 tot 35 van [R12-2] bevat specifieke veiligheidsvoorschriften voor het beheer van de nucleaire veiligheid in inrichtingen voor de eindberging van radioactieve afval.

12.3 Stralingsbeschermingsprincipes

De stralingsbescherming in de inrichting voor de oppervlakteberging voor categorie A-afval in Dessel is gestoeld op de volgende drie fundamentele stralingsbeschermingsprincipes, zoals beschreven in Hoofdstuk 2 [HS-02] § 2.4.2.2:

- Rechtvaardiging van een handeling;
- Optimalisering van de bescherming;
- Individuele dosislimieten.

Een correcte toepassing in de praktijk van de stralingsbeschermingsprincipes vereist een gepast *beheer* van de stralingsbescherming en ontwerpkenmerken van de inrichting die bijdragen tot de stralingsbescherming. Het beheer van stralingsbescherming omvat:

- Organisatie-aspecten bij de exploitant zoals functies en verantwoordelijkheden, regels, procedures, preventiemiddelen en controle;
- Praktijken zoals zonering, afscherming, ventilatie, monitoring en programma's om incidenten en ongevallen te voorkomen en op te sporen;

Optimalisering van de bescherming impliceert een ALARA-beleid (As Low As Reasonably Achievable) dat als doel heeft om stralingsdoses en het vrijkomen van radioactieve stoffen in het milieu zo laag als redelijkerwijze haalbaar te houden, rekening houdend met sociale en economische factoren. De organisatie om stralingsbescherming bij het ontwerp in rekening te brengen is in §0 beschreven. De algemene strategische aanpak van stralingsbescherming tijdens uitbating om de blootstelling zo laag als redelijkerwijze mogelijk te houden is in §12.4.4 beschreven.

Veiligheid en vertrouwen in de veiligheid worden bereikt door de volgende middelen:

- Het opstellen van risicoanalyses om de passende maatregelen te voorzien bij normale uitbatingsomstandigheden, bij incidenten en bij ongevallen;
- Rekening te houden met de operationele terugkoppeling en het uitvoeren van periodieke herzieningen en onafhankelijke evaluaties;
- Toezicht en controle te houden op de bergingsinrichting.

12.4 Stralingsbeschermingsbeheer

12.4.1 Beleid en vereisten

Het beleid van NIRAS inzake veiligheid stelt dat er prioritair belang gehecht moet worden aan de nucleaire veiligheid en neemt het engagement tot een continue verbetering van de nucleaire veiligheid ([HS-02], §2.2.1).

De beheerstrategie voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval is gekaderd in het geïntegreerd beheersysteem van NIRAS dat enerzijds beveiliging, gezondheid, kwaliteit, economische aspecten en veiligheid als belangrijkste factoren integreert en dat anderzijds alle stappen in het beheer van het radioactieve afval integreert ([HS-02] § 2.5.1 en [HS-03], § 3.2). De beheerstrategie laat toe om de reglementaire bepalingen na te leven en de fundamentele veiligheids- en stralingsbeschermingsprincipes toe te passen, in het bijzonder het principe van de optimalisering van de bescherming (artikel 33.3 van [R12-2]). Optimalisering van de bescherming is dus onderdeel van deze beheerstrategie ([HS-02], § 2.5.2). De beheerstrategie omvat ook de sleutelparameters, doelstellingen en mikpunten waartegenover de vorderingen op het vlak van nucleaire veiligheid kunnen worden opgevolgd en de manier waarop toezicht zal gehouden worden op het niveau van de nucleaire veiligheid ([HS-02], § 2.5.3.1).

Het algemeen beheer van de nucleaire veiligheid in de bergingsinrichting voor de oppervlakteberging van categorie A-afval te Dessel, conform aan de vereisten uit [R12-1] [R12-2], en [R12-3], wordt beschreven in Hoofdstuk 3 [HS-03] van het veiligheidsrapport.

12.4.2 Functies en verantwoordelijkheden

De algemene functies en verantwoordelijkheden van NIRAS als beheerder van radioactieve afvalstoffen en als exploitant van de bergingsinrichting worden in detail besproken in Hoofdstuk 3 van dit veiligheidsrapport [HS-03]. Deze paragraaf behandelt de aspecten met betrekking tot de stralingsbescherming.

12.4.2.1 De NIRAS Directeur-Generaal

De verantwoordelijkheden van de Directeur-Generaal van NIRAS staan beschreven in Hoofdstuk 3, [HS-03], § 3.3.1. De Directeur-Generaal is houder van de bouw-, oprichtings-en exploitatievergunningen die aan de instelling zijn uitgereikt voor de oppervlaktebergingsinstallatie en draagt wettelijk gezien, in zijn hoedanigheid van ondernemingshoofd, de ultieme verantwoordelijkheid voor de naleving van deze vergunningen. Hij dient ervoor te zorgen dat de exploitatiesite beschikt over alle nodige middelen om zijn opdracht uit te voeren, ook wat betreft stralingsbescherming. De Directeur-Generaal richt een dienst voor fysische controle (DFC) op (zie § 12.4.2.3).

12.4.2.2 Site manager

De algemene beschrijving van de verantwoordelijkheden van de site manager (inrichtingshoofd) staan opgelijst in Hoofdstuk 3, [HS-03], § 3.3.6.

Met betrekking tot stralingsbescherming, is de site manager verantwoordelijk voor:

- het inrichten van de lokale cel van de dienst voor fysische controle (DFC);
- het verzekeren van een doeltreffende bescherming¹ in de bergingsinrichting;
- het deelnemen aan het bepalen van de stralingsbeschermingsdoelstellingen en -mikpunten en ondersteuning leveren aan de dienst fysische controle (DFC) met betrekking tot het ALARA-beleid;
- het voorzien van informatie en voldoende specifieke opleiding over de specifieke risico's ten gevolge van ioniserende straling voor interne en externe werknemers en bezoekers;
- het geven van toelating aan werknemers of bezoekers om bepaalde plaatsen in de inrichting te betreden;
- het ter beschikking stellen van de vereiste informatie aan de Minister van tewerkstelling en arbeid en aan het FANC met betrekking tot de personeelsdosimetrie, in het bijzonder voor accidentele blootstelling;
- het implementeren van een radiologisch toezichtsprogramma dat voldoet aan de wettelijke eisen;
- het bezorgen aan de Veiligheidsautoriteit van alle inlichtingen en documenten die nodig zijn voor het uitvoeren van hun opdracht;
- het aanstellen van personen die er zorg voor draagt dat de veiligheidsmaatregelen in de gecontroleerde zone worden nageleefd en dat de beschermingsmiddelen in goede staat van werking verkeren (aangestelde voor de bewaking).

¹ Doeltreffende bescherming is in artikel 2 van het ARBIS gedefinieerd als: dusdanige beschermingsinrichting tegen ioniserende stralingen dat de door iedere persoon opgelopen dosis zo laag wordt gehouden als redelijkerwijze mogelijk is en in elk geval de dosislimieten niet overschrijdt.

12.4.2.3 De Dienst Fysische Controle (DFC)

De DFC (Dienst Fysische Controle) houdt toezicht op het niveau van nucleaire veiligheid en stralingsbescherming.

De verantwoordelijkheden en de organisatie van de dienst fysische controle staan beschreven in Hoofdstuk 3, [HS-03], § 3.3.2 en § 3.4.3.

Enkele van de specifieke verantwoordelijkheden van de DFC met betrekking tot de stralingsbescherming zijn:

- het bijhouden van een gecontroleerd register met de vaststellingen en de beslissingen van de DFC;
- de inrichting van en toezicht op maatregelen om de naleving te verzekeren van het ARBIS alsook van besluiten en beslissingen van het Agentschap;
- het leiding geven, trainen, en kwalificeren van het personeel dat instaat voor de stralingsbescherming op de site;
- het ontwikkelen en toepassen van de stralingsbescherming, het optimaliseren van de bescherming (plannen, procedures, methoden, onderzoeken) met naspeurbare resultaten, opvolging en evaluaties, met inbegrip van milieu- en publieke aspecten. Dit omvat onder meer:
 - opleidingsprogramma's;
 - stralingsbewakingsprogramma's;
 - gegevens met betrekking tot blootstelling en doses bewaren;
 - het toepassen en onderhouden van een dosimetrieprogramma om externe en interne blootstelling aan straling bij het personeel, onderaannemers en bezoekers te bepalen;
 - het verzekeren van goed onderhouden en periodiek gekalibreerde stralingsmeettoestellen en beschermingsmiddelen en toezicht op het juiste gebruik ervan.
- het coördineren van de optimalisering van de bescherming (ALARA-programma). Dit omvat:
 - het identificeren van plaatsen, handelingen en omstandigheden die mogelijkwijs kunnen leiden tot significante blootstelling aan straling;
 - het identificeren van preventieve, toezichts- en herstelmaatregelen;
 - het beoordelen van het voorbereidende werk voor taken waarbij doses worden opgelopen.
- het proactief handelen in de PORC (Plant Operational Review Committee, Uitbatingscomité voor de installatie) (§ 12.4.2.4) wat betreft de stralingsbeschermings- & optimalisering van de bescherming: beleid, programma's, periodieke evaluaties, opvolging van de toepassing ervan.
- het voorbereiden van de rapporten voor het SAC (Safety Assessment Committee, Veiligheidsevaluatiecomité van de installatie) en het deelnemen eraan (§ 12.4.2.4).
- het deelnemen aan ontwerpbeoordelingen voor inrichtingen en uitrustingen die invloed kunnen hebben op de blootstelling aan straling.

12.4.2.4 Comités (SAC en PORC)

De sleutelparameters met betrekking tot de nucleaire veiligheid en stralingsbescherming worden in het SAC en PORC regelmatig besproken en vergeleken met de mikpunten en doelstellingen. (zie HS03, § 3.3.3.1 en 3.3.6.2).

Plant Operational Review Committee (PORC).

Het objectief van dit comité bestaat erin om de nodige organisatorische maatregelen te nemen opdat de voorschriften op gebied van veiligheid op de site (nucleair en conventioneel) en stralingsbescherming correct worden toegepast tijdens exploitatie. Dit comité vervult de rol van ALARA-comité.

De opdracht van het uitbatingscomité (PORC) wordt uitgebreid besproken in Hoofdstuk 3, [HS-03], § 3.3.6.2.

Safety Assessment Committee (SAC)

Het SAC voert een evaluatie uit van de manier waarop het veiligheidsbeleid van NIRAS wordt toegepast bij de uitvoering van haar activiteiten, zowel voor NIRAS als beheerder van het radioactieve afval als voor NIRAS als exploitant. Zo evalueert het SAC de operationele veiligheid met inbegrip van de stralingsbescherming en de langetermijnveiligheid met inbegrip van de activiteiten in verband met beheer van het radioactieve afval. Het SAC formuleert aanbevelingen om deze aspecten te verbeteren.

De opdracht van het veiligheidsevaluatiecomité voor de installatie (SAC) wordt toegelicht in Hoofdstuk 3, [HS-03], § 3.3.3.1

12.4.3 Organisatie om stralingsbescherming bij het ontwerp in rekening te brengen

Bij de ontwikkeling van het ontwerp is een systematische optimaliseringsoefening uitgevoerd (zie [HS-02], § 2.5.2). Hoofdstuk 8 [HS-08] beschrijft het ontwerp en de constructie. De verdere ontwikkeling (van de stralingsbescherming) van dit ontwerp zal worden gebaseerd op de terugkoppeling van ervaringen en risicoanalyses om de blootstelling volgens het optimaliseringsprincipe te houden en ervoor te zorgen dat bronnen van ioniserende straling in zo perfect mogelijke veiligheidsomstandigheden gebruikt kunnen worden, conform art 20.1.1.2 van het ARBIS [R12-1].

De optimalisering van de bescherming zal verdergezet worden tijdens de volledige levensduur van de bergingsinrichting. (zie [HS-02], § 2.5.2).

12.4.4 Algemene strategische aanpak van stralingsbescherming tijdens de uitbating

Tijdens de uitbating wordt rekening gehouden met stralingsbescherming door het respecteren van verschillende fundamentele aspecten om de blootstelling zo laag als redelijkerwijze mogelijk te houden.

12.4.4.1 Opleiding in stralingsbescherming

Bij aanvang van hun tewerkstelling en daarna periodiek (minimum jaarlijks) zijn opleidingen in stralingsbescherming noodzakelijk om ervoor te zorgen dat alle werkers de algemene en specifieke stralingsrisico's kennen, evenals hun verantwoordelijkheid in de oppervlaktebergingsinrichting voor een veilige behandeling van radioactieve materialen. Zo is iedereen in staat om de individuele blootstelling aan straling ALARA te houden.

Het doel van de opleiding stralingsbescherming is om de juiste methoden aan te leren om te werken in een radioactieve omgeving en om te gaan met radioactieve stoffen, om de effecten van straling te begrijpen, om de risico's van beroepshalve blootstelling te verklaren, en de specifieke gevaren die verband houden met werkzaamheden op de site te identificeren.

De opleiding omvat:

- Klassikale opleiding over de volgende onderwerpen:
- informatie over de gezondheidseffecten van ioniserende straling;
- informatie over de dosistempi in de zones tijdens normale uitbatingsomstandigheden;
- informatie over het gebruik van individuele beschermingsmiddelen en monitoring (dosimeters) en over de procedures voor de toegang en het verlaten van de gecontroleerde zone;
- Gedetailleerd overzicht van de procedures die worden toegepast in de gecontroleerde zone, met inbegrip van de bepaling van de dosisdoelstellingen die voor elke taak specifiek zijn en bepaald werden, tot het vastleggen van het traject dat moet worden gevolgd in de gecontroleerde zone door de werknemers, het gebruik van specifieke gereedschappen en/of hulpapparatuur, de te ondernemen acties bij het bereiken van de vooraf vastgestelde limieten en in geval van nood (zie eveneens § 12.4.4.5 – Werkvergunning).
- Mock-up training die vereist is voor specifieke (niet-routinematige) taken (onderhoud, herstelling,...);
- Debriefing in een klaslokaal: bij het afronden van een taak wordt er een debriefing georganiseerd om:
- de daadwerkelijke blootstelling van de werknemers te beoordelen en deze te vergelijken met de verwachte doses voor de taak met een periodiciteit die past bij het risico voor overschrijding van de verwachte doses.
- de oorzaken van de afwijkingen te analyseren.
- aanbevelingen te formuleren met betrekking tot de stralingsbescherming voor toekomstige activiteiten.
- Voor het personeel van de dienst stralingsbescherming specifieke opleiding en bij- en nascholing te organiseren, waarin bovendien aandacht wordt besteed aan het gebruik van stralingsmonitoringtoestellen, de verificatie van deze toestellen en aan de te nemen maatregelen bij de werkvoorbereiding, -opvolging en -evaluaties.

12.4.4.2 Risicoanalyse en ervaringsfeedback

Technische werkzaamheden zijn het onderwerp van risicoanalyses om mogelijke risico's op voorhand te identificeren, maatregelen te nemen of werkomstandigheden op te leggen om incidenten of ongevallen te voorkomen, degeneratie op te volgen en de gevolgen te beperken.

Een risicoanalyse, met inbegrip van het radiologische risico, wordt uitgevoerd met methoden die geschikt zijn voor de situaties. De risicoanalyses die gebruikt zijn voor het bepalen van de risico's in het kader van de operationele veiligheid zijn besproken in [HS-13], § 13.2.2.1

Aanvullend wordt er voor elk significant voorval op het gebied van de nucleaire veiligheid onmiddellijk een eerste evaluatie uitgevoerd om te bepalen of er dringende maatregelen dienen te worden getroffen.

Daarna wordt een evaluatie en, indien nodig, een gedetailleerde analyse uitgevoerd (artikel 11.3 van [R12-3]). De analyse omvat de volgende elementen:

- Beschrijving van het voorval met zijn chronologie, de context ...;
- Analyse van de rechtstreekse en grondoorzaken;
- Evaluatie van de mogelijke gevolgen en de impact op de nucleaire veiligheid;
- Identificatie en implementatie van de corrigerende acties, op technisch vlak, op administratief vlak, en op het vlak van de opleiding van werkers.

Ervaringsfeedback kan risico-identificatie en/of corrigerende maatregelen opleveren om de veiligheid tijdens de uitbating te verbeteren. Ervaringsfeedback van andere installaties en het risicoanalyse proces levert gegevens voor het aanpassen van het stralingsbeschermingsprogramma.

12.4.4.3 PMA briefings

Vooraleer technische werkzaamheden aan te vatten, worden er PMA briefings gehouden op basis van de risicoanalyses. Actieve preventie, monitoring en bescherming of risicobeheersmaatregelen worden beschouwd als essentieel voor een doeltreffende bescherming.

12.4.4.4 Eerste opstart en tests

De bedoeling van de opstarttests is om te garanderen dat de componenten en de uitrusting op een veilige en betrouwbare wijze kunnen worden bediend en niet direct of indirect een negatieve invloed kunnen hebben op de gezondheid en de veiligheid van werknemers of het publiek, in het bijzonder betreffende het risico op blootstelling aan ioniserende stralingen. Met de opstart- en testactiviteiten wordt er nagegaan dat de systemen, structuren en componenten die belangrijk zijn voor de nucleaire veiligheid (SSC's):

- op gepaste wijze zijn gebouwd en geïnstalleerd;
- hun operationele en veiligheidsfuncties vervullen overeenkomstig hun respectievelijke ontwerp basiseisen, met inbegrip van de warme tests om de stralingsniveaus en bijhorende blootstellingstijden bevestigd te zien;
- voldoen aan de regelgeving en vergunningseisen en aan de geldende vergunningsspecificaties;
- de eerste opstartactiviteiten en tests zijn van toepassing
- op de radiologische uitrusting, de ingebruikname;
- bij de start van de uitbating; en
- bij aanpassingen, wijzigingen in de configuratie, die leiden tot controles van de configuratie.
- vooraleer de procedures van kracht worden, worden simulaties of koude tests uitgevoerd wanneer mogelijk.

12.4.4.5 Werkvergunningen

De werkvergunning omvat:

- de stralingsbescherming, conventionele veiligheid, milieuveiligheid en beveiliging. De werkvergunning identificeert alle nodige voorzorgsmaatregelen, zoals procedures, voorschriften voor persoonlijke beschermingsmiddelen en alle andere speciale behandelingseisen;

- de bestaande radiologische voorwaarden en de uit te voeren controles op de stralingsbescherming, die van toepassing zijn bij het uitvoeren van specifieke werken die werkelijke of potentiële blootstelling van medewerkers aan ioniserende straling of radioactieve stoffen tot gevolg hebben;
- een registratie van het radiologische werk. Dit houdt een voorevaluatie van de prestatie in.
- een evaluatie van de prestatie na afloop met betrekking tot het optimaliseringsprincipe;
- een registratie voor toepassing in de toekomstige planning van soortgelijke of dezelfde werkzaamheden levert.

De werkvergunning wordt opgesteld door de lokale cel DFC-IDPBW die deel uitmaakt van de dienst VGMB van NIRAS (zie ook [HS-03] § 3.3.6.2). De werkvergunning is een ALARA-document, dat wil zeggen dat het document wordt gebruikt voor het optimaliseren en bewaken van de doses die opgelopen worden bij werkzaamheden.

De ramingen van de doses houden rekening met de volgende elementen:

- de beschrijving van de activiteiten worden opgenomen in de werkvergunningen;
- de zone/ruimte waarin deze werkzaamheden worden verricht (op basis van berekeningen/metingen van het dosistempo);
- een schatting van het aantal manuren die nodig zijn om de activiteiten die onder de werkvergunning vallen, uit te voeren;
- een lijst van uitrusting die gebruikt zal worden (klein gereedschap uitgezonderd).

Voor de bergingsinrichting worden twee categorieën van werkvergunningen afgeleverd:

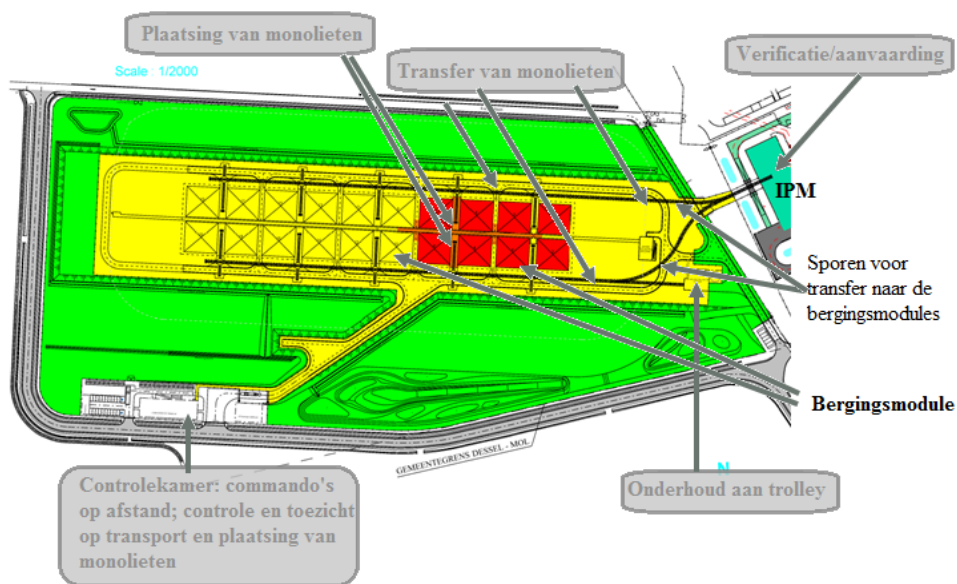
- Een ‘standaard’-categorie voor werkprocedures die reeds voordien werden goedgekeurd in dezelfde vorm, dat wil zeggen voor routinematige, wederkerende, goed beheerste en ‘licht werk’ activiteiten. De tussenkomst van de DFC beperkt zich gewoonlijk tot een minimale controle. Deze categorie zal het grootste deel van de werkzaamheden omvatten;
- Een categorie voor ‘specifiek werk’ dat nog niet werd goedgekeurd door de DFC, eventueel met een bijzonder en/of relatief hoger risico met betrekking tot de stralingsdoses. Deze categorie moet een zo klein mogelijk deel van de werkzaamheden omvatten.

Bij incidenten/ongevallen wordt alleen de werkvergunning voor ‘specifiek werk’ gebruikt voor interventies. Voor de gecontroleerde zone waar een incident/ongeval optreedt, worden de ‘standaard’ werkvergunningen ingetrokken tot de situatie terug geëvolueerd is naar normale uitbatingomstandigheden.

12.5 Benadering van operationele stralingsbescherming

12.5.1 Inleiding

De uitbating heeft als doelstelling om de radiologische blootstelling te optimaliseren (ALARA). Een principiële grond van de site (Figuur 12-1) toont de belangrijkste plaatsen van activiteit. Tijdens normale exploitatie gebeurt het bergen van de monolieten in de oppervlaktebergingsinrichting dan ook volledig vanop afstand vanuit de controlekamer en zal een trolley gebruikt worden voor de transfer van monolieten naar de bergingsmodules.



Figuur 12-1: principeplattegrond van de site met de belangrijkste plaatsen van activiteit

12.5.2 Algemene aanpak

Gedurende exploitatiefase Ia worden de radionucliden ingesloten binnen de monoliet, enerzijds door de vorm van het categorie A-afval zelf (vast of gesolidificeerd afval) en anderzijds door de immobilisatie/vulmortel en de caisson (zie [HS-02], § 2.8.5 en [HS-07] § 7.2). Het disfunctioneren van de insluiting wordt gedurende de exploitatiefase uitgesloten door een correcte aanvaarding van het afval, toezicht en, indien nodig, door het uitvoeren van herstellingen. Samengevat, het vrijkomen van radionucliden is beperkt tot de verwachte radon-uitstoot van de betonnen bouwmaterialen [OD-218] § 3.2.2 en § 3.4.

Werknemers worden beschermd tegen straling door de betonnen afschermingsplaten (30 cm), geplaatst boven op iedere monolietstapel [HS-08] § 8.5.3. Dit is voornamelijk van belang voor technici belast met het onderhoud van de rolbrug en voor de bouwvakkers belast met de opvulling van de ruimtes tussen de monolietstapels en het storten van beton tijdens de structurele sluiting van de modules (zie ook § 12.7).

Bezoekers aan de bergingsinrichting worden beschermd tegen straling door de afscherming van de modulewanden en de betonnen afschermingsplaten. De wanden hebben een dikte van 70 cm en verminderen de straling (bijvoorbeeld voor ^{60}Co) met ongeveer een factor 1 000. De stralingsintensiteit buiten de bergingsmodules wordt voornamelijk bepaald door de stroostraling (skyshine effect = reflectie van straling tegen een luchtlag) van de modules in opvulling. De bezoekers worden op een veilige afstand van de bronterm gehouden.

De bevolking in de buurt van de bergingsinrichting wordt eveneens tegen straling beschermd door de afscherming van de modulewanden en de betonnen afschermingsplaten. De opvulregel die stelt dat dat de som van de dosistempen op contact met de monolieten uit één laag binnen de module beperkt is tot 174 mSv/h draagt eveneens bij tot het beperken van de stralingsdosis, [HS-09] § 9.3.4.2. Het dosistempo aan de rand van de site is het gevolg van stroostraling. De afstand van de buitenomgeving tot de bergingsinrichting is minimaal 65 m en garandeert zo dat de bevolking op een veilige afstand blijft en dat de dosis die ze mogelijk oploopt onder de 0,1 mSv/a blijft [OD-093] § 4, [OD-256] § 4.3.

Het optimaliseringsprincipe moet worden toegepast voor alle activiteiten op de bergingsinrichting gedurende de operationele periode en na de sluiting. De voorgestelde maatregelen in het kader van de strategie van stralingsbescherming zijn:

- de maximalisatie van de afstand tussen de werknemers, het publiek en de radioactieve bronnen. Dit houdt het gebruik van afstandsbediende uitrusting in;
- het beperken van de interventietijd in een stralingsveld;
- de afscherming tegen straling.

12.5.3 Operationele limieten

Om het risico op overschrijding van de reglementaire dosislimiet voor de effectieve dosis te beperken en de opgelopen effectieve dosis door individuen te beheersen, worden operationele limieten toegepast. De van toepassing zijnde beperkingen op de site worden administratieve controleniveaus (Administrative Control Levels - ACL) genoemd (zie Tabel 12-1)

Met betrekking tot de bescherming van werknemers tegen ioniserende straling en toepassing van het ALARA-principe worden er in de werkvergunningen mikpunten opgenomen, lager dan de maximale collectieve dosis van § 12.7.1.5 en lager dan de maximale individuele dagdosis van § 12.7.1.4.

Tabel 12-1: Administratieve controleniveaus voor de effectieve dosis van beroepshalve blootgestelde personen

Administratieve controleniveaus
10 mSv/12 opeenvolgende glijdende maanden
0,4 mSv/week

De maximale dosistempi in de verschillende zones binnen de inrichting worden gegeven in § 12.6.4.

De wetgeving met betrekking tot bezoeken aan de gecontroleerde zone wordt toegepast (art. 30 van ARBIS) [R12-1]. Bezoeken aan de gecontroleerde zone worden zoveel mogelijk vermeden. Een systeem van camera's en beeldschermen biedt een volledig overzicht van de activiteiten in real time aan de bezoekers. Vooral een bezoeker toegang krijgt tot de gecontroleerde zone dient aan de volgende voorwaarden voldaan te zijn:

- Voorafgaandelijke aankondiging van de bezoeker om de noodzakelijke veiligheids- en beveiligingscontroles mogelijk te maken en om het werkprogramma voor te bereiden;
- toegang is nodig voor dienst- of beroepsredenen;
- de bezoeker wordt geregistreerd;
- bezoeker heeft informatie en uitleg ontvangen over de risico's en de veiligheidsmaatregelen;
- de opgelopen dosis door de bezoeker tijdens zijn bezoek aan de gecontroleerde zone wordt geregistreerd en opgevolgd.

Bezoekers die werkzaamheden verrichten in de gecontroleerde zone worden beschouwd als beroepshalve blootgestelde personen en dienen in het bezit te zijn van een geldig medisch attest in het kader van een activiteit die een risico voor blootstelling aan ioniserende straling met zich mee brengt en een bestralingstabel van de laatste 12 maanden.

12.5.4 Radiologische risico's

De bergingsinrichting bevat potentiële bronnen van blootstelling aan ioniserende straling. Risicoanalyses worden uitgevoerd om de gevaren voor individuen en het leefmilieu tijdens specifieke werkzaamheden, incidenten en ongevallen te identificeren en te analyseren, zie § 12.4.4.2. Verschillende ontwerpen en strategieën (zoning, toezichtsprogramma, ...) werden beschouwd om de stralingsbronnen te beperken, om te beschermen tegen ioniserende straling en om de radioactieve stoffen in te sluiten. Verschillende stralingsbronnen moeten in rekening worden genomen.

12.5.4.1 Uitwendige bestraling

Stralingsbronnen worden ingesloten in de monolieten door de betonnen caisson en door de immobilisatie/vulmortel.

Het voornaamste radiologische risico is uitwendige bestraling.

Uitwendige bestraling wordt beperkt door verschillende afschermingen rondom het afval: de betonnen caisson, de transportcontainer, betonnen afschermingsplaten en door de modules.

Het ontwerp van de transportcontainer wordt weergegeven in Hoofdstuk 8 [HS-08]; § 8.5.8. Het ontwerp is zodanig dat aan de transportvoorschriften wordt voldaan:

- het maximale dosistempo op contact van de transportcontainer is lager dan of gelijk aan 2 mSv/h;
- het dosistempo op 2 m van de transportcontainer is lager dan of gelijk aan 0,1 mSv/h;

Het dosistempo op contact van elke monoliet moet onder 20 mSv/h liggen.

De uitwendige bestraling wordt verder beperkt door het toepassen van afstandsbediende processen.

12.5.4.2 Oppervlaktebesmetting

In normale omstandigheden is er geen oppervlaktebesmetting mogelijk.

Vooraleer een monoliet in de outputbuffer van de IPM wordt geplaatst, wordt het oppervlak van de monoliet op afneembare oppervlaktebesmetting gecontroleerd. Enkel monolieten die voldoen aan de limieten voor afneembare oppervlaktebesmetting worden naar de berging getransporteerd. De van toepassing zijnde limieten worden in detail besproken in Hoofdstuk 15 [HS-15], § 15.6.2.2.

12.5.4.3 Vloeistoffen

Er zijn geen lozingen van radioactieve effluënten in het milieu.

Percolerend water afkomstig van modules in opvulling of reeds opgevulde modules wordt via een drainagesysteem, in detail beschreven in hoofdstuk 8 [HS-08], § 8.5.5, verzameld in twee gesloten reservoirs. Het waterpeil in de reservoirs wordt automatisch opgevolgd en waterstalen worden genomen om eventuele besmetting te detecteren [HS-16] § 16.6.4.

Water dat afkomstig is van de ontsmettingsdouches wordt opgevangen in een gesloten reservoir [HS-08] § 8.5.10.

Deze effluënten worden afgevoerd naar Belgoproces voor verwerking.

12.5.4.4 Luchtbesmetting

Luchtbesmetting slaat zowel op de aërosolen als op gasvormige lozingen.

Aërosolen worden niet verwacht bij normale uitbatingsomstandigheden omdat het categorie A-afval werd (post)geconditioneerd in de monolieten. Aërosolen kunnen alleen bij ernstige ongevallen worden aangetroffen, zoals bij een vliegtuigongeluk [HS-13] § 13.5.3.

Twaalf radionucliden kunnen in gasvormige toestand vrijkomen uit het afval. Omwille van hun lage impact (maximaal enkele $\mu\text{Sv/a}$ bij uiterst conservatieve onderstellingen in screeningberekeningen, zie [HS-14], § 14.3.5.4), worden deze radionucliden niet verder meegenomen.

Radon vindt zijn oorsprong eveneens in de betonnen constructiematerialen op de bergingsite. Radon kan dus gevonden worden in de inspectieruimten en de galerij. De inspectieruimten zijn zodanig ontworpen dat ze niet toegankelijk zijn voor personen. De inspectiegalerijen zijn uitgerust met:

- actieve meettoestellen voor radon;
- een klassiek ventilatiesysteem dat radonconcentraties bijkomend zal verlagen.

12.5.5 Stralingsbescherming bij bouw tijdens exploitatie

Bij de bouw en afwerking van de modules tijdens de exploitatiefase Ia worden de nodige voorzorgsmaatregelen genomen opdat de dosis opgelopen door de bouwvakkers $< 0,1 \text{ mSv/a}$ blijft. Deze maatregelen zijn:

- Aparte toegangen voor werfzone en gecontroleerde zone;
- Afscheiding tussen werfzone en gecontroleerde zone die minstens op 65 m staat van de modules in opvulling;
- Opvolging van de dosis en dosistempi op de werfzone.

Het respecteren van de administratieve controleniveau 's voor de bouwvakkers wordt gecontroleerd tijdens de uitbating van de bergingsinrichting.

12.5.6 Stralingsbescherming tijdens normale uitbatingsomstandigheden

12.5.6.1 Stralingsbescherming tijdens exploitatie

Tijdens normale uitbatingsomstandigheden wordt een stralingsbescherming-aanpak gevolgd om de opgelopen dosis voor werknemers en publiek te beperken:

- Volgende praktijken, beschreven in §12.4.4, worden toegepast:
- verplichte opleiding stralingsbescherming voor de betrokken personen, afhankelijk van de behoeften, aangevuld met extra trainingsprogramma's gebaseerd op risicoanalyses en de terugkoppeling van ervaring;
- PMA briefings;
- verplichte eerste opstartactiviteiten en tests;
- toepassen van een strikt systeem van werkvergunningen;
- de PORC en SAC evaluaties;

- Aanvullende operationele praktijken worden verder toegepast om de stralingsbescherming te verbeteren:
- een zonering van de bergingsinrichting op basis van de stralingstempipi (bewaakte en gecontroleerde zones (zie § 12.6.4);
- uitvoeren van stralingscontroles;
- het opstellen van verslagen en rapporten om alle gegevens, verzameld tijdens het radiologisch toezicht, bij te houden.

Onvoorziene werkzaamheden tijdens de exploitatiefase zullen uitgevoerd worden volgens geformaliseerde procedures. Deze procedures impliceren:

- Risico-identificatie;
- Risicoanalyse en beoordeling;
- Raming van doses en ALARA-evaluatie;
- Toezicht houden op de doses tijdens de werkzaamheden;
- Post-operationele evaluaties; en
- Operationele limieten en voorwaarden.

Zonering van de bergingsinrichting

De definitie van bewaakte en gecontroleerde zone wordt gegeven door het ARBIS. De zones in de bergingsinstallatie worden gedefinieerd door de bijhorende dosistempipi. De zonering wordt verder uitgewerkt in §12.6.4.

Uitvoeren van stralingscontroles

De stralingscontrole is in overeenstemming met de controle-eisen van het ARBIS [R12-1].

Stralingscontrole omvat het uitvoeren van dosistempipometingen, radioactieve besmetting, of radioactieve luchtbesmetting, afhankelijk van het gebied of het onderwerp dat wordt gecontroleerd. De radiologische gegevens die deze stralingscontroles genereren, worden gebruikt bij de planning en de uitvoering van radiologische werken. Deze controles worden ook gebruikt om de juiste werkposten, barrières, en werkcontroles te bepalen of te verifiëren en om veranderende radiologische omstandigheden te documenteren, te bewaken en te traceren. Metingen buiten de bewaakte en gecontroleerde zones worden ook uitgevoerd om de bevestiging te verkrijgen van de afwezigheid van radioactieve besmetting en om de bevestiging te verkrijgen dat de stralingsdoses niet hoger liggen dan de achtergrondstraling of de voorspelde niveaus. Zie [HS-16] § 16.4.7 voor een overzicht van de referentiewaarden voor achtergrondstraling.

Stralingscontroles worden uitgevoerd om de grootte en de omvang van dosistempipi te karakteriseren voor radiologische werkzaamheden in de bergingsinstallatie, voor algemene en specifieke zones en op materiaal en uitrusting. De karakterisering van de dosistempipi omvatten algemene metingen in een zone, metingen op werkposten, metingen op contact en op bepaalde afstanden van de oppervlakken in functie van de te verrichten werkzaamheden en van de van toepassing zijnde regelgeving.

Bij normale exploitatie is de site besmettingsvrij. Alleen in geval van incidenten worden controles op het personeel uitgevoerd om eventuele transferabele besmetting te detecteren en om te vermijden dat de besmetting wordt verspreid naar besmettingsvrije zones.

Radioactieve besmettingscontroles zullen maandelijks uitgevoerd worden op kritische plaatsen te bepalen door DFC. De besmettingscriteria die van toepassing zijn voor oppervlaktebesmettingsmetingen, zijn $\alpha \leq 0,04 \text{ Bq/cm}^2$; β en $\gamma \leq 0,4 \text{ Bq/cm}^2$.

Controles op de afwezigheid van luchtbesmetting worden uitgevoerd ([HS-16], § 16.4.5.2). De besmettingsmetingen zullen uitgevoerd worden door een luchtbemonstering. Dankzij een bemonsteringspomp, wordt de potentiële luchtbesmetting op een filter afgezogen en daarna gemeten.

Verslagen en rapporten

Gedurende de gehele levensduur van de bergingsinrichting zullen alle gegevens afkomstig van het toezicht terug te vinden zijn. Zie Hoofdstuk 16 [HS-16] § 16.3.3 en § 16.3.4 voor verdere details.

12.5.6.2 Stralingsbescherming tijdens onderhoud en herstelling

Inspectie en onderhoud van de trolley

Er zijn minimaal twee trolleys aanwezig [HS-08] §8.5.8.4, waarvan er één in gebruik zal zijn voor transport van monolieten en één stand-by zal staan. Onderhoud en herstelling van de trolleys worden uitgevoerd in de garage, uit de buurt van de sporen en van de modules.

Elke trolley is uitgerust met een koppelsysteem. Hierdoor kan een defecte trolley (elektrische of mechanische storing) voor herstelling naar een veilige positie worden getrokken of geduwd door een andere trolley.

Voor elk defect wordt nagegaan of een ontsporing, als een gevolg van het defect, mogelijk is. Bij ontsporing van een trolley moeten interventietechnici de trolley immers naderen en het herpositioneren op de rails of het verplaatsen naar een veilige positie. In dat geval zorgt de transportcontainer voor bijkomende afscherming.

Onderhoudswerkzaamheden aan de rolbrug

Tijdens onderhoudswerkzaamheden aan een rolbrug is er geen manipulatie van een monoliet toegestaan.

Het onderhoud en de herstelling aan de rolbrug worden uitgevoerd boven de ontladzone, waar de afstand tot beide aanpalende modules maximaal is. Dit is om de opgelopen doses door de personen die deze taak uitvoeren, te beperken. Voor de maatregelen bij een defecte rolbrug tijdens het verplaatsen van een monoliet, zie [HS-13], §13.4.6.

Tijdens het uitlijnen van de rolbrug wordt er geen monoliet getransporteerd opdat geen directe blootstelling zou optreden.

Inspectie en onderhoud van de grijper worden uitgevoerd in de ontladzone, op grondniveau tussen de modules, waar de dosistempen beperkt zijn.

Onderhoud aan het drainagesysteem

Sommige inspectietaken worden uitgevoerd in de inspectiegalerij en in de WCB die zich op het einde van de galerij bevindt.

Het grootste risico voor de personen die de inspectiegalerij betreden is het inhaleren van de vrijgekomen radon. Radon wordt afgegeven door de gebruikte constructiematerialen (beton). De radonconcentratie wordt onder controle gehouden door natuurlijke ventilatie van de inspectiegalerij. Een studie toont aan dat de radonconcentratie in de galerij aanvaardbaar is [OD-218] § 3.4. Dewerkzaamheden in deze zone van de bergingsinstallatie zijn beperkt. Bovendien is er een ventilatiesysteem geïnstalleerd in het kader van de conventionele veiligheid dat radonconcentraties bijkomend zal verlagen.

Overige geplande onderhouds- en herstelwerkzaamheden

Andere onderhoudswerkzaamheden worden uitgevoerd in overeenstemming met specifieke voorgedefinieerde procedures die eerder werden goedgekeurd door de DFC.

12.5.7 Stralingsbescherming tijdens de uitvoering van de structurele sluiting van de modules

De dosistempen tijdens de structurele sluiting van de modules zijn berekend, zie §12.7.1.4. Op het einde van de opvulfase van de modules zullen er dosistempo-metingen bovenaan de modules worden uitgevoerd om de werkelijke dosistempen te bepalen en daaruit de noodzakelijke maatregelen af te leiden (o.a. de maximale verblijftijd bovenop de modules) die genomen moeten worden tijdens de uitvoering van de structurele sluiting.

Gevulde modules worden per set van vier modules structureel gesloten [HS-09] § 9.3.6. Het dosistempo van een structureel gesloten module, afgedekt met 40 cm beton, is ongeveer een factor 10 lager dan bij een module die niet structureel gesloten is [OD-058] §3.1.5

12.5.8 Stralingsbescherming tijdens de nucleaire reglementaire controlefase

Tijdens de nucleaire reglementaire controlefase vinden er geen bergingsactiviteiten meer plaats en is de aarden afdekking geplaatst bovenop de modules. De dosisbelasting voor de werknemers en de bevolking zal bijgevolg slechts een fractie bedragen van de dosis die opgelopen wordt tijdens de exploitatiefase Ia (zie § 12.7.1 voor een raming van de dosis opgelopen onder normale uitbatingsomstandigheden tijdens exploitatiefase Ia).

Tijdens de nucleaire reglementaire controlefase wordt de stralingsbescherming verzekerd door:

- Het nemen van de nodige maatregelen ter voorkoming van onopzettelijke menselijke intrusie [HS-11] § 11.2.1.
- Het verderzetten van het monitoringprogramma, waarbij het zwaartepunt verschuift naar alle media geassocieerd met de grondwatertransferweg [HS-11] § 11.2.2. en [HS-16] § 16.4.8.5

12.6 Ontwerp en praktijken van operationele stralingsbescherming

12.6.1 Uitrusting en ontwerpkenmerken van de bergingsinstallatie die bijdragen tot het optimaliseringsprincipe

De ontwerpkenmerken die de blootstelling ALARA houden worden hierna besproken:

Maatregelen in de bergingsinstallatie. De gecontroleerde zone is de zone waar er transport, manipulatie en berging van monolieten kan plaatsvinden. Ze wordt omsloten door de binnenomheining. (zie § 12.6.4.3)

De inspectiegalerij. De inspectiegalerij is gelegen tussen twee rijen modules en is gerealiseerd in gewapend beton. Elke inspectieruimte is voorzien van een passief drainagesysteem en een funderingsplaat met een constante helling naar de centrale inspectiegalerij. Toegangscontrole en personeelstrajecten worden aangeduid in de installatie om de blootstelling van het personeel aan straling te beperken.

Manutentiewerktuigen voor het afval: Kranen, rolbrug en andere manutentiemiddelen die gebruikt worden om monolieten te verplaatsen zijn ontworpen om de kans te beperken op een val die kan resulteren in een radiologische besmetting. Mechanische manutentiewerktuigen zijn ontworpen om eenvoudig te kunnen worden vervangen, ontsmet en/of hersteld.

Instrumenten: Stralingsmonitoringstoestellen en andere apparatuur die zich in zones bevinden met een mogelijk hoger stralingsniveau zijn ontworpen om eenvoudig verwijderd te kunnen worden voor het uitvoeren van kalibratie, onderhoud en herstelling in zones met een lagere achtergrondstraling. Andere apparatuur dan de stralingsmonitoringstoestellen, zoals instrumentatie en bedieningstoestellen voor andere systemen en componenten, worden in de zones geplaatst zo ver mogelijk verwijderd van monolieten.

Ventilatie: De radonconcentratie wordt onder controle gehouden door natuurlijke ventilatie van de inspectiegalerij. Bovendien is er een klassiek ventilatiesysteem dat radonconcentraties bijkomend zal verlagen.

Afscherming: Daar categorie A-afval radioactieve afvalstoffen bevat die hoofdzakelijk gammastraling uitzenden, wordt gepaste afscherming voorzien onder de vorm van modulewanden en betonnen afschermingsplaten (zie § 12.5.2).

12.6.2 Afschermingpraktijken

Operationele praktijken die bijdragen aan de stralingsbescherming gedurende normale uitbatingsomstandigheden worden hierna behandeld:

Het gebruik van de monoliet om afval te bergen

Het radioactieve afval wordt in een caisson geplaatst en gecementeerd om een monoliet te vormen. Het gebruik van monolieten draagt bij tot het afschermen van radioactief afval zodat het risico op besmetting beperkt is en het dosisniveau verminderd wordt. Enkel monolieten vrij van afneembare oppervlaktebesmetting worden geborgen. De monolieten bezitten ook een verhoogde structurele integriteit waardoor het risico op besmetting bij incidenten verkleint.

Gebruik van een afgeschermd transportcontainer en afstandsbediening

De monolieten, geproduceerd of ontvangen in de IPM, worden vervoerd naar de bergingsmodules binnen de bergingsinrichting door middel van een trolley uitgerust met een transportcontainer. Deze transportcontainer vermindert het stralingsniveau zodanig dat het dosistempo van een monoliet met een contactdosistempo van 20 mSv/h gereduceerd wordt tot 2 mSv/h op contact met de transportcontainer en 0,1 mSv/h op 2 m afstand van de trolley [OD-094]. De trolleys zijn afstand bediend: de operatoren blijven in de controlekamer tijdens de exploitatie. De afgeschermd transportcontainers worden voorzien van de nodige apparatuur om geopend te worden via afstandsbediening.

Het toepassen van afschermingsplaten en afstandsbediening

Elke monoliet die in de bergingsmodule van de bergingsinrichting wordt geplaatst, wordt uit de transportcontainer van de trolley over de modulewand gelicht en in de voorgedefinieerde doelpositie van de bergingsmodule gebracht. De rolbrug wordt tijdens de uitbating vanuit de controlekamer bediend.

Vooraleer het bergen van een monoliet effectief plaatsvindt, wordt er nagegaan of er geen personen aanwezig zijn in de nabijheid van de modules in opvulling (zie § 12.6.4.3).

Elke stapel monolieten is afgedekt door een 30 cm betonnen afschermingsplaat, die verwijderd moet worden voor het plaatsen van de monoliet en opnieuw geplaatst moet worden op de nieuwe monoliet juist nadat deze werd geplaatst. De afschermingsplaten verzekeren dat de stralingsdosisniveaus in de omgeving ALARA blijven.

Vanuit stralingsbeschermingsoogpunt zullen de monolieten onmiddellijk geplaatst worden in de voorbestemde module.

Zelfafscherming door een specifieke opvulmethodiek voor de module

Een geschikte opvulmethodiek voor de modules is voorzien. De opvulmethodiek voor de module draagt bij tot de stralingsbescherming [HS-09] § 9.3.4:

- beperken van het aantal modules dat simultaan wordt gevuld;
- beperken van het dosistempo per laag van monolieten;
- de monolieten rond en op de meest stralende monolieten zullen zo snel als mogelijk geplaatst worden;
- er zullen geen monolieten met hoge dosistempi geplaatst worden in de bovenste laag van de modules;
- de sterkst stralende monolieten zullen in het midden van de modules geplaatst worden (niet langs de wanden van de modules);
- zo snel mogelijk na het vullen, wordt de structurele topplaat geplaatst (per 4 modules).

12.6.3 Ventilatie

Het natuurlijk voorkomend radium dat in het betonnen materiaal aanwezig is, is een constante bron van radonproductie. Daarom moet de verspreiding van radon afkomstig van de berging binnen een toegelaten limiet zorgvuldig gecontroleerd worden. De voorlopige onderzoeken over verspreiding van natuurlijke radon afkomstig van de oppervlakteberging werden uitgevoerd [OD-218]. Deze studie toont aan dat de radonconcentratie in de galerij aanvaardbaar is [OD-218] § 3.4. Bovendien zijn werkzaamheden in deze

zone van de bergingsinstallatie eveneens beperkt en is er een klassiek ventilatiesysteem dat de radonconcentraties bijkomend zal verlagen.

12.6.4 Zonering en toegang

De definitie van bewaakte en gecontroleerde zone wordt gegeven door artikel 2 van het ARBIS [R12-1]. De dosislimieten in deze zones zijn:

- in de bewaakte zone kan de opgelopen dosis de dosislimieten van het publiek overschrijden maar zal de dosis lager zijn dan 6 mSv/a;
- in de gecontroleerde zone kan de dosis hoger zijn dan 6 mSv/a.

In functie van deze wettelijke bepalingen, de eigen administratieve controleniveau 's en de activiteiten die op de site plaats zullen vinden, zijn er voor de bergingsinrichting verschillende zones gedefinieerd.

12.6.4.1 Vrije zone

De vrije zone bevindt zich buiten de buitenomheining. In de vrije zone of witte zone zal het dosistempo het grootste gedeelte van de tijd kleiner zijn dan het gemiddelde dosistempo ten gevolge van de bergingsactiviteiten (0,05 μ Sv/h). De dosisimpact zal bijgevolg kleiner zijn dan 0,1 mSv/a voor een beschouwde aanwezigheid van 2000 h/a. Het gaat hier om een publiek toegankelijke niet-residentiële zone waarvoor dat een conservatieve aanname is.

De witte zone ligt op minimum 65 m van de grenzen van modules in opvulling.

Fluctuaties van het gemiddelde dosistempo kunnen aanleiding geven tot een dosistempo van max 0,6 μ Sv/h. Dit doet zich voor tijdens het bergen van een onafgeschermd monoliet met een contactdosistempo van 20 mSv/h. Minder dan 1% van de monolieten heeft een dosistempo op contact van meer dan 15 mSv/h. De tijdsduur van dit maximale dosistempo is aldus beperkt, op jaarbasis 2 uren, en mag in geen geval aanleiding geven tot een overschrijding van de dosisimpact van 0,1 mSv/a.

De invloed van transport van monolieten met een trolley is verwaarloosbaar in de witte zone.

12.6.4.2 Bewaakte zone

Op de site wordt de bewaakte zone gedefinieerd als de groene zone. Ze bevindt zich tussen de buitenomheining en de binnenomheining. De groene zone wordt niet gebruikt voor de opslag of het transport van monolieten. De zone wordt afgebakend door een omheining op minimum 65 m van modules in opvulling en is volledig bereikbaar zonder de gecontroleerde zone te betreden. Activiteiten in de groene zone betreffen voornamelijk groenonderhoud, onderhoud aan de omheiningen, onderhoud aan beveiligingsinstallaties en monitoringactiviteiten. Deze verschillende activiteiten worden niet uitgevoerd door dezelfde persoon en zijn beperkt in duur.

In de groene zone is het gemiddelde dosistempo 0,15 μ Sv/h met een maximaal dosistempo van 3,5 μ Sv/h tijdens het plaatsen van een onafgeschermd monoliet met een contactdosistempo van 20 mSv/h. Deze situatie is echter beperkt in tijd (zie § 12.6.4.1).

Het langsrijden van de trolley met een monoliet waarvan het dosistempo op contact met de transportcontainer gelijk is aan 2 mSv/h, geeft aanleiding tot een piekdosistempo van 1 μ Sv/h. Deze situatie is ook beperkt in tijd.

12.6.4.3 Gecontroleerde zone

De gecontroleerde zone is de zone waar er transport, manipulatie en berging van monolieten kan plaatsvinden. Ze wordt omsloten door de binnenomheining. Afhankelijk van de activiteiten die er plaats vinden, wordt er een onderscheid gemaakt tussen de gele zone, de tijdelijke oranje zone en de rode zone.

Geen transport of manipulatie van monolieten

Indien er op de site geen transport of manipulatie van monolieten plaatsvindt, dan wordt er enkel een onderscheid gemaakt tussen de gele zone en de rode zone:

- De **gele** zone is de volledige zone die wordt omsloten door de binnenomheining, met uitzondering van de opgevulde of in opvulling zijnde modules (dat is namelijk de rode zone). Het gemiddeld dosistempo in de gele zone bedraagt 3 $\mu\text{Sv/h}$ en het maximaal dosistempo is beperkt tot 25 $\mu\text{Sv/h}$.
- De **rode** zone wordt gedefinieerd als de plaats in de opgevulde of de in opvulling zijnde modules, daar waar de monolieten geborgen zijn/worden. De grens tussen rode en gele zone ligt ter hoogte van de bovenkant van de eindpositie van de afschermingsplaten, (zie Figuur 12-5B en Figuur 12-12B).

Toegang tot deze zone is enkel toegelaten mits voorafgaandelijke toestemming van de dienst fysische controle die de gepaste maatregelen zal definiëren.

Transport van monolieten

Transport van monolieten tussen IPM en de bergingsmodules gebeurt per spoor. Er zijn 6 transporten per dag gepland met een gemiddelde tijdsduur van 24 minuten per transport, aan een snelheid van 5 km/h. Het dosistempo aan de buitenzijde van de transportcontainer voldoet aan de geldende wet- en regelgeving van het radioactief transport over de openbare weg. Het maximaal dosistempo op contact met de transportcontainer, indien transport van een monoliet met een dosistempo op contact van 20 mSv/h plaatsvindt, is 2 mSv/h. Op 2 m van de transportcontainer is het dosistempo lager dan 100 $\mu\text{Sv/h}$. Tijdens het transport is direct contact met de container niet mogelijk vanwege de aanwezigheid van een regenscherm dat gesloten blijft tijdens het transport. Er dient echter opgemerkt te worden dat slechts 4 % van de monolieten een dosistempo op contact heeft van meer dan 2 mSv/h en 1 % van de monolieten een dosistempo op contact heeft van meer dan 15 mSv/h.

De besturing van de trolley gebeurt vanop afstand vanuit de controlekamer, onder cameratoezicht. De trolley is uitgerust met licht- en geluidsignaal.

De toegang tot de gecontroleerde zone is enkel mogelijk voor geautoriseerde personen die de nodige opleidingen hebben genoten en indien de toegang nodig is voor het uitoefenen van hun functie (zie §12.6.4.6). De gele zone, en zeker de zone in de directe nabijheid van de sporen is geen permanent bezette ruimte.

Tijdens het transport van monolieten worden dan ook geen bijkomende maatregelen getroffen.

Manipulatie van monolieten

Het plaatsen van de monolieten in de bergingsmodule gebeurt in het modulegebouw. Hierbij wordt de monoliet uit de transportcontainer genomen met behulp van een rolbrug. Deze operatie gebeurt vanop afstand, vanuit de controlekamer, met behulp van cameratoezicht. Omwille van de mogelijke dosistempi in de buurt van onafgeschermd monolieten, wordt tijdens deze manipulatie een tijdelijke **oranje** zone ingesteld. In normale uitbatingsomstandigheden bevinden er zich geen personen in de oranje zone. Er

wordt signalisatie voorzien ter hoogte van het modulegebouw die aangeeft wanneer er een manipulatie van monolieten plaatsvindt.

Zones waar de toegang op dat moment niet verder beperkt moet worden om redenen van stralingsbescherming, blijven onderdeel van de gele zone (gemiddeld dosistempo gelijk aan $3 \mu\text{Sv/h}$ en beperkt tot maximaal $25 \mu\text{Sv/h}$). De oranje zone bevindt zich tussen de gele en de rode zone.

In de oranje zone is het maximaal dosistempo beperkt tot 20 mSv/h^2 . Toegang tot deze zone is enkel toegelaten mits voorafgaandelijke toestemming van de dienst fysieke controle die de gepaste maatregelen zal definiëren.

Locaties:

- Loopbruggen boven de modules in opvulling, uitgebreid tot een afstand van minstens 13 meter in de onmiddellijke nabijheid van deze modules in opvulling om aan de dosisbeperking van maximaal $25 \mu\text{Sv/h}$ in de gele zone te kunnen voldoen;
- Trappentorens naar deze loopbruggen;
- Paden tussen de modules in opvulling op grondniveau, waarbij de grens tussen de oranje en de gele zone samenvalt met de dakstructuur;
- De rolbrug, inclusief de onderhoudsposities.

Ondanks dat deze zone slechts tijdelijk is, namelijk tijdens bergen van een monoliet, zal de zone permanent afgebakend worden door hekwerk en nooddeuren. Op die manier kan het gedeelte van de loopbrug dat zich bevindt boven de modules in opvulling niet bereikt worden via de gele zone van de loopbrug, maar kan ze in geval van nood wel verlaten worden. De zone van de loopbrug die beschouwd wordt als oranje zone tijdens een manipulatie van een monoliet, kan enkel bereikt worden via de trappentoren, waar op grondniveau een poort met badgelezer voorzien zal worden.

Op grondniveau zullen naast de paden tussen de modules in opvulling nooddeuren voorzien worden, zodat deze paden enkel bereikt kunnen worden via de poort voorzien in de dakstructuur. In geval van nood kunnen deze paden ook verlaten worden via andere paden door gebruik te maken van de nooddeuren. Deze maatregelen laten toe om te allen tijde een idee te hebben van de mogelijke aanwezigheid van personen in de zone die tijdelijk ingesteld kan worden als oranje zone.

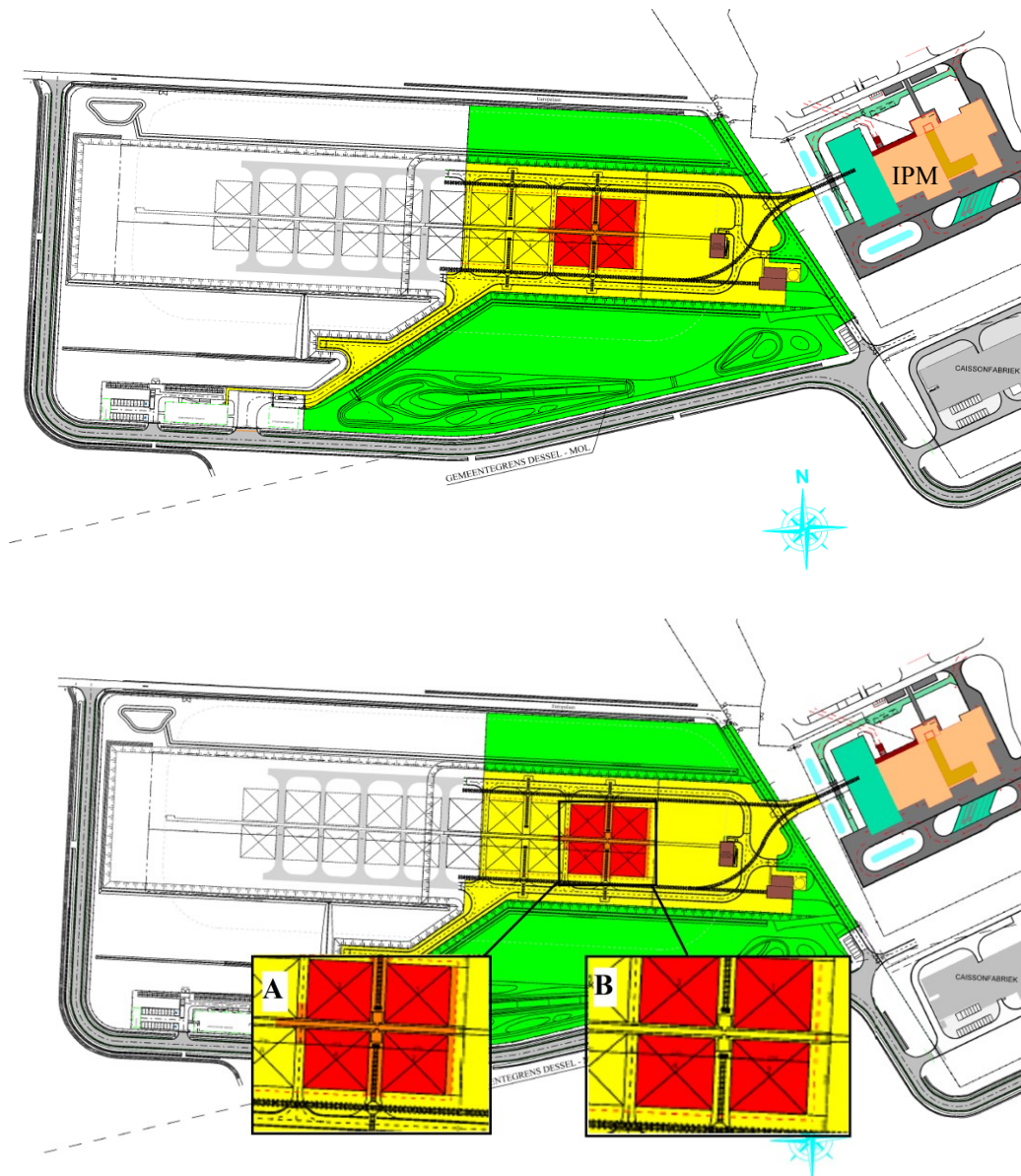
12.6.4.4 Plan exploitatiefase Ia – stap I

Omdat de oppervlaktebergingsinrichting en -site gebouwd en uitgebaat wordt in verschillende stappen, betekent dit dat de zonering mee moet evolueren. Onderstaande plannen (Figuur 12-2, Figuur 12-3, Figuur 12-4, Figuur 12-5 en Figuur 12-6) geven aan op welke manier de zonering binnen de site voorzien is.

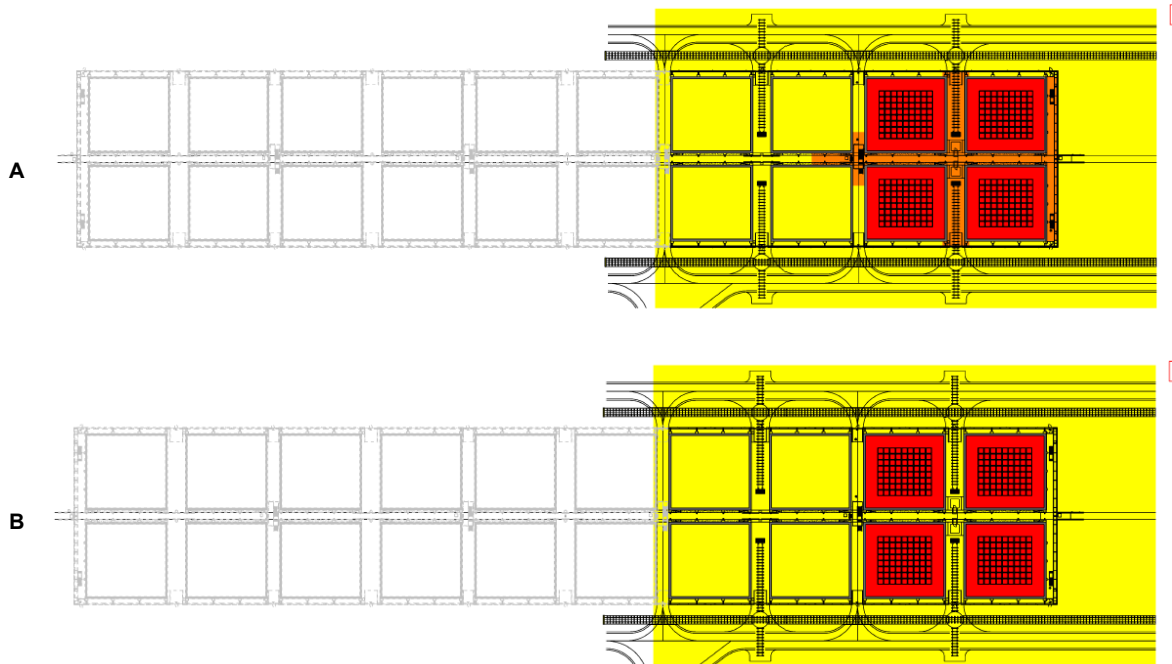
Tijdens stap I van exploitatiefase Ia worden de overige modules van de eerste reeks van 20 modules gebouwd, terwijl de uitbating van de berging reeds kan starten in de eerste set van 2×2 modules (§12.5.5). Van zodra de uitbating van de berging van start gaat en er monolieten geborgen worden, behoort de spoorweg in normale omstandigheden tot de gele zone, vermits het transport van monolieten van de IPM naar de berging met deze spoorweg gebeurt. Dat betekent dat ter hoogte van de IPM, de

² Dit komt overeen met het maximaal toegelaten dosistempo op contact met de monolieten. Deze limiet is in de oranje zone vastgelegd omdat er in deze zone monolieten onafgeschermd aanwezig kunnen zijn.

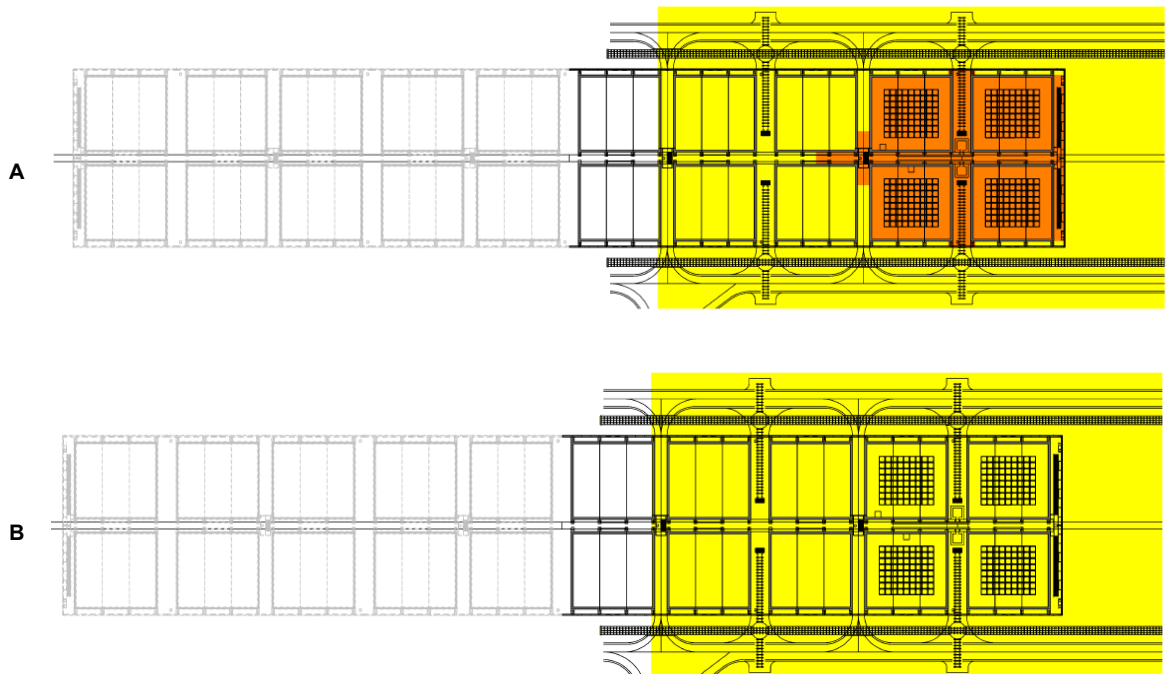
groene zone onderbroken wordt door een gele zone en er aldus speciale maatregelen genomen moeten worden om de groene zone aansluitend bereikbaar te houden. Een ononderbroken doorgang zal voorzien worden van enkelvleugelige draaiportalen die in normale omstandigheden gesloten zijn, zodat geen ongeoorloofde doorgang plaatsvindt. Is doorgang noodzakelijk, dan kan, mits toestemming van de DFC, de configuratie gewijzigd worden, door de draaiportalen te draaien naar de binnenomheining toe, zodat het doorrijden van de trolleys met monolieten onmogelijk wordt. Herstel van de oorspronkelijke toestand kan door de configuratie weer zo te wijzigen dat de trolley zich weer kan verplaatsen tussen de IPM en de modules.



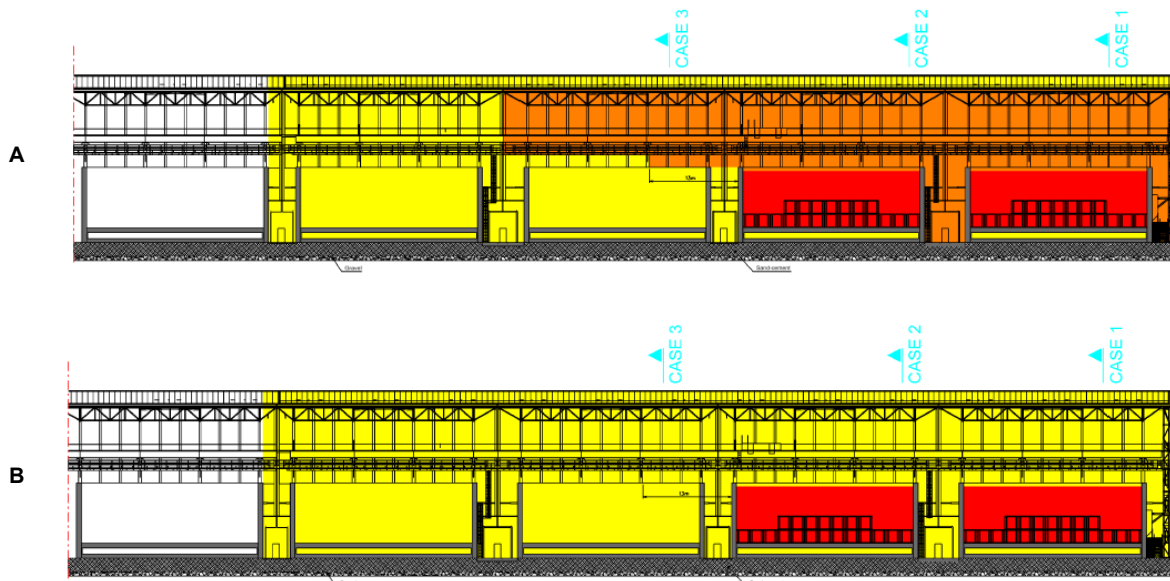
Figuur 12-2: Plan exploitatiefase – stap I A: tijdens de manipulatie van een monoliet. B: indien geen manipulatie van een monoliet plaatsvindt. De aangeduide oranje zone in A maakt dan deel uit van de gele zone.



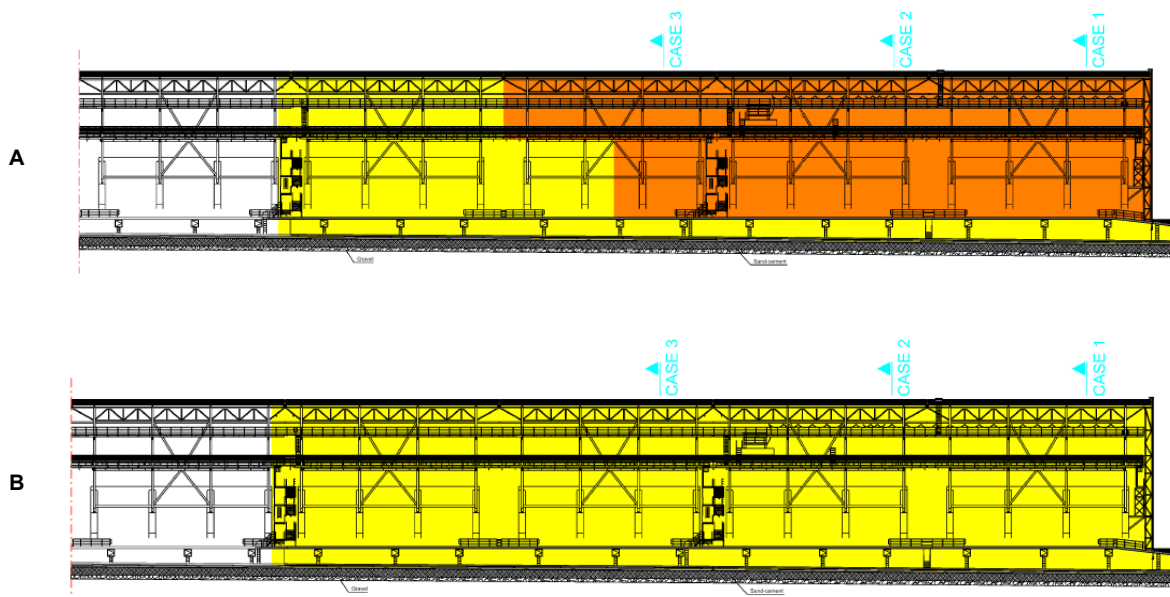
Figuur 12-3: A. Doorsnede doorheen de modules in de oostelijke tumulus genomen op 33 m TAW tijdens stap I van de exploitatiefase, wat overeenkomt met een horizontale snede doorheen de modules, wanneer manipulatie van een monoliet plaatsvindt. **B.** Zelfde horizontale snede, indien geen manipulatie van een monoliet plaatsvindt. De aangeduide oranje zone in figuur A maakt dan deel uit van de gele zone.



Figuur 12-4: A. Doorsnede doorheen de modules in de oostelijke tumulus genomen op 39,05 m TAW tijdens stap I van de exploitatiefase Ia, wat overeenkomt met een snede doorheen de bovenkant van de modules, wanneer manipulatie van een monoliet plaatsvindt. **B.** Zelfde horizontale snede, indien geen manipulatie van een monoliet plaatsvindt. De aangeduide oranje zone in figuur A maakt dan deel uit van de gele zone.



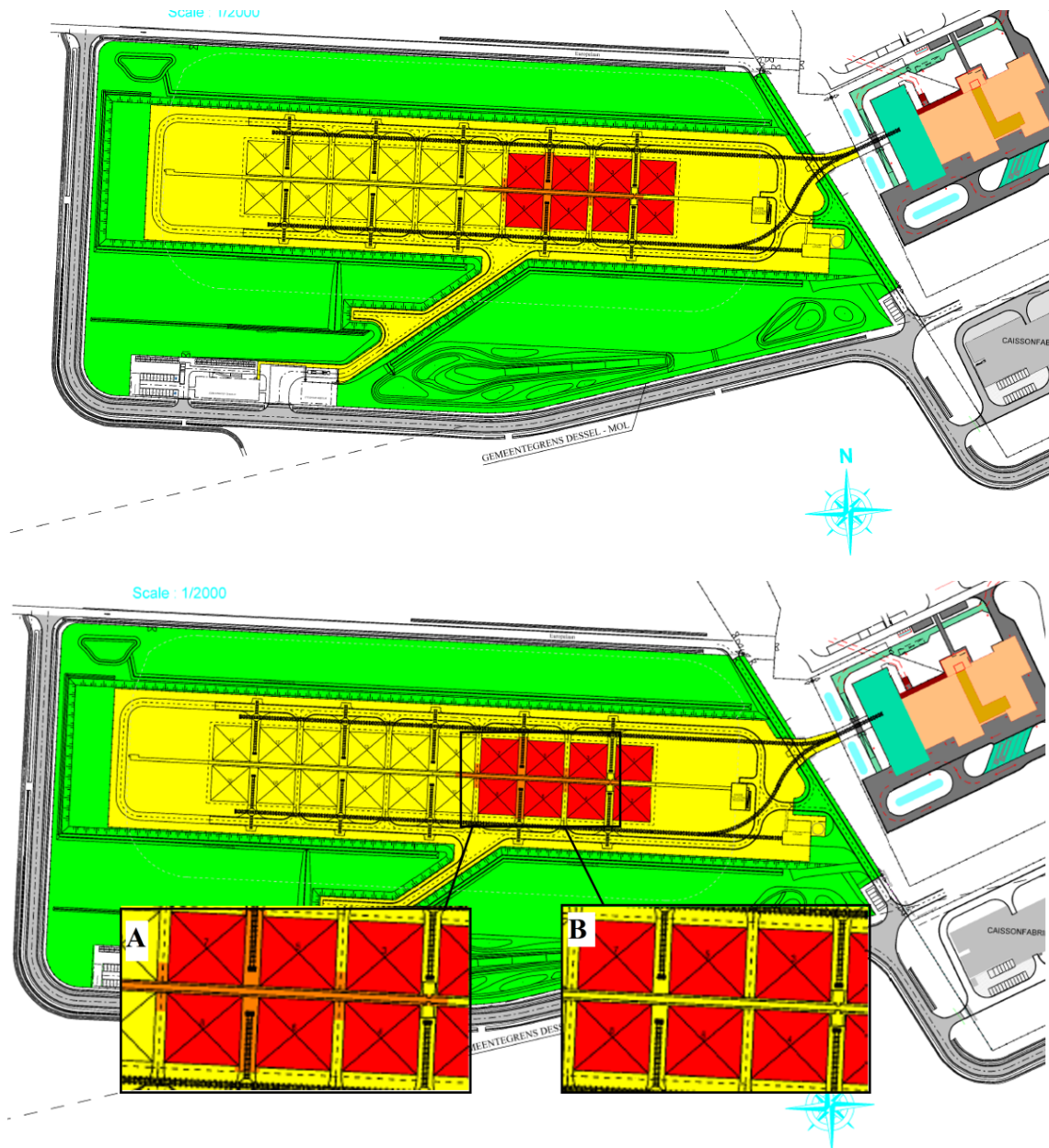
Figuur 12-5: A. Doorsnede van een deel van de modules van de oostelijke tumulus, met de snede genomen ter hoogte van de modules, gedurende stap I van de exploitatiefase tijdens het bergen van een monoliet. B. Zelfde snede ter hoogte van de modules indien geen manipulatie van een monoliet plaatsvindt. De aangeduide oranje zone in figuur A maakt dan deel uit van de gele zone. (de aanduidingen CASE X in het lichtblauw zijn aanduidingen van doorsnedes)



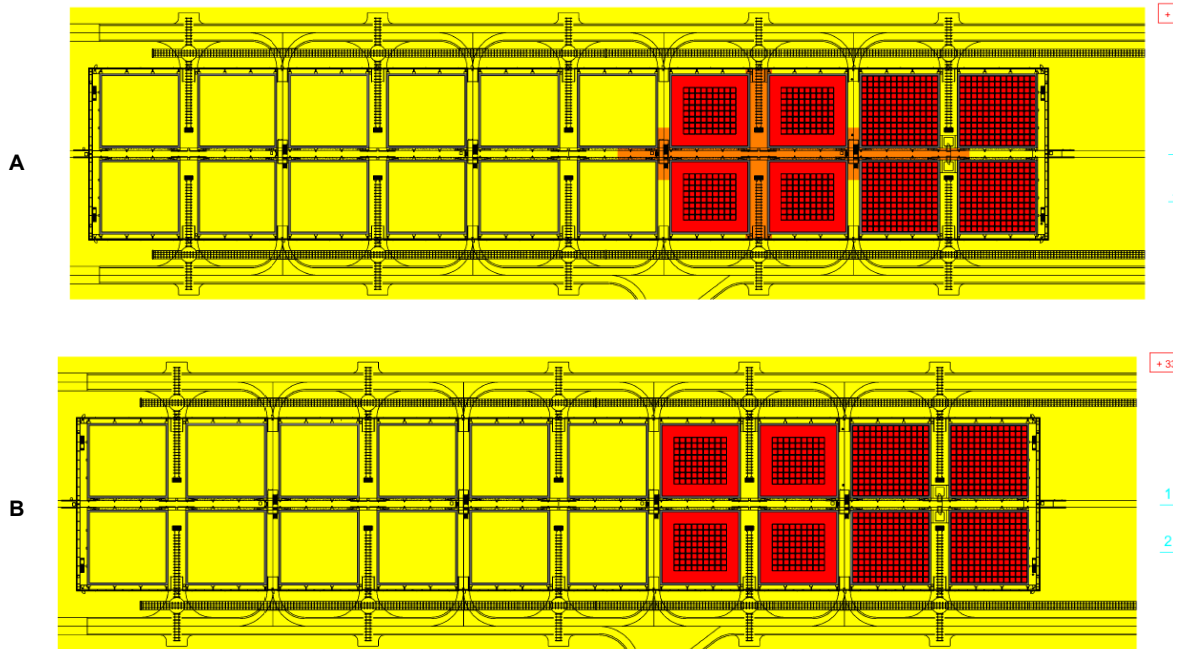
Figuur 12-6: A. Doorsnede van een deel van de modules van de oostelijke tumulus, met de snede genomen ter hoogte van de centrale loopbruggen, gedurende stap I van de exploitatiefase, tijdens het bergen van een monoliet. B. Zelfde snede ter hoogte van de centrale loopbruggen indien geen manipulatie van een monoliet plaatsvindt. De aangeduide oranje zone in figuur A maakt dan deel uit van de gele zone. (de aanduidingen CASE X in het lichtblauw zijn aanduidingen van doorsnedes)

12.6.4.5 Plan exploitatiefase Ia – stap II

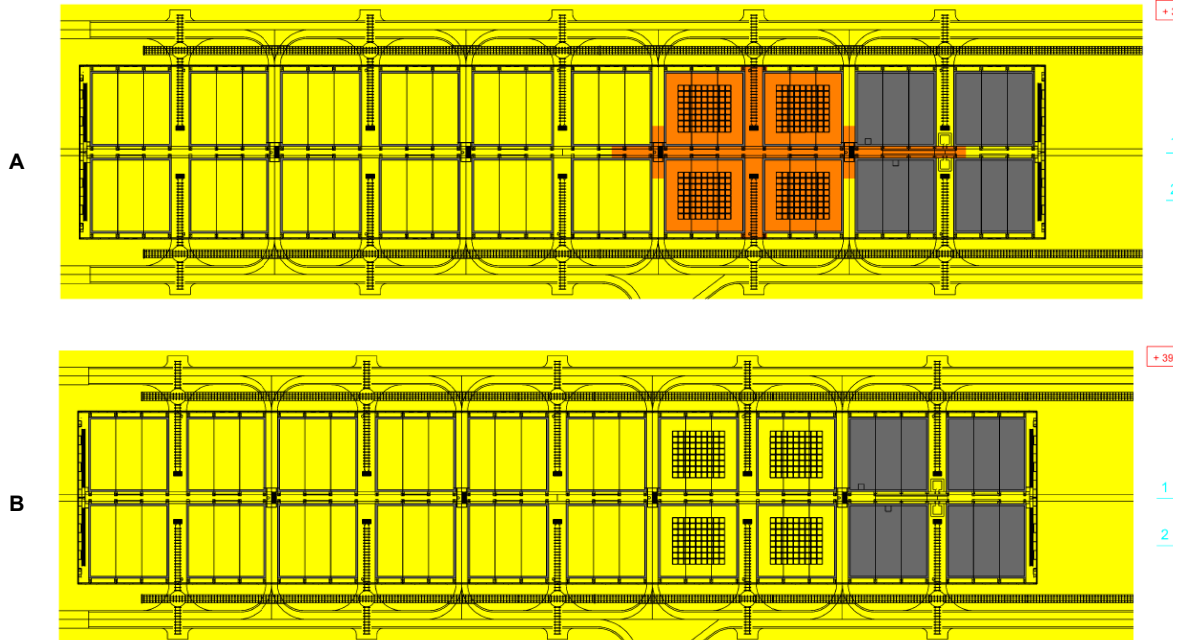
Tijdens exploitatiestap II zijn de 20 modules afgewerkt en worden de volgende vier modules opgevuld. De plannen zijn weergegeven in Figuur 12-7, Figuur 12-8, Figuur 12-9, Figuur 12-10 en Figuur 12-11.



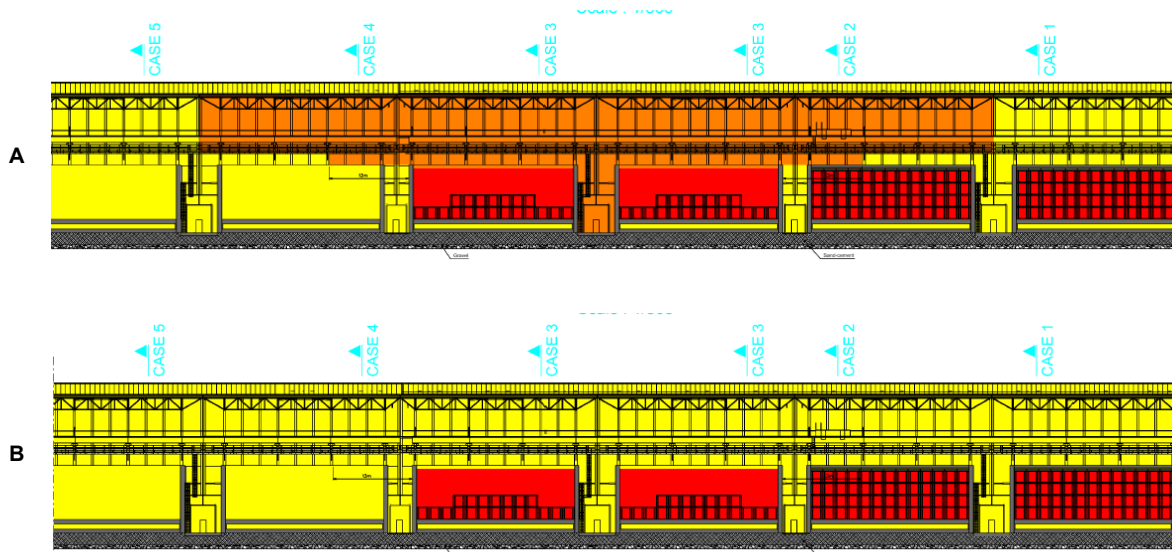
Figuur 12-7: Plan exploitatiefase – stap II. A: tijdens de manipulatie van een monoliet. B: indien geen manipulatie van een monoliet plaatsvindt. De aangeduide oranje zone in A maakt dan deel uit van de gele zone.



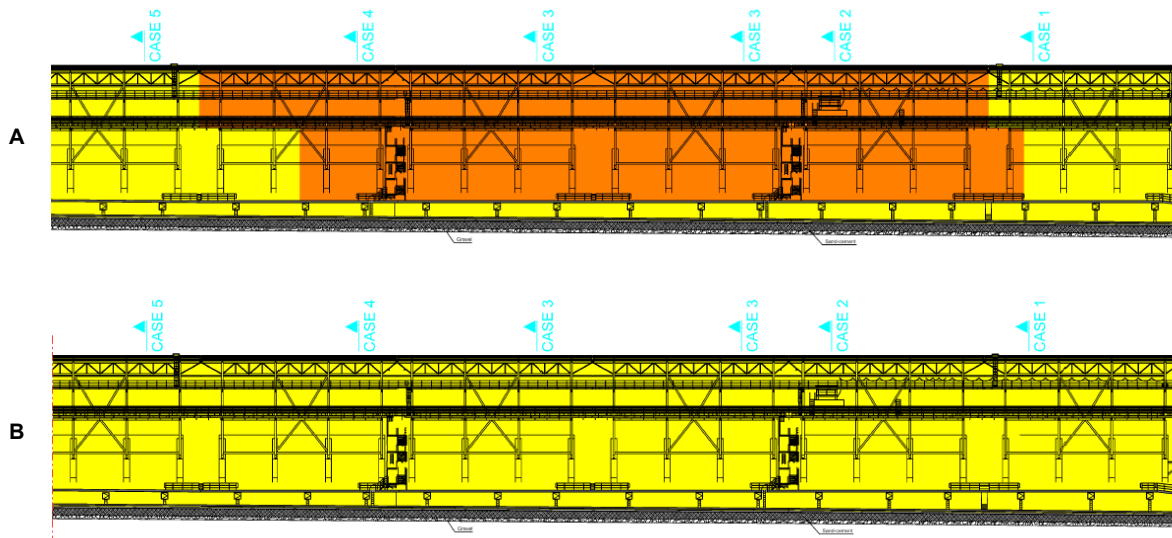
Figuur 12-8: A. Doorsnede doorheen de modules in de oostelijke tumulus genomen op 33 m TAW tijdens stap II van de exploitatiefase, wat overeenkomt met een snede doorheen de modules, tijdens het bergen van een monoliet. B. Zelfde doorsnede doorheen de modules indien geen manipulatie van een monoliet plaatsvindt. De aangeduide oranje zone in figuur A maakt dan deel uit van de gele zone.



Figuur 12-9: A. Doorsnede doorheen de modules in de oostelijke tumulus genomen op 39.05 m TAW tijdens stap II van de exploitatiefase, wat overeenkomt met een snede doorheen de structurele topplaat van de eerste vier modules, tijdens het bergen van een monoliet. B. Zelfde doorsnede doorheen de modules indien geen manipulatie van een monoliet plaatsvindt. De aangeduide oranje zone in figuur A maakt dan deel uit van de gele zone.



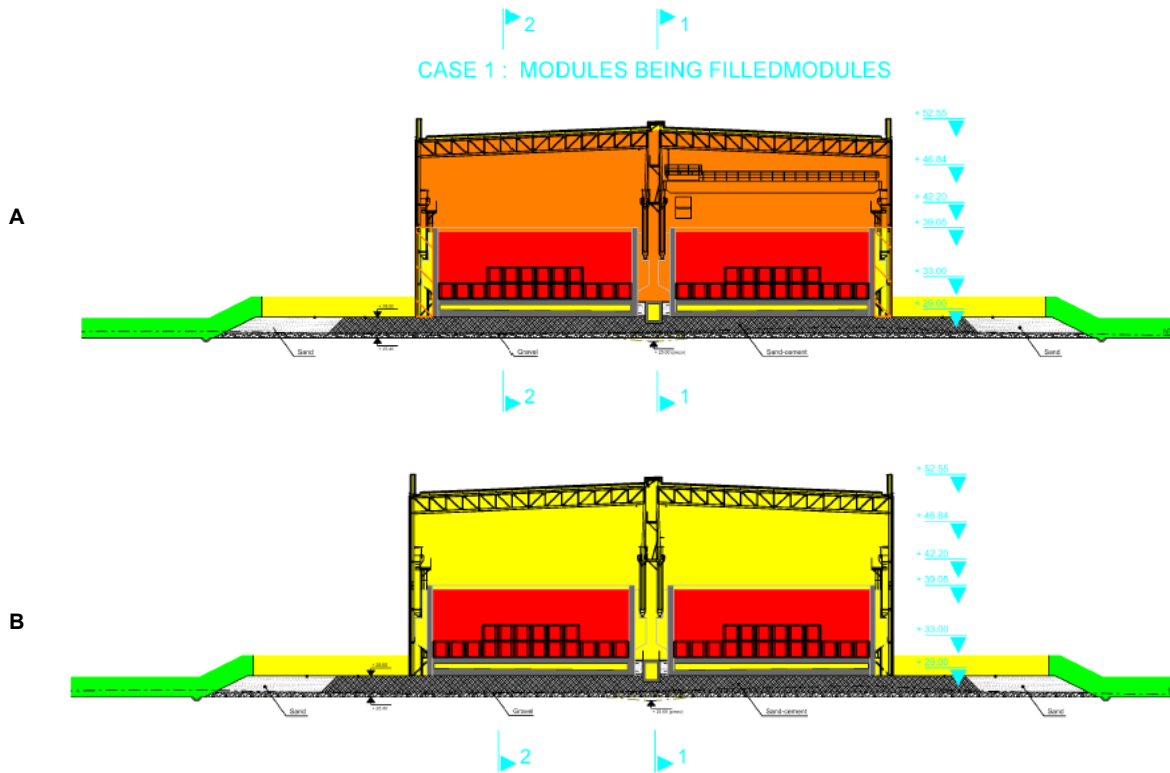
Figuur 12-10: A. Doorsnede van een deel van de modules van de oostelijke tumulus, met de snede genomen ter hoogte van de modules, gedurende stap II van de exploitatiefase, tijdens het bergen van een monoliet. B. Zelfde doorsnede ter hoogte van de modules indien geen manipulatie van een monoliet plaatsvindt. De aangeduide oranje zone in figuur A maakt dan deel uit van de gele zone. (de aanduidingen CASE X in het lichtblauw zijn aanduidingen van doorsnedes)



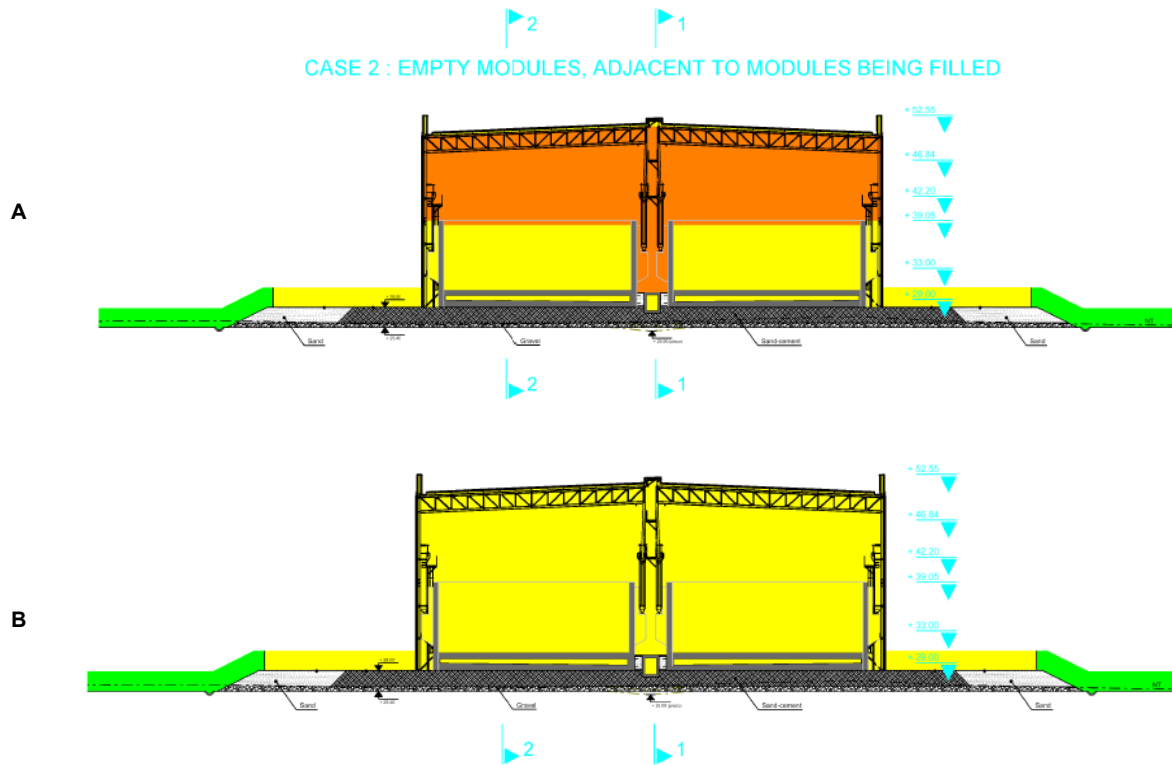
Figuur 12-11: A. Doorsnede van een deel van de modules van de oostelijke tumulus, met de snede genomen ter hoogte van de centrale loopbruggen, gedurende stap II van de exploitatiefase, tijdens het bergen van een monoliet. B. Zelfde doorsnede ter hoogte van de centrale loopbruggen indien geen manipulatie van een monoliet plaatsvindt. De aangeduide oranje zone in figuur A maakt dan deel uit van de gele zone. (de aanduidingen CASE X in het lichtblauw zijn aanduidingen van doorsnedes)

Tijdens de daaropvolgende stappen zal de zonering op een gelijkaardige manier verder evolueren.

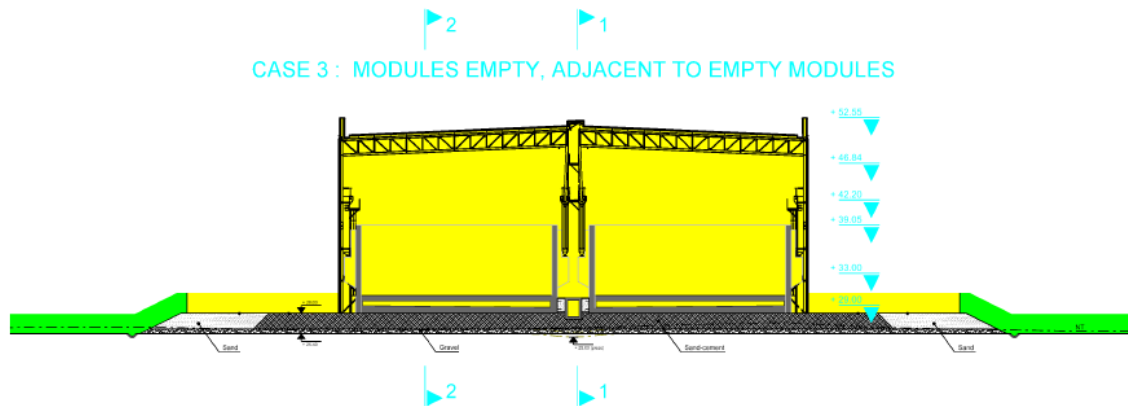
Onderstaande doorsnedes (Figuur 12-12, Figuur 12-13, Figuur 12-14, Figuur 12-15 en Figuur 12-16) geven een beeld van de zonering ter hoogte van de modules in opvulling, en naast de modules in opvulling, onafhankelijk van de stap waarin de exploitatie zich bevindt.



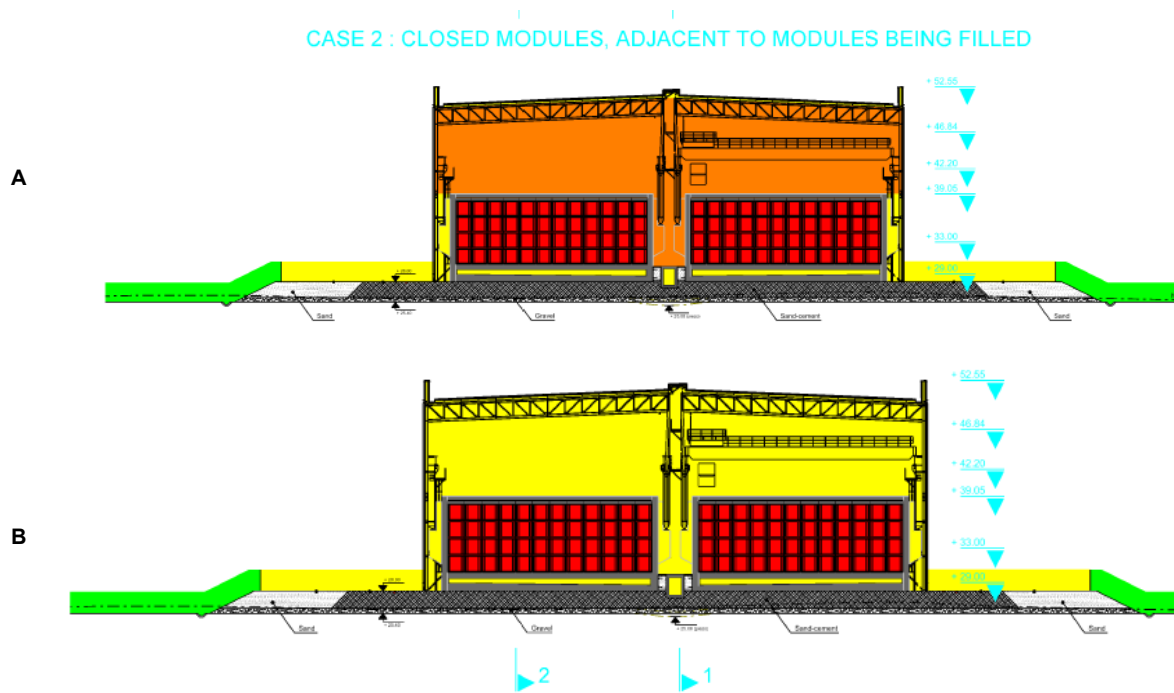
Figuur 12-12: A. Zijaanzicht van de modules in opvulling, tijdens het bergen van een monoliet. B. Zelfde doorsnede indien geen manipulatie van een monoliet plaatsvindt. De aangeduide oranje zone in figuur A maakt dan deel uit van de gele zone. (De vlaggetjes in het lichtblauw zijn aanduidingen van gemaakte doorsnedes)



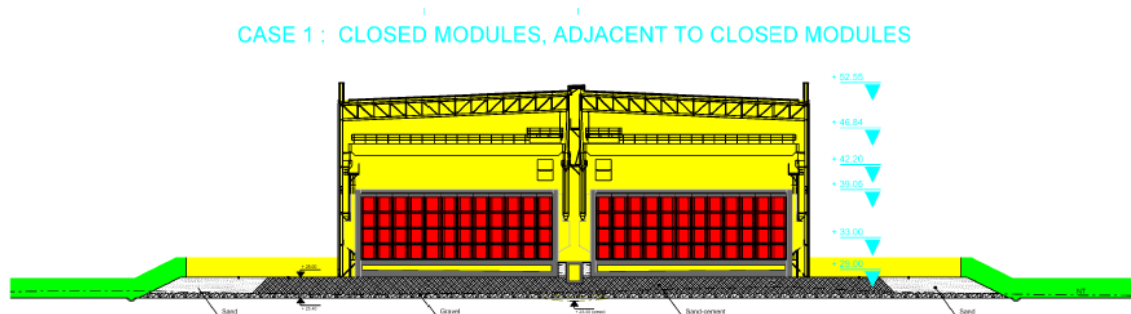
Figuur 12-13: A. Zijaanzicht van lege modules naast modules in opvulling, binnen een afstand van 13 m naast de modules in opvulling, tijdens het bergen van een monoliet. B. Zelfde doorsnede indien geen manipulatie van een monoliet plaatsvindt. De aangeduide oranje zone in figuur A maakt dan deel uit van de gele zone. (De vlaggetjes in het lichtblauw zijn aanduidingen van gemaakte doorsnedes)



Figuur 12-14: Zijaanzicht van lege modules naast modules in opvulling, op een afstand van meer dan 13 m naast de modules in opvulling. (De vlaggetjes in het lichtblauw zijn aanduidingen van gemaakte doorsnedes)



Figuur 12-15: A. Zijaanzicht van gesloten modules naast modules in opvulling, op een afstand van minder dan 13 m naast de modules in opvulling, tijdens het bergen van een monoliet. B. Zelfde doorsnede indien geen manipulatie van een monoliet plaatsvindt. De aangeduide oranje zone in figuur A maakt dan deel uit van de gele zone. (De vlaggetjes in het lichtblauw zijn aanduidingen van gemaakte doorsnedes)



Figuur 12-16: Zijaanzicht van gesloten modules naast de modules in opvulling, op een afstand van meer dan 13 m naast de modules in opvulling. (De vlaggetjes in het lichtblauw zijn aanduidingen van gemaakte doorsnedes)

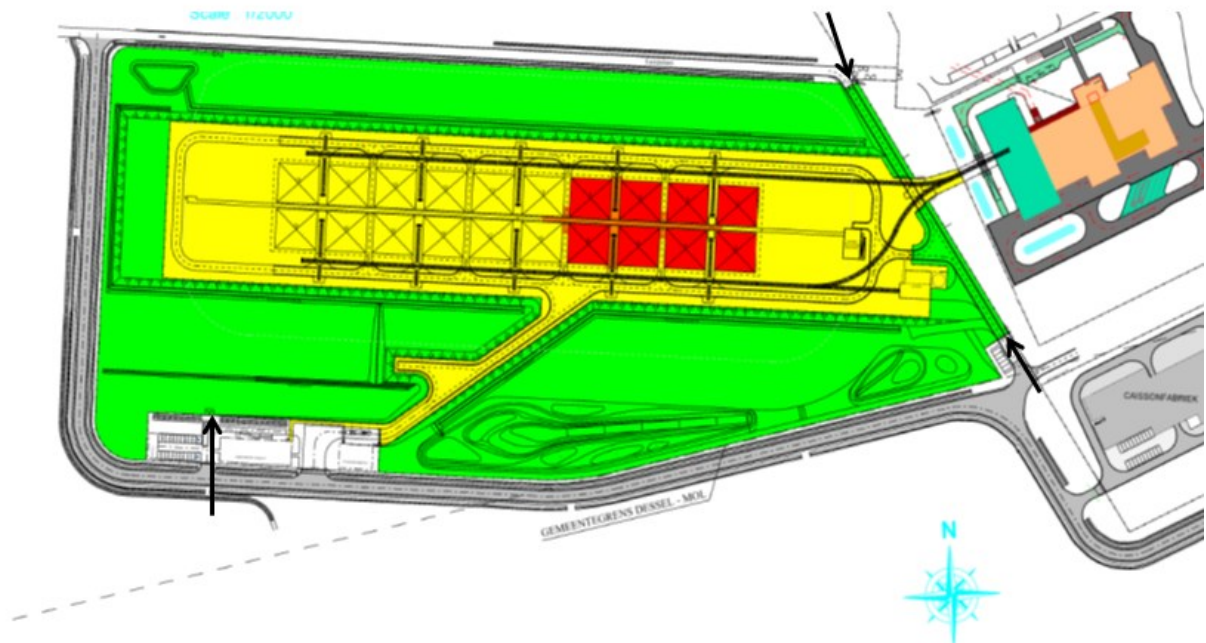
12.6.4.6 Toegang tot de verschillende zones

Toegang tot de bewaakte en gecontroleerde zone wordt geregistreerd en gecontroleerd.

Toegang tot de bewaakte zone

De bewaakte zone kan na controle van de toegangsrechten, door toegangsbeheer en het ontvangen van een badge en dosimeter, betreden worden via toegangswegen buiten het administratieve gebouw. De verschillende toegangswegen tot de bewaakte zone zijn aangeduid met een pijl in Figuur 12-17, deze toegangen staan onder controle vanuit het administratieve gebouw m.b.v. camerabewaking. De poorten grenzend aan het terrein van Belgoprocess zullen hoofdzakelijk gebruikt worden voor de toegang van hulpdiensten in het kader van noodinterventies, m.u.v. leveringen aan de garage waarbij de meest

zuidelijke poort zal gebruikt worden. Toegang tot de bewaakte zone is in principe enkel nodig voor onderhoud aan de terreinen en het uitvoeren van inspecties in het kader van beveiliging en monitoring.

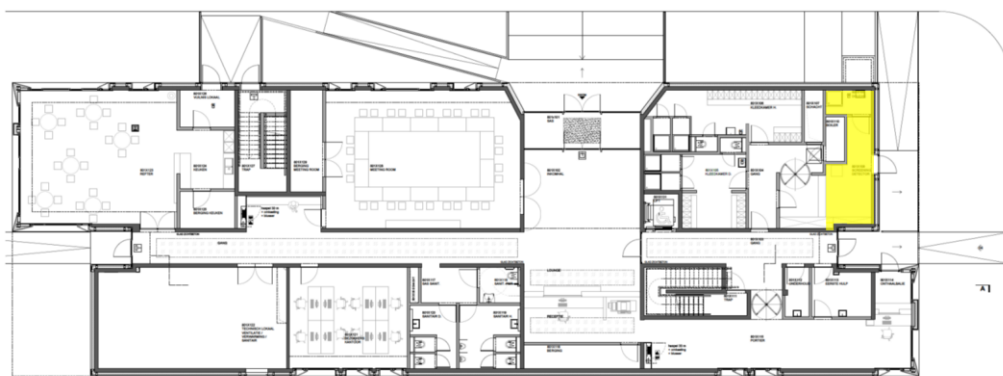


Figuur 12-17: Toegangsmogelijkheden tot de bewaakte (groene) zone

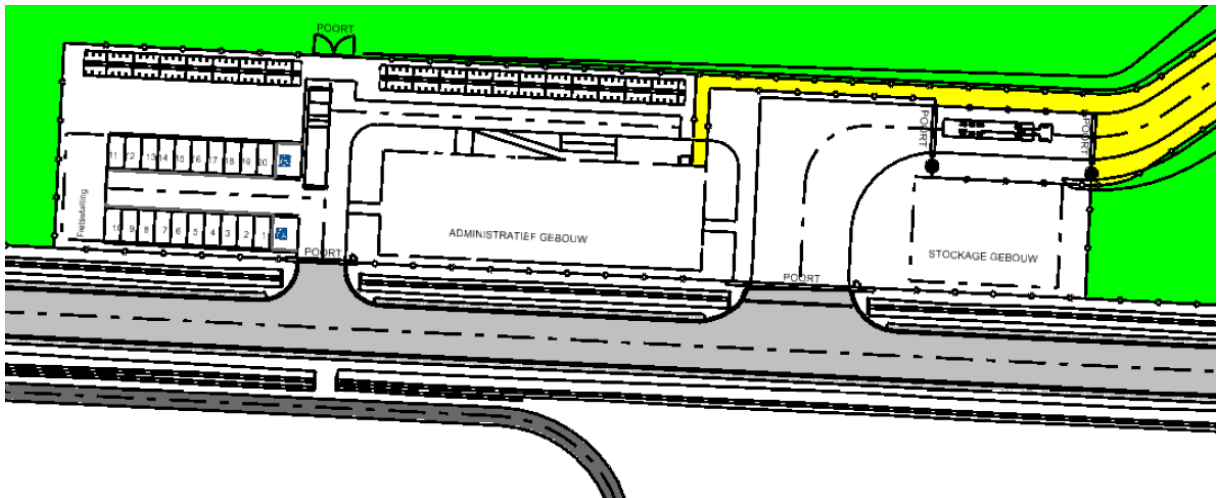
Toegang tot de gecontroleerde zone

Geautoriseerde personen kunnen de gecontroleerde zone betreden via de gecontroleerde zone van het administratieve gebouw (Figuur 12-18). Het gedeelte van het administratieve gebouw dat – radiologisch gesproken – behoort tot de gecontroleerde zone, is de overgang tussen niet-gecontroleerde, vrije zone en de gecontroleerde zone. De decontaminatiedouche bevindt zich in de gecontroleerde zone van het administratieve gebouw.

Voertuigen kunnen, na controle van hun toegangsrechten, via de toegangsweg naast het administratieve gebouw toegang krijgen tot de gecontroleerde of de bewaakte zone. De toegangswegen tot de bewaakte en gecontroleerde zone zijn zichtbaar vanuit het administratieve gebouw (Figuur 12-19).



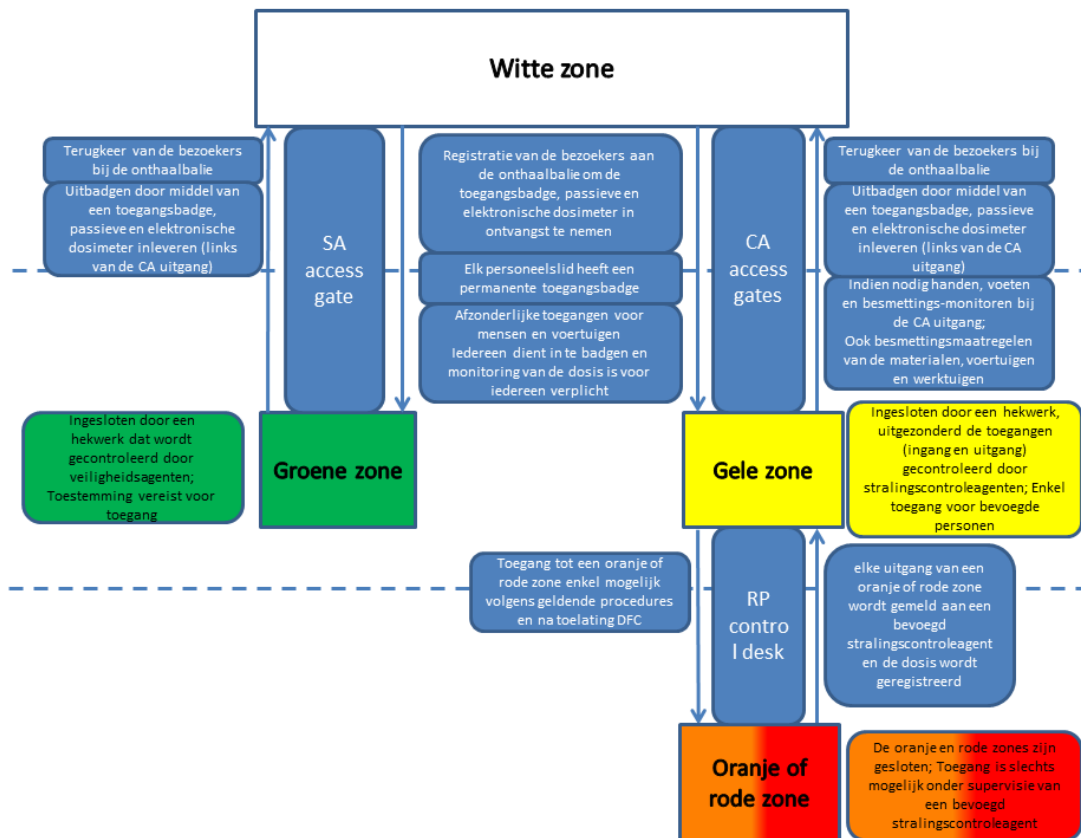
Figuur 12-18: Plan van het gelijkvloers van het administratieve gebouw met aanduiding van de gele zone.



Figuur 12-19: De toegang tot de gecontroleerde zones tijdens de operationele periode gebeurt via het administratieve gebouw.

Werkzaamheden in de oranje of rode zones behoeven de interventie van een stralingsbeschermingsagent (RP agent) die het dosistempo controleert in de werkzone vooraleer de operators beginnen te werken.

De overgangsmodaliteiten tussen de verschillende zones wordt getoond in het diagram, weergegeven in Figuur 12-20.



Figuur 12-20: Overgangsmodaliteiten tussen de verschillende zones. 'CA' = controlled area, de gecontroleerde zone, 'SA'= supervised area, de bewaakte zone, 'RP' = Radiological Protection

12.6.5 Radiologische monitoring

Vanuit radiologisch oogpunt worden drie soorten controles onderscheiden:

- individuele monitoring;
- operationele monitoring;
- omgevingstoezicht.

Deze paragraaf heeft alleen betrekking op de ‘**Individuele monitoring**’. De andere vormen van radiologische monitoring worden besproken in Hoofdstuk 16 ‘Monitoring’ [HS-16] § 16.4.

Individuele monitoring is het meten van de stralingsdoses ontvangen door individuen tijdens werkzaamheden of bezoeken aan de bergingsinstallatie. Individuele monitoring kan ook worden gebruikt om de efficiëntie van de stralingscontrole op de werkplek te controleren. Het wordt ook gebruikt om veranderingen op de werkplek op te sporen, werkwijzen te identificeren die doses beperken en informatie verstrekken in het geval van blootstelling bij ongevallen. Individuele monitoring omvat zowel de externe als de interne blootstelling.

In normale uitbatingsomstandigheden is de belangrijkste blootstellingsweg externe bestraling (direct of indirect via strooistraling). De door een individu ontvangen dosis ten gevolge van uitwendige stralingsbronnen wordt gemeten door een daarvoor voorziene persoonlijke dosimeter die door het individu wordt gedragen. De dosimeter moet worden gedragen tijdens periodes van mogelijke blootstelling, bezoek aan de bewaakte en gecontroleerde zone. Dit om de individuele cumulatieve dosis te registreren.

Blootstellingswegen als inhalatie, huidbesmetting en ingestie worden voorkomen door het ontwerp van insluiting van het afval in monolieten, de afvoer van percolerend water via een drainagesysteem en afvoer van radon door natuurlijke ventilatie. De kans op inwendige blootstelling is nihil zodat er geen maatregelen met betrekking tot individuele controle worden genomen.

Specifiek bestaat de individuele monitoring op de bergingsinstallatie dus uit toestellen die in staat zijn om de individuele externe dosistemp te monitoren. De toestellen, bedoeld om te worden gedragen door een individu voor de beoordeling van het persoonlijk dosisequivalent, zijn:

- integrerende dosimeters;
- actieve dosimeter (elektronisch).

Dosimeters dienen te worden erkend door het Agentschap, zodat ze geschikt zijn voor dosimetrische doeleinden. Ook de dienst externe dosimetrie dient te worden goedgekeurd door het Agentschap en dit in overeenstemming met het Besluit van het Agentschap van 01/07/08 tot vaststelling van de criteria en de modaliteiten voor de erkenning van de dosimetrische diensten voor het uitvoeren van de externe dosimetrie [R12-4].

De actieve dosimeters zullen worden opgenomen in een dosisopvolgingssysteem. Dit systeem controleert voorafgaand aan de afgifte van de actieve dosimeter of de persoon voldoet aan de toelatingseisen wat stralingsbescherming betreft. De dosimeter geeft een visuele indicatie van de geaccumuleerde dosis en is ingesteld om het individu te waarschuwen indien de cumulatieve dosis of het dosistempo bij het uitvoeren van een taak vooraf bepaalde controleniveaus overschrijdt.

Er zal uitrusting beschikbaar zijn om metingen op huidbesmetting uit te voeren bij incidenten of ongevallen:

- een personenbesmettingsmonitor voor het meten van handen (palm en rug), voeten en eventueel kledij van individuen.

Deze apparatuur (voor bijvoorbeeld het meten van doses en huidbesmetting) heeft de vereiste eigenschappen (detectielimieten, gevoeligheid, meetbereik) om de soorten straling die personen zullen tegenkomen tijdens hun verblijf op de bergingsite te meten en de apparatuur zal op regelmatige basis gekalibreerd worden.

De toegangsmodaliteiten voor een individu met betrekking tot de individuele monitoring is afhankelijk van (i) de zone waartoe toegang wordt verleend en (ii) hun toegangsstatus.

Vier toegangsstatusen worden onderscheiden (zie Tabel 12-2):

- *personeel van de bergingsinrichting*: omvat het personeel van de bergingsinrichting, maar eveneens het personeel van de (onder)aannemer, dat voortdurend of op regelmatige basis op de site wordt tewerkgesteld.
- *personeel van de (onder)aannemer*: omvat het personeel van de aannemer dat op de bergingsite wordt tewerkgesteld voor specifieke wekerende of eenmalige werkzaamheden van korte duur, bijvoorbeeld onderhoud van de rolbrug, monitoringswerkzaamheden, ...
- *personeel van leveranciers*: Betreden enkel de bergingsite met het doel om bepaalde goederen te bevoorraden (laden en lossen). Het principe van leveren en vertrekken wordt gehanteerd.
- *bezoekers*: Bezoekers (bijvoorbeeld begeleid bezoek, technisch bezoek voor leden van gelijkaardige installaties, ...) zullen steeds vergezeld zijn van een personeelslid verbonden aan de bergingsinstallatie.

Tabel 12-2: Tabel met de toegangsmodaliteiten voor een individu met betrekking tot individuele monitoring met betrekking tot de zones waartoe toegang wordt verschaft en hun toegangsstatus.

Zone	Toegangsstatus			
	Bergingsinstallatie Personeelsleden	(Onder)Aannemer Personeelsleden	Leverancier Personeelsleden	Bezoekers
Witte zone	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Groene zone	ID; AD	ID; AD	n.v.t. (*)	n.v.t. (*)
Gele zone	ID; AD	ID; AD	AD	AD(**)
Oranje/Rode zone	ID; AD	ID; AD	a.p.	ID; AD

Legende bij Tabel 12-2:

n.v.t. Niet van toepassing

a.p. (Access Prohibited) Toegang verboden

ID (Integrating Dosimeter) Integrerende dosimeter

AD (Direct Reading Active Dosimeter) Onmiddellijk afleesbare dosimeter

(*) De ontvangen dosis van het begeleidend personeelslid van de bergingsinstallatie kan gekoppeld worden aan de bezoekers.

(**) Een actieve dosimeter per vijf bezoekers. De ontvangen dosis door de verschillende dosimeters kan gekoppeld worden aan de andere bezoekers.

12.6.6 Organisatorische maatregelen die bijdragen tot het optimaliseringsprincipe bij een incident of ongeval

12.6.6.1 Programma in geval van een incident

De organisatorische maatregelen die bijdragen tot het optimaliseringsprincipe in geval van een incident komen overeen met de organisatorische maatregelen tijdens de normale operaties. De bijsturende maatregelen die moeten worden toegepast in geval van een incident worden in detail beschreven in § 12.6.6.3

12.6.6.2 Programma in geval van een ongeval

De organisatorische maatregelen die bijdragen tot het optimaliseringsprincipe bij een ongeval omvatten het volgende:

- on-site en off-site noodplannen;
- monitoring van de interventiewerkers en de effecten van de interventie;
- toegangs- en dosiscontrole;
- PMA analyse.

12.6.6.3 Maatregelen bij incidenten en ongevallen

De PMA-analyse is erop gericht om incidenten en ongevallen te verhelpen. Bij non-conformiteiten moeten de opgelegde acties worden opgevolgd. Tijdens de uitbating moeten hiervoor steeds de uitrusting en de materialen, die van essentieel belang zijn om in te zetten bij incidenten of ongevallen, beschikbaar gehouden worden. Deze uitrusting en materialen zijn onderworpen aan controles, zodat hun goede werking verzekerd wordt. Uitrusting voorzien om in te zetten bij ongevallen en incidenten:

- **Gebruik van takels en kabels bij ontsporing van een trolley.** Bij ontsporing van een trolley moeten interventietechnici de trolley naderen en deze herpositioneren op de rails of de trolley verplaatsen naar een veilige positie. De monoliet in de trolley kan een stralingsrisico inhouden voor de interventieploeg die de trolley verplaatst op de rails. Er zijn ankerpunten voorzien op de trolley om kabels aan te bevestigen zodat de trolley manueel verplaatst kan worden;
- **Het gebruik van takels en kabels bij defect van de rolbrug.** De rolbrug wordt manueel verplaatst bij defect via een trekrichting en kabels die bevestigd worden aan ankerpunten. Dit wordt uitgevoerd als het om een belangrijk defect van de rolbrug gaat of als de dosis die door het personeel

wordt opgelopen dit oplegt. Storingen kunnen manuele corrigerende maatregelen op het brugplatform vereisen. Daarom moet de stralingsintensiteit ter hoogte van de rolbrug beperkt blijven (o.a. door afschermingsplaten, verplaatsing van de rolbrug);

- **Brandpreventie- en brandbestrijdingsmiddelen.** Deze middelen worden geïmplementeerd om het risico van een ongeval, dat tot de uitstoot van radioactieve stoffen kan leiden, te beperken. Vlotte toegang voor brandbestrijdingsmiddelen en de ontwikkeling van specifieke procedures zijn voorzien [OD-165] § 4.6.3.

12.6.7 Programma om de initiatie van incidenten en ongevallen te voorkomen

De organisatorische maatregelen om de initiatie van incidenten en ongevallen te voorkomen zijn de volgende:

- (Preventieve) onderhoudswerkzaamheden; Incidenten en ongevallen kunnen zo veel mogelijk voorkomen worden door het tijdig uitvoeren van onderhoud en herstellingen. Deze worden uitgevoerd in een speciale onderhoudszone uit de buurt van de bergingsmodules;
- Opleiding;
- radiologische monitoring voorafgaand aan de toegang van werknemers en bezoekers;
- stralingstoezicht;
- monitoring van het dosistempo;
- luchtbemonstering en analyse;
- toezicht;
- tests tijdens de bouw van de modules en de productie van de monolieten;
- klassieke brandpreventiemaatregelen (bijvoorbeeld het beperken van brandbare materialen en apparatuur);
- implementeren van een zoneringsstrategie;
- PMA analyses.

12.6.8 Programma om het begin van incidenten en ongevallen op te sporen

De organisatorische maatregelen om de initiatie van incidenten en ongevallen op te sporen zijn de volgende:

- controle voor, tijdens en na de toegang van werknemers en bezoekers;
- stralingstoezicht;
- monitoring van het dosistempo;
- luchtbemonstering en analyse;
- tests, toezicht en monitoring van de SSC's;
- PMA analyses.

12.7 Doses

12.7.1 Dosisraming tijdens normale uitbatingsomstandigheden

12.7.1.1 Methodologie

De doses die worden opgelopen door het personeel werden geraamd in [OD-058]. Hiervoor is in eerste instantie een Monte Carlo model uitgewerkt om de verschillende dosistempi te bepalen op de locaties waar representatieve werknemers zich kunnen bevinden. Voor de berekening van deze dosistempi is een conservatieve configuratie in aanmerking genomen, op basis van 16 volledig gevulde en gesloten modules en 4 modules in uitbating, welke in opvulling of gevuld kunnen zijn.

De uiteindelijke dosis die opgelopen kan worden bij het uitvoeren van een bepaalde taak kan dan bepaald worden op basis van de frequentie, duurtijd en het vereiste aantal werknemers voor die taak.

12.7.1.2 Uitgevoerde Monte Carlo simulaties

Voor iedere representatieve locatie is het dosistempo gelijk aan de som van de dosistempi veroorzaakt door:

- De 16 gevulde en afgedichte modules;
- De 4 modules in uitbating;
- Een monoliet in de trolley op weg van de IPM naar de modules;
- Een vrije monoliet die gemanipuleerd wordt door de rolbrug.

Voor de simulatie van de gevulde en afgedichte modules werd uitgegaan van de opvulmethodiek, zoals beschreven in Hoofdstuk 9 [HS-09], § 9.3.4. De monolieten in de modules stralen maximaal, doch met respect voor de opvulmethodiek dat monolieten op de bovenste laag een maximaal dosistempo op contact hebben van 0,1 mSv/h en dat voor de andere monolieten in de modules de som per laag van de dosistempi op contact maximaal 174 mSv/h mag bedragen.

Voor de vier modules in uitbating werd een conservatieve configuratie gesimuleerd. Indien de modules zich in toestand van opvulling bevinden, dan worden ze gesimuleerd met vijf lagen monolieten type I, wat betekent dat er geen extra afscherming is met de monolieten van de bovenste laag die een lager dosistempo kunnen hebben. Zijn de betreffende modules gevuld, maar nog niet afgedicht, dan worden ze gesimuleerd met zes lagen monolieten van type I, zoals de gevulde en afgedichte modules, maar zonder aanwezigheid van de structurele topplaat.

De monoliet die zich bevindt in de trolley wordt afgeschermd door een transportcontainer. Het maximale dosistempo op contact van de transportcontainer is 2 mSv/h. Dit wordt gemodelleerd als een monoliet met een dosistempo op contact van 2 mSv/h.

Voor de vrije monoliet die gemanipuleerd wordt door de rolbrug is een dosistempo op contact van 20 mSv/h beschouwd, wat overeen komt met het maximaal toegelaten dosistempo.

Voor alle monolieten is men uitgegaan van een bronterm op basis van Co-60.

12.7.1.3 Specifieke zones m.b.t. de dosistempi

De bergingsinstallatie werd ingedeeld in dosistempo zones. Elke zone komt overeen met een specifiek dosistempo niveau (Z0 tot Z9).

De zones werden bepaald in functie van de taken die de operators uitvoeren op de site en hun representatieve locatie. Bovendien wordt er rekening gehouden met de toestand van de site. Tijdens exploitatie-activiteiten worden de vier modules in uitbating gesimuleerd in open toestand (ZXA). Indien alle monolieten geplaatst zijn, dan wordt ervan uitgegaan dat de vier modules in uitbating gevuld zijn (ZXB). Voor iedere locatie werd de horizontale afstand tot iedere individuele module beschouwd en waar nodig de afstand tot de monoliet op de trolley en de vrije monoliet.

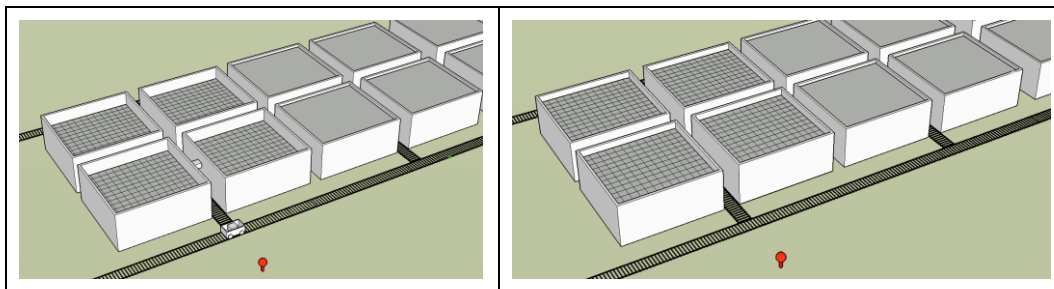
Zone Z0A en Z0B

Zone Z0A en Z0B bevinden zich op een afstand van meer dan 23 m van de vier modules in uitbating en komen overeen met de bewaakte 'groene' zone. De representatieve werker bevindt zich recht voor de vier modules in uitbating, zoals aangegeven in Figuur 12-21.

Het dosistempo in deze zone wordt bepaald door

- De 16 gevulde en gesloten modules
- De 4 modules in uitbating, hetzij de configuratie tijdens de opvulling (Z0A), hetzij in gevulde configuratie (Z0B)
- De monoliet op de trolley (Z0A)
- De vrije monoliet (Z0A).

Voor zone Z0A wordt de gemiddelde dosis geschat op 0,15 $\mu\text{Sv/h}$, voor zone Z0B is dat 0,016 $\mu\text{Sv/h}$. Voor zone Z0A kan deze dosis oplopen tot maximum 4,62 $\mu\text{Sv/h}$ tijdens transport en manipulatie. [OD-058] § 3.2 en § 3.3.



Figuur 12-21: Bepalingspunt (rood) van het dosistempo voor zone Z0A (links) en Z0B (rechts)

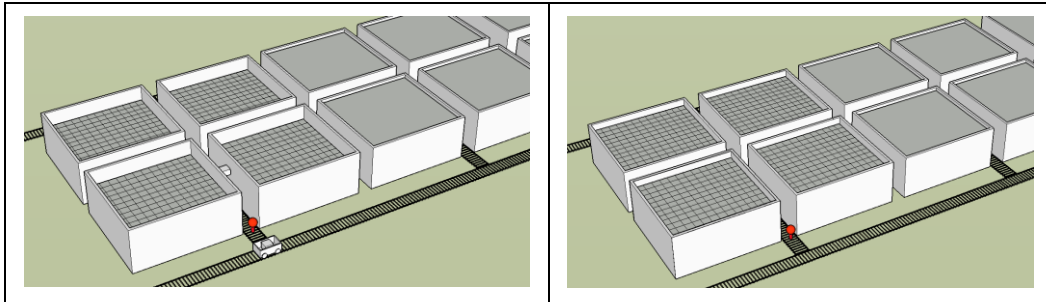
Zone Z1A en Z1B

Zone Z1 is de volledige zone op minder dan 23 m van de vier modules in uitbating met uitzondering van de laad- en loszones (Zone Z7) en bevindt zich in de gele zone. De representatieve werker bevindt zich vlak voor de laad- en loszone, voor de vier modules in uitbating (Figuur 12-22)

Het dosistempo wordt bepaald door:

- De 16 gesloten modules (Z1A en Z1B)
- De 4 modules in uitbating, hetzij tijdens de opvulling (Z1A), hetzij in gevulde configuratie (Z1B)
- De monoliet op de trolley (Z1A)
- De vrije monoliet (Z1A).

Het totale gemiddelde dosistempo voor de zone Z1A wordt geschat op 0,7 $\mu\text{Sv/h}$, voor zone Z1B is dat 0,015 $\mu\text{Sv/h}$. Voor de zone Z1A kan het maximale dosistempo oplopen tot 50,6 $\mu\text{Sv/h}$, tijdens transport en manipulatie. [OD-058] § 3.2 en § 3.3.



Figuur 12-22: Bepalingspunt (rood) van het dosistempo voor zone Z1A (links) en Z1B (rechts)

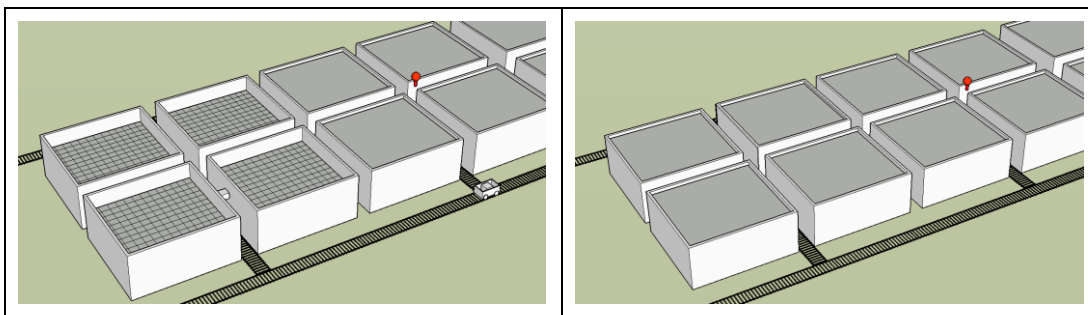
Zone Z2A en Z2B

Zone Z2 komt overeen met de loopbruggen boven de gesloten modules niet grenzend aan de vier modules in uitbating, gelegen in de gele zone. De representatieve werker bevindt zich op de loopbrug tussen de modules, op een hoogte van 13,5 m ten opzichte van het terrein naast de modules (Figuur 12-23).

Het dosistempo wordt bepaald door:

- De 16 gesloten modules (Z2A en Z2B)
- De 4 modules, hetzij tijdens de opvulling (Z2A), hetzij gesloten³ (Z2B)
- De monoliet op de trolley (Z2A)
- De vrije monoliet (Z2A)

en komt voor zone Z2A overeen met een gemiddelde van 0,12 $\mu\text{Sv/h}$ en een maximum van 1,32 $\mu\text{Sv/h}$; voor zone Z2B wordt een dosistempo van 0,003 $\mu\text{Sv/h}$ bekomen. [OD-058] § 3.2 en § 3.3.



Figuur 12-23: Bepalingspunt (rood) van het dosistempo voor zone Z2A (links) en Z2B (rechts)

Zone Z3

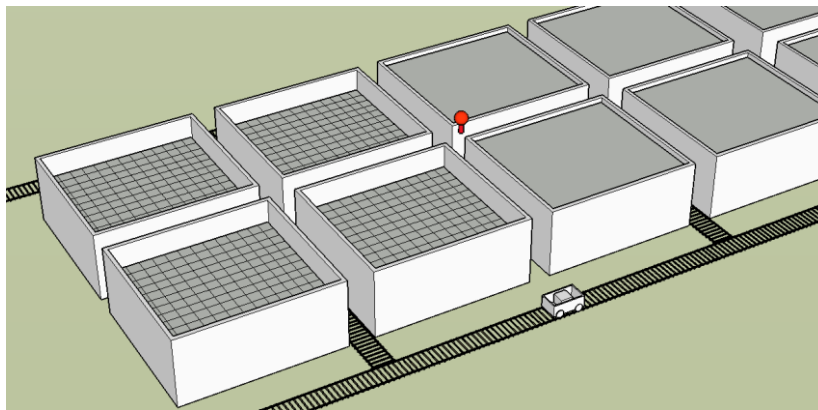
Zone Z3 komt overeen met de loopbruggen boven de gesloten modules grenzend aan de vier modules in uitbating. Wanneer geen manipulatie van monolieten plaatsvindt, ligt zone Z3 in de gele zone, in geval van manipulatie van monolieten, ligt Z3 in de oranje zone en is de aanwezigheid van personeel niet toegelaten.

³ Voor zone Z2B wordt uitgegaan van 4 gesloten modules, omdat de enige geplande taak in deze zone het verplaatsen van de rolbrug is. Dit wordt alleen uitgevoerd wanneer deze 4 modules structureel gesloten zijn.

De werker bevindt zich op de centrale loopbrug op een hoogte van 13,5 m, zoals aangeduid in Figuur 12-24. Er wordt rekening gehouden met

- het dosistempo van een monoliet op de trolley,
- de 4 modules in uitbating en
- de gesloten modules.

Wanneer er personeel aanwezig is in deze zone worden er geen monolieten gemanipuleerd door de kraan. Hierdoor wordt het dosistempo van een monoliet die wordt geladen door de rolbrug niet in rekening gebracht voor de berekening van het dosistempo. Het gemiddelde dosistempo voor de zone wordt geschat op 0,45 $\mu\text{Sv/h}$ en kan oplopen tot een maximum van 0,79 $\mu\text{Sv/h}$. [OD-058] § 3.2 en § 3.3.



Figuur 12-24: Bepalingspunt (rood) van het dosistempo voor zone Z3

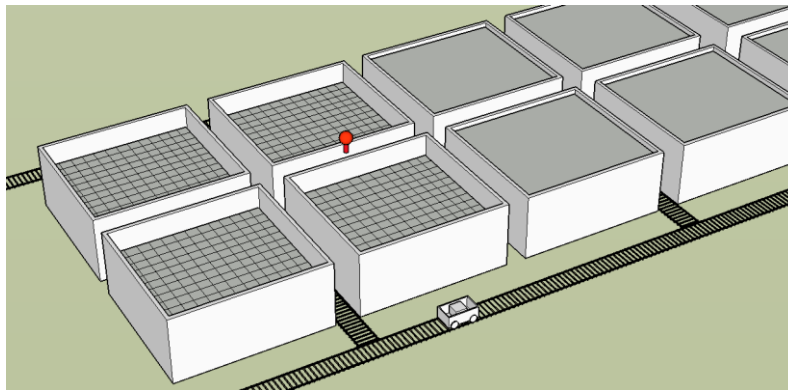
Zone Z4

Zone Z4 komt overeen met de loopbruggen boven de modules in uitbating. Wanneer geen manipulatie van monolieten plaatsvindt, ligt Z4 in de gele zone; tijdens de manipulatie van monolieten ligt Z4 in de oranje zone en is de aanwezigheid van personeel niet toegelaten.

De representatieve werker bevindt zich op de centrale loopbrug, op een hoogte van 13.5 m. (Figuur 12-25). Er wordt rekening gehouden met:

- het dosistempo van een monoliet in een transportcontainer,
- de 4 modules in uitbating,
- en de gesloten modules.

Er wordt geen rekening gehouden met het dosistempo van een monoliet die wordt geladen door de rolbrug, omdat er op moment dat er personeel aanwezig is in deze zone, geen monolieten gemanipuleerd mogen worden door de kraan. Het gemiddelde dosistempo voor de zone wordt geschat op 2,5 $\mu\text{Sv/h}$ en kan oplopen tot een maximum van 2,83 $\mu\text{Sv/h}$. [OD-058] § 3.2 en § 3.3.

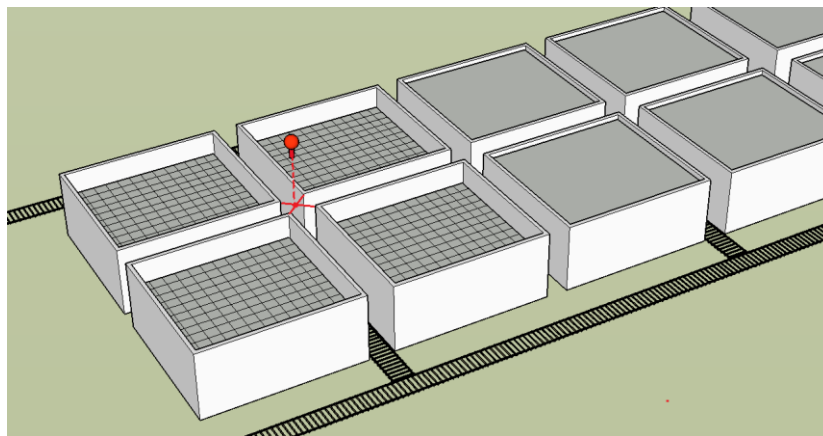


Figuur 12-25: Bepalingspunt (rood) van het dosistempo voor zone Z4

Zone Z5

Zone Z5 komt overeen met de onderhoudszone van de rolbrug en ligt in de gele zone. Tijdens het onderhoud kan er geen manipulatie van monolieten plaatsvinden, de oranje zone is dan ook niet van toepassing in dit geval. De rolbaan bestrijkt enkel de lengte van de modules in opvulling. Het onderhoud gebeurt boven de onlaadzone, waar de dosistempi de laagst mogelijke zijn.

Het referentiepunt voor de berekening van het dosistempo is de centrale positie voor de kraan boven de onlaadzone (Figuur 12-26). De bijdrage van een niet-afgeschermd monoliet wordt uitgesloten, omdat verondersteld wordt dat de kraan buiten dienst is, tijdens het onderhoud. Omdat er op dat moment ook geen monolieten geborgen kunnen worden, wordt ook de bijdrage van een monoliet in de transportcontainer buiten beschouwing gelaten. Het berekende dosistempo bedraagt $2,32 \mu\text{Sv/h}$. [OD-058] § 3.2 en § 3.3.



Figuur 12-26: Bepalingspunt (rood) voor het dosistempo voor Zone Z5

Zone Z6A, Z6B en Z6C

Zone Z6 komt overeen met de zone die de bouwvakkers zullen gebruiken wanneer ze de modules structureel sluiten, zoals aangeduid in Figuur 12-27. Tijdens de structurele sluiting zullen er geen monolieten geborgen worden; Z6 ligt derhalve in de gele zone. Er worden drie gevallen beschouwd:

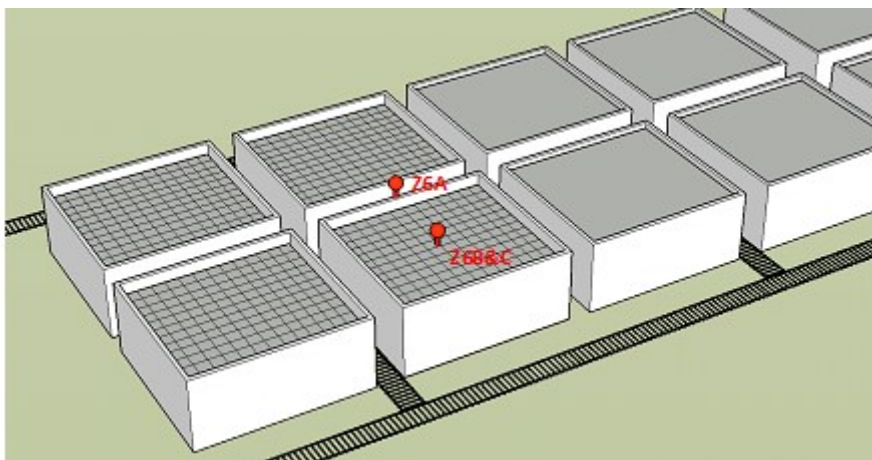
- Zone Z6A, waarbij de representatieve werker zich bovenop de modulewanden bevindt
- Zone Z6B, waarbij de representatieve werker op een afschermingsplaat staat voor het opvullen van de ruimtes tussen de monolieten

- Zone Z6C, waarbij de representatieve werker op een afschermingsplaat staat, na het opvullen van de ruimtes tussen de monolieten

Tijdens deze werkzaamheden zal er geen transport van monolieten plaatsvinden en zullen er geen monolieten geborgen worden. Het dosistempo wordt bijgevolg bepaald door de som van de dosistempo's veroorzaakt door:

- de 16 gesloten modules
- de 4 modules in uitbating, in gevulde toestand

Het dosistempo voor zone Z6A wordt geschat op 0,50 $\mu\text{Sv/h}$, voor zone Z6B is dat 2,22 $\mu\text{Sv/h}$ en voor zone Z6C is dat 1,22 $\mu\text{Sv/h}$. [OD-058] § 3.2 en § 3.3.

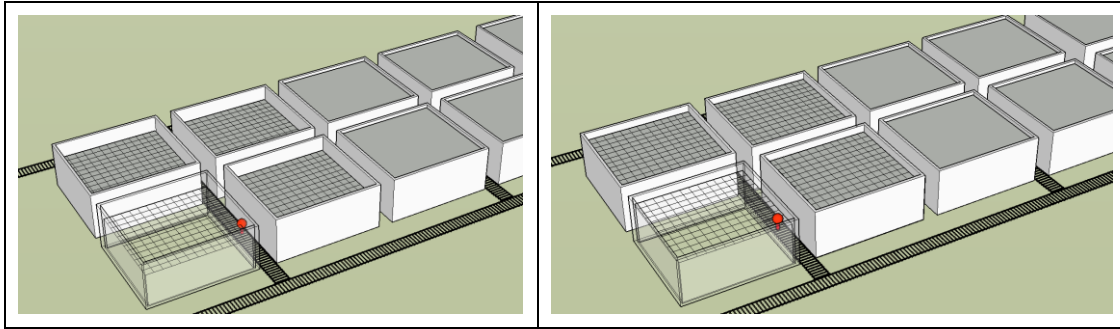


Figuur 12-27: Bepalingspunt (rood) voor het dosistempo voor Zone Z6

Zone Z7A en Z7B

Zone Z7 komt overeen met de laad- en loszones van de monoliet uit de transportcontainer en ligt in de gele zone wanneer geen manipulatie van monolieten plaatsvindt. Wanneer manipulatie van monolieten plaatsvindt ligt Z7 in de oranje zone, en is aanwezigheid van personeel niet toegelaten. De zone bevindt zich op de spoorweg tussen de modules in exploitatie, zoals aangeduid op Figuur 12-28. Twee verschillende berekeningsgevallen worden beschouwd:

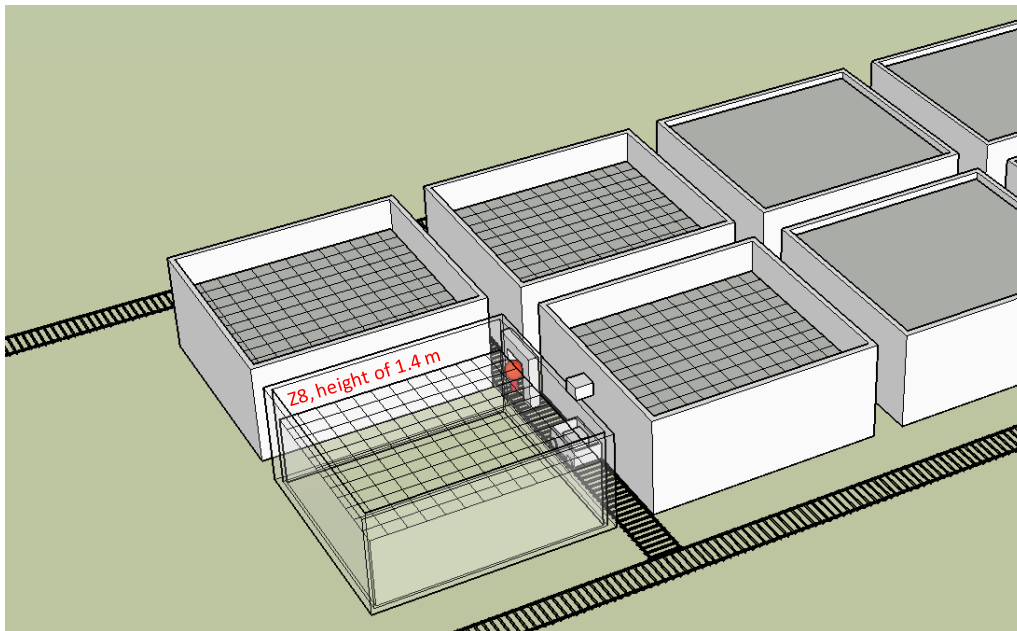
- tijdens het opvullen van 4 modules, waar taken voorzien zijn zoals het onderhoud van de spoorweg en het onderhoud van de grijper. Tijdens deze taken worden er geen monolieten getransporteerd of geborgen, er wordt dan ook alleen rekening gehouden met de dosistempi afkomstig van de 4 modules in uitbating tijdens de opvulling en de gesloten modules. (Zone Z7A). Het totale dosistempo voor de zone Z7A wordt geschat op 0,13 $\mu\text{Sv/h}$ [OD-058] § 3.2 en § 3.3.
- als er geen exploitatieactiviteiten van de modules plaatsvinden. In dat geval wordt er enkel rekening gehouden met de dosistempi van de 4 modules in uitbating in gevulde toestand en van de gesloten modules, (Zone Z7B). Het totale dosistempo voor de zone Z7B wordt geschat op 0,02 $\mu\text{Sv/h}$. [OD-058] § 3.2 en § 3.3.



Figuur 12-28: Bepalingspunt (rood) voor het dosistempo voor Zone Z7A/Z7B

Zone Z8

Zone Z8 komt overeen met de inspectiegalerij dewelke deel uitmaakt van de gele zone, waar een werker aanwezig kan zijn voor de manipulatie van de inspectierobot ([HS-16], § 16.5.2). De positie van de representatieve werker staat aangeduid in Figuur 12-29. Voor de bepaling van het dosistempo wordt rekening gehouden met de dosistempi van de modules in exploitatie in gevulde toestand, de gesloten modules, een monoliet in een transportcontainer en een monoliet die wordt geladen door de rolbrug. Het totale dosistempo voor de zone Z8 wordt geschat op $0,013 \mu\text{Sv/h}$ en kan oplopen tot maximum $1,04 \mu\text{Sv/h}$. [OD-058] § 3.2 en § 3.3.

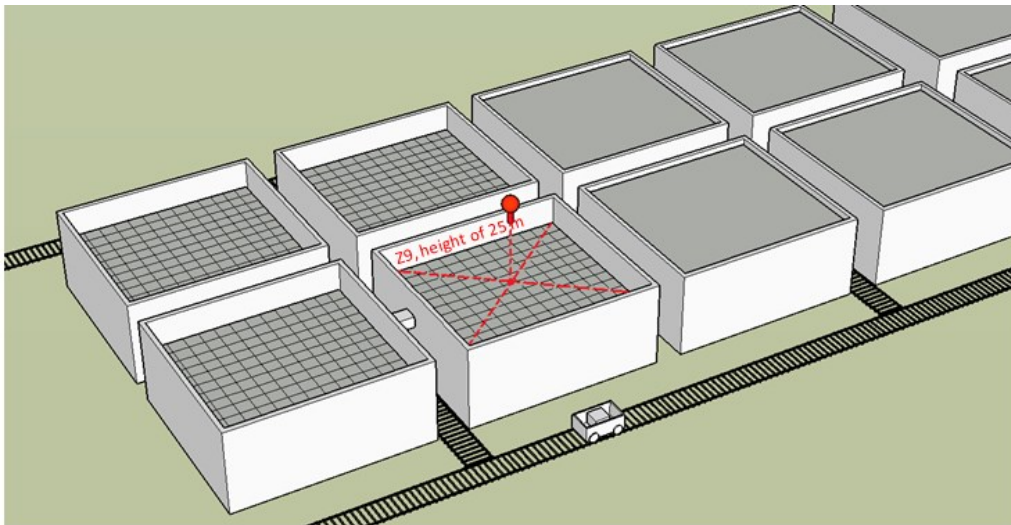


Figuur 12-29: Bepalingspunt (rood) voor het dosistempo van zone Z8

Zone Z9

Zone Z9 komt overeen met de stalen dakstructuur, dewelke deel uitmaakt van de gele zone en is voorzien voor onderhoud en inspectie van het dak. De hoogte van het dak bevindt zich op 24,65 m. In het slechtste geval zal de representatieve persoon zich bevinden op het dak boven één van de modules in exploitatie, zoals aangeduid op Figuur 12-30. Bij de bepaling van het dosistempo wordt rekening gehouden met de dosistempi van de modules in exploitatie tijdens de opvulling, de gesloten modules, een monoliet in een transportcontainer en een monoliet die wordt geladen door de rolbrug. (Zie Figuur 12-30). Het totale

dosistempo voor de zone Z9 wordt geschat op 8,79 $\mu\text{Sv/h}$ en kan oplopen tot maximaal 22,36 $\mu\text{Sv/h}$. [OD-058] § 3.2 en § 3.2.



Figuur 12-30: Bepalingspunt (rood) voor het dosistempo voor Zone Z9

12.7.1.4 Ontvangen dosis per taak

De werkzaamheden worden opgedeeld in twee klassen: werkzaamheden die worden uitgevoerd tijdens normale exploitatie (~ opvullen van de modules) en werkzaamheden die worden uitgevoerd tijdens het structureel sluiten van de modules. Andere werkzaamheden na het sluiten van de modules werden niet in rekening gebracht omdat de afscherming van de kunstmatige barrières zodanig is dat het residuele dosistempo verwaarloosbaar is (lager dan 0,3 $\mu\text{Sv/h}$).

Werkzaamheden uitgevoerd tijdens normale exploitatie

De volgende taken werden beschouwd:

- het aflezen van piëzometers [HS-16] § 16.4.11;
- topografische metingen;
- begrinden van de spoorlijnen;
- inspectie van de galerij en de inspectieruimte;
- inspectie van de stalen structuur;
- normale inspectie van de spoorlijnen:
- uitvoerige inspectie van de spoorlijnen;
- hekwerk, poorten, CCTV inspectie;
- werkzaamheden aan de rolbrug:
- onderhoud van de rolbrug;
- uitlijnen van de rolbrug;
- onderhoud aan de grijper;

- toezicht op de site;
- uitlezen van de dosimeters;
- groenonderhoud;
- onderhoud aan de dakstructuur;
- manipulatie van inspectierobot;
- inspectie van de getuigenstructuren.

Werkzaamheden uitgevoerd tijdens het sluiten van de modules

De volgende taken werden beschouwd:

- plaatsen van de veiligheidsbarrière om het valgevaar te beperken;
- opvullen met grind;
- plaatsen van kunststoffolie;
- het storten van mager beton;
- het plaatsen van wapening;
- het storten van de structurele topplaat;
- overbrengen van de rolbrug;
- verplaatsen van de elektriciteitskasten;
- het opvullen van eventuele scheuren in de zand-cement ophoging.

Samenvatting van de bevindingen

Tabel 12-3 en Tabel 12-4 geven een beschrijving van elke taak met een schatting van het aantal uren per categorie werknemer en per zone.

Op basis van de verdeling van het aantal benodigde uren per taak en van de dosistampi in de verschillende zones, kan de totale dosis per werknemer berekend worden voor elke taak. De dagelijkse dosis per werknemer wordt eveneens berekend. De geschatte maximale individuele dagdosis bedraagt 20 μSv tijdens exploitatie en 18 μSv tijdens het afdichten van de modules (eens om de 4 jaar).

Het aantal werknemers dat vereist is voor elke taak is gekend. Hieruit wordt de collectieve dosis voor elke taak berekend. De frequentie op jaarbasis voor elke taak is gekend, waaruit een gemiddelde collectieve dosis per taak per jaar wordt berekend.

Tabel 12-3: Samenvatting van de doses voor taken die minstens één keer per jaar worden uitgevoerd, rekening houdende met een schatting van het aantal arbeidsuren

	Totale dosis-tempo [µSv/h]	aflezen van piezometers			topografische metingen			begrinden van de spoorlijnen		galerij en de inspectieruimte		inspectie van de stalen structuur		normale inspectie van de spoorlijnen		uitvoerige inspectie van de spoorlijnen		hekwerk, poorten, CCTV inspectie	onderhoud van de rolbrug		uitlijnen van de rolbrug		onderhoud aan de grijper		toezicht op de site		uitlezen van de dosimeters		groenonderhoud		onderhoud aan de dakstructuur		manipulatie van inspectierobot	inspectie van de getuigenstructuren
		Worker	Worker	RP agent	Worker	Worker	Worker	RP agent	Worker	RP agent	Worker	RP agent	Worker	RP agent	Worker	RP agent	Worker	RP agent	Worker	RP agent	Worker	RP agent	Worker	RP agent	Worker	RP agent	Worker	RP agent	Worker	RP agent	Worker	Worker		
Frequentie (aantal taken per jaar)		12	12			1	52		2		52		1		12		1		2		1		365	52		26		1		220	52			
Z0A	0,154	4,0																					1,0	1,0	7,0									
Z0B	0,016																																	
Z1A	0,679		5,5		16,0						2,0		7,0		2,0								1,0	1,0	8,0									
Z1B	0,015																																	
Z2A	0,118						16,0																					18,0						
Z2B	0,003																																	
Z3	0,453					4,0	1,0																				7,2	0,5						
Z4	2,495	2,0	0,5		4,0	1,0										16,0	1,0									7,2	0,5							
Z5	2,319													80,0	5,0																			
Z6A	0,502																																	
Z6B	2,221																																	
Z6C	1,221																																	
Z7A	0,130	0,5	0,5						0,3	0,5	1,0	0,5									40,0	2,5		1,0	0,5						4,0			
Z7B	0,016																																	
Z8	0,013				2,0																									1,0				
Z9	8,793																										3,6							
Aantal werknemers		1	1	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1			
Aantal uren per werknemer		4,0	8,0	1,0	16,0	2,0	24,0	2,0	2,3	0,5	8,0	0,5	4,0	80,0	5,0	16,0	1,0	40,0	2,5	2,0	2,0	16,0	0,5	36,0	1,0	1,0	1,0	4,0						
Dosis per werknemer [µSv]		0,6	8,8	1,3	10,9	0,0	13,7	2,9	1,4	0,1	4,9	0,1	1,7	185,5	11,6	39,9	2,5	5,2	0,3	0,8	0,8	6,6	0,1	55,0	1,5	0,0	0,5							
Dosis per werknemer en per dag [µSv]		0,6	8,8	1,3	5,4	0,0	4,6	1,5	1,4	0,1	4,9	0,1	1,7	18,6	1,2	20,0	1,2	1,0	0,1	0,8	0,8	3,3	0,1	12,2	1,5	0,0	0,5							
Jaarlijkse dosis per werknemer [µSv]		7,4	105,5	15,8	10,9	1,4	27,4	5,9	72,3	3,4	4,9	0,1	20,0	185,5	11,6	79,9	5,0	5,2	0,3	303,9	43,3	172,6	1,7	55,0	1,5	2,9	27,1							
Collectieve dosis per taak [man.µSv]		0,6	10,1		32,6	0,0	30,3		1,5		5,0		1,7	382,6		82,3		10,8		1,7	0,8	13,3		55,0		0,0	0,5							
Jaarlijkse collectieve dosis [man.µSv]		7,4	121,2		32,6	1,4	60,6		75,7		5,0		20,0	382,6		164,7		10,8		607,8	43,3	346,8		55,0		5,7	27,1							

Hoofdstuk 12: Stralingsbescherming

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval te Dessel

Tabel 12-4: Samenvatting van de doses voor taken die minder dan één keer per jaar worden uitgevoerd, rekening houdende met een schatting van het aantal arbeidsuren

	plaatsen van de veiligheidsbarrière om het valgevaar te beperken				opvullen met grind				plaatsen van kunststoffolie				het storten van mager beton				het plaatsen van wapening				het storten van de structurele topplaat				overbrengen van de rolbrug		verplaatsen van de elektriciteitskasten		het opvullen van eventuele scheuren in zand-cement ophoging	
	Worker	Crane Op.	Truck Driver	RP agent	Worker	Crane Op.	Truck driver	RP agent	Worker	Crane Op.	Truck driver	RP agent	Worker	Crane Op.	Truck driver	RP agent	Worker	Crane Op.	Truck driver	RP agent	Worker	Crane Op.	Truck driver	RP agent	Worker	Crane Op.	Worker Handling Machine Op.	Worker		
Frequentie (aantal taken per jaar)	0.25				0.25				0.25				0.25				0.25				0.25				0.125		0.3			
Totale dosis-tempo [μ Sv/h]																														
Z0A	0,154																													
Z0B	0,016	8,0	8,0	8,0		1,0	1,0	1,0		1,0	1,0	1,0					2,0	2,0	2,0		1,0	1,0	1,0							
Z1A	0,679																													
Z1B	0,015	8,0	8,0	56,0		1,0	1,0	320,0		1,0	1,0	31,0			8,0		2,0	2,0	158,0		1,0	1,0	31,0					16,0		
Z2A	0,118																													
Z2B	0,003																									80,0	80,0			
Z3	0,453																													
Z4	2,495																													
Z5	2,319																													
Z6A	0,502	48,0	48,0		4,0		320,0		5,5		30,0		2,0		8,0		0,5		156,0		10,0		30,0		2,0					
Z6B	2,221					320,0																								
Z6C	1,221									30,0				8,0					156,0			30,0								
Z7A	0,130																													
Z7B	0,016																										80,0	80,0		
Z8	0,013																													
Z9	8,793																													
Aantal werknemers	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	2	1	2
Aantal uren per werknemer	64,0	64,0	64,0	4,0	322,0	322,0	321,0	5,5	32,0	32,0	32,0	2,0	8,0	8,0	8,0	0,5	160,0	160,0	160,0	10,0	32,0	32,0	32,0	2,0	80,0	80,0	80,0	80,0	16,0	
Dosis per werknemer [μ Sv]	24,4	24,4	1,0	2,0	710,8	160,7	4,7	2,8	36,7	15,1	0,5	1,0	9,8	4,0	0,1	0,3	190,6	78,4	2,4	5,0	36,7	15,1	0,5	1,0	0,3	0,3	1,3	1,3	0,2	
Dosis per werknemer en per dag [μ Sv]	3,0	3,0	0,1	0,3	17,7	4,0	0,1	0,3	9,2	3,8	0,1	0,3	9,8	4,0	0,1	0,3	9,5	3,9	0,1	0,3	9,2	3,8	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	
Gemiddelde jaarlijkse dosis per werknemer [μ Sv]	6,1	6,1	0,2	0,5	177,7	40,2	1,2	0,7	9,2	3,8	0,1	0,3	2,4	1,0	0,0	0,1	47,6	19,6	0,6	1,3	9,2	3,8	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	
Collectieve dosis per taak [man. μ Sv]	76,0				879,0				126,6				14,2				657,4				53,2				1,3		3,8		0,5	
Jaarlijkse collectieve dosis [man. μ Sv]	19,0				219,8				31,6				3,5				164,4				13,3				0,3		0,5		0,1	
Totale jaarlijkse collectieve dosis [man.mSv]	2,4																													
Maximale totale jaarlijkse collectieve dosis [man.mSv]	3,8																													

12.7.1.5 Collectieve dosis voor de werknemers

De dosis die opgelopen wordt door de operators en de externe aannemers die op de site werken tijdens de exploitatie van de categorie A-afval bergingsinstallatie, werd geschat in functie van de verschillende werkzaamheden en de zones waar deze werkzaamheden worden uitgevoerd.

Op basis van de verdeling van de werkuren per taak en op conservatieve basis van de hoogste dosistempi in de verschillende zones, kan de totale dosis per werknemer berekend worden voor elke taak. Op basis van het aantal vereiste werknemers voor elke taak, wordt de collectieve dosis voor elke taak berekend.

Door deze collectieve dosis per taak in rekening te brengen met de frequentie per jaar voor iedere taak uit Tabel 12-3 en Tabel 12-4, wordt een gemiddelde jaarlijkse collectieve dosis per taak berekend. De gemiddelde jaarlijkse collectieve dosis is 2,4 man.mSv. Afhankelijk van de werkzaamheden zal de jaarlijkse collectieve dosis fluctueren. De berekende maximale jaarlijkse collectieve dosis bedraagt 3,8 man.mSv, welke berekend werd door de sommatie te maken van:

- de jaarlijkse collectieve dosis (d.w.z. de collectieve dosis per taak maal de frequentie) voor de taken die minstens eenmaal per jaar uitgevoerd worden, beschreven in Tabel 12-3 en welke gelijk is aan 2,0 man.mSv en,
- de collectieve dosis per taak voor alle taken die minder dan een keer per jaar uitgevoerd worden, beschreven in Tabel 12-4, waarbij de veronderstelling gemaakt werd dat al deze taken in één jaar uitgevoerd worden. Deze veronderstelling resulteert in een collectieve dosis van 1,8 man.mSv voor deze taken.

Later, tijdens de exploitatie van de bergingsinstallatie, worden de reële opgelopen doses van de werknemers gemeten en geregistreerd in een gegevensbank. Deze waarden worden vervolgens vergeleken met de theoretische waarden en indien mogelijk - nadat een taak verschillende keren werd uitgevoerd - worden de theoretische blootstellingswaarden aangepast.

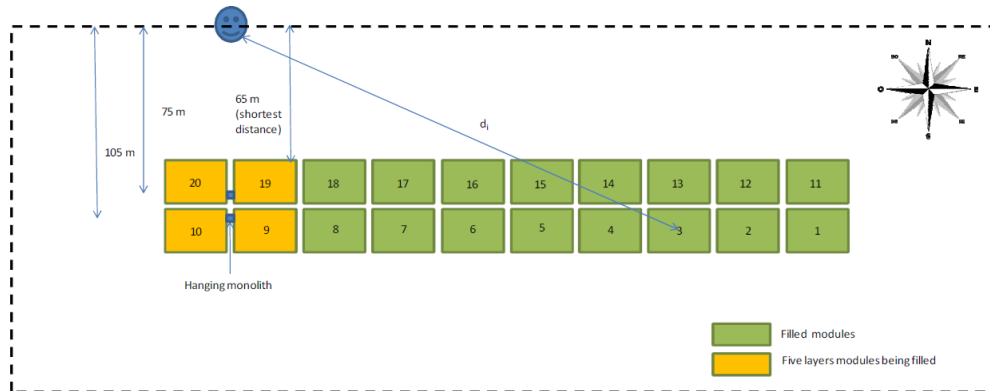
Het doorvoeren van deze aanpassing heeft twee redenen: realistischere voorspellingen voor de blootstellingsdoses en de stralingsblootstellingen te verminderen (ALARA).

12.7.1.6 Dosis voor de leden van het publiek

Om aan de dosisbeperking van 0,1 mSv/a te kunnen voldoen, wordt een extra opvulregel ingevoerd, namelijk dat de som van de dosistempi op contact met de monolieten uit één laag binnen de module beperkt is tot 174 mSv/h. Er werd een zeer conservatieve benadering gevolgd om de maximale blootstelling aan straling van het publiek te berekenen [OD-093]. Verondersteld werd dat een persoon gedurende 2 000 uren per jaar verblijft aan het hek op 65 m afstand van de modules, het dichtste bij de laatste 4 modules in uitbating, zoals weergegeven in Figuur 12-31. Er werd rekening gehouden met de bijdrage van:

- 16 gevulde en afgedichte modules,
- 4 open modules in exploitatie, gevuld met slechts 5 lagen van monolieten (zie § 12.7.1.2),
- een monoliet die wordt geladen door de rolbrug ter hoogte van de verst gelegen modules in opvulling,
- een monoliet die wordt geladen door de rolbrug ter hoogte van de dichtstbijzijnde modules in opvulling.

Door rekening te houden met de afstand tussen de modules en de representatieve persoon en de monolieten die worden geladen door de rolbrug en de representatieve persoon wordt voor deze persoon een jaarlijkse blootstelling bekomen van $92,7 \mu\text{Sv} \pm 2,4\%$, wat betekent dat de maximale dosisbeperking voor de bevolking van $0,1 \text{ mSv/a}$ niet overschreden wordt.



Figuur 12-31: Positie van een representatieve persoon van de bevolking ten opzichte van 20 modules van de oppervlaktebergingsinrichting en –site.

Daarnaast werd eveneens een inschatting gemaakt van de opgelopen dosis voor de omwonende leden van de bevolking [OD-256]. Hiervoor werden 8 publiekszones afgebakend, waarvan 7 residentiële gebieden. Voor de jaarlijkse stralingsbelasting werd conservatief uitgegaan van een blootstelling van 8 760 uren. In de residentiële gebieden zou de jaarlijkse stralingsbelasting door de aanwezigheid van de site voor de bevolking $< 10 \mu\text{Sv}$ bedragen.

12.7.2 Dosisinschatting bij abnormale uitbatingsomstandigheden

12.7.2.1 Doses voor werknemers

Een gedetailleerde lijst van gebeurtenissen van externe en interne oorsprong en hun mogelijke radiologische gevolgen worden voorgesteld in Hoofdstuk 13 [HS-13]. Indien in dergelijk geval de ontwerpmaatregelen op doeltreffende wijze worden toegepast, kan men te allen tijde de radiologische gevolgen voor de werknemers binnen aanvaardbare grenzen houden waarbij de blootstelling steeds kleiner is dan 1 mSv , wat lager is dan de dosislimieten per 12 opeenvolgende glijdende maanden voor beroepshalve blootgestelde personen, zoals opgelegd door artikel 20.1.3 van het ARBIS,

Indien abnormale uitbatingsomstandigheden een interventie vereisen, worden deze interventies uitgevoerd in overeenstemming met artikel 20.2.2 van het ARBIS: indien de interventie gejustificeerd is en geoptimaliseerd.

12.7.2.2 Dosis voor de leden van het publiek

Uit de lijst met gebeurtenissen van interne en externe oorsprong kwamen geen gebeurtenissen naar voren, die aanleiding konden geven tot onaanvaardbare doses voor leden van het publiek [HS-13].

NIRAS heeft een nucleair noodplan voor het beheersen van noodsituaties. Het nucleaire noodplan reikt (naast andere) maatregelen aan om de doses waaraan leden van het publiek worden blootgesteld, te beperken.

12.8 Referenties

12.8.1 Referenties

- [R12-1] Koninkrijk België, Koninklijk besluit van 20 juli 2001 omvat de algemene regels voor de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen, Belgisch Staatsblad, 30 augustus 2001
- [R12-2] FANC nota, Veiligheidsvoorschriften voor de inrichtingen voor eindberging van radioactief afval, 2012-12-12-LB-4-4-01-NL, januari 2013
- [R12-3] Koninkrijk België, Koninklijk Besluit van 30 november 2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties, Belgisch Staatsblad, 21 december 2011
- [R12-4] Besluit van het Agentschap van 1 juli 2008 tot vaststelling van de criteria en de modaliteiten voor de erkenning van de dosimetrische diensten voor het uitvoeren van de externe dosimetrie, 1 juli 2008

12.8.2 Ondersteunende documenten

- [OD-033] ONDRAF/NIRAS, Selection and qualification of computer codes for radiation shielding calculations, NIROND-TR 2009-09 E V1 (15/02/2010)
- [OD-058] VNS, ALARA-study: Dose assessment during the operational phase of the Category A waste repository at Dessel, NIROND-TR 2016-11 V2 (04/10/2016)
- [OD-093] VNS, Assessment of dose due to direct radiation and skyshine during the operational phase of the category a waste repository at dessel, NIROND-TR 2016-12 E V2 (04/10/2016)
- [OD-094] ONDRAF/NIRAS, Shielding of monolith transport container, 2009-1013 V0 (15/05/2009)
- [OD-165] ONDRAF/NIRAS, Detail Design layout, NIROND-TR 2011-60E V2 (09/2018)
- [OD-170] ONDRAF/NIRAS, Qualification, verification and validation of the Shielding model of the monoliths in MCNP(X), NIROND-TR 2011-29 E V1 (07/12/2010)
- [OD-218] ONDRAF/NIRAS, Assessment of radon release from concrete components in the Dessel low-level waste near surface disposal facility, NIROND-TR 2011-52 E V1 (30/11/2011)
- [OD-256] ONDRAF/NIRAS, Dose assessment to the public during the operational phase of the Category A waste repository at Dessel, NIROND-TR 2016-09 E (04/10/2016).
- [OD-271] ONDRAF/NIRAS, Risico-analyse NIRAS-site Dessel, NIROND-TR 2015-03 N V2, (02/2018)

Bijlage 12-1: Lijst van gebruikt afkortingen

ACL	Administrative Control Levels (administratieve controleniveau's)
ALARA	As Low As Reasonably Achievable (= zo laag als redelijkerwijze bereikbaar), rekening houdend met sociale en economische factoren
ARBIS	Algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen (K.B. van 20 juli 2001)
CCTV	Closed-circuit television, systeem gebruikt voor camerabewaking
DFC	Dienst voor Fysische Controle
IPM	Installatie voor de Productie van Monolieten
KPI	Key Performance Indicator
PMA	Prevent, Monitor, Act
PORC	Plant Operational Review Committee
RP agent	Radio Protection agent, stralingsbeschermingsagent
SAC	Safety Assessment Committee
SSC	Structuren, systemen en componenten
TAW	Tweede Algemene Waterpassing (Belgische hoogterefereëntievlak)
WCB	Water Collecting Building

Bijlage 12-2: Verklarende woordenlijst

Module	Elementair onderdeel van een inrichting voor eindberging van radioactief afval waarin een beperkte hoeveelheid radioactief afval geborgen wordt en dat onafhankelijk van andere eenheden kan afgedicht worden
Monoliet	Bergingscollo dat geborgen zal worden en dat ofwel radioactief afval, ofwel colli met radioactief afval bevat, die beide geïmmobiliseerd worden met mortel. Het voldoet aan de conformiteitscriteria voor bergingscolli uit hoofdstuk 15 van het veiligheidsrapport.
Tumulus	Bergingsinstallatie na sluiting

NIRAS

**Nationale instelling voor radioactief afval
en verrijkte splijtstoffen**

Kunstlaan 14

BE-1210 Brussel

Tel. + 32 2 212 10 11

Fax +32 2 218 51 65

www.nirond.be