

Veiligheidsevaluatie – operationele veiligheid



Hoofdstuk 13

Veiligheidsevaluatie

Operationele veiligheid


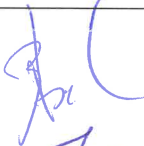



Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel

Hoofdstuk 13: Veiligheidsevaluatie - Operationele veiligheid
Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel

De oorspronkelijke versie van dit hoofdstuk werd geschreven door O. Goossens (NIRAS), de huidige versie is herwerkt door V. Cauwels (NIRAS)

Het werd nagekeken door W. Bastiaens (NIRAS), A. de Lhonneux (VNS), W. Cool (NIRAS), M. Sonck (Vincotte Controlatom), 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 |
| <i>Geschreven door:</i> VANESSA CAUWELS | 30-01-2019 |  |
| <i>Nagekeken door:</i> BART VAN ASSCHE EEF WEETJENS | 30/01/2019 30/01/2019 |   |
| <i>Goedgekeurd door:</i> 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 aangehaald mits de bron vermeld wordt. Het wordt beschikbaar gesteld op voorwaarde dat het niet gebruikt wordt voor commerciële doeleinden. Voor commercieel gebruik ervan, waaronder tevens het vervaardigen van kopieën of heruitgave, is de voorafgaande schriftelijke toestemming van NIRAS vereist.

| Documentgegevens | | | |
|---|---|-------------------|------------------------|
| Hoofdstuk 13 Veiligheidsevaluatie Operationele veiligheid Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel | | | |
| Nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen NIRAS Kunstlaan 14 1210 Brussel | | | |
| Serie | Categorie A | Document type | NIROND-TR |
| Status | Open | Publicatie datum | 30 januari 2019 |
| NIRAS rapport nummer | NIROND-TR 2011-13 | Herzieningsnummer | Versie 2 |
| Sleutelwoorden | Categorie A, oppervlakteberging, veiligheid, vergunningsaanvraag | | |

| Tabel met wijzigingen | | | |
|------------------------------|------------|---|--|
| Versie | | Commentaren en overzicht van wijzigingen ten opzichte van vorige versie | |
| Nummer | Datum | | |
| 1 | 30/09/2012 | Versie ingediend bij het FANC samen met de vergunningsaanvraag tot oprichting en exploitatie (A1) van de oppervlaktebergingsinrichting voor categorie A-afval in Dessel | |
| 2 | 30/01/2019 | Herziene versie rekening houdend met de vragen van het FANC en Bel V op versie 1. | |
| | | Vraag nr. | Titel |
| | | Nodige aanpassingen aan veiligheidsrapport | Aangepaste § in HS13 |
| | | Fiche 6 | Risicoanalyse |
| | | De verplicht op te volgen aanbevelingen van de verschillende analyses (twee HAZIDS en SWIFT-analyse) moeten opgenomen worden in de tekst. | § Bijlage 13-1: |
| | | Frequentie van herevaluatie van de risicoanalyse opnemen in het hoofdstuk | § 13.7 |
| | | Fiche 8 | Weerhouden gebeurtenissen |
| | | Weerhouden gebeurtenissen met een externe oorsprong in beschouwing bij het ontwerp van de bergingsinstallatie aanpassen. | § 13.2.2 en § 13.5 |
| | | HS13-001 | Latere fasen in de operationele veiligheidsevaluatie |
| | | Voor elk van de gebeurtenissen moet het hoofdstuk aangevuld worden met een beschrijving van de operationele veiligheid voor de fasen Ib en II. | § 13.4 en § 13.5 |
| | | Toevoegen van gebeurtenissen met een externe oorsprong | § 13.2.2 en § 13.5 |
| | | HS13-002 | Verder uit te voeren stappen in |
| | | De gevolgde methodologie van de uitgevoerde risicoanalyses | § 13.2.2 |

Hoofdstuk 13: Veiligheidsevaluatie - Operationele veiligheid

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel

| | | | | |
|----------------|---|---|--|----------------------------|
| | | het kader van de risicoanalyse | moeten op een zelfdragende wijze in [HS-13] worden uitgewerkt. | |
| HS13-003 | Algemene inhoud van het hoofdstuk 13 | Gebeurtenis 'Inbreuk op beveiliging door wegvallen van elektriciteit' weggelaten omdat het aspect beveiliging niet aan bod komt in het veiligheidsrapport | § 13.4 | |
| | | Toevoegen van de kwantitatieve inschatting van de radiologische impact voor interne gebeurtenissen | § 13.4 | |
| | | Toevoegen van gebeurtenis "de aanwezigheid van een obstakel voor het plaatsen van een monoliet" | Tabel 13-1 | § 13.4.13 |
| HS13-004 | Link met het veiligheidsconcept | Link maken met het veiligheidsconcept en de veiligheidsfuncties die besproken worden in [HS-02] van het veiligheidsdossier | § 13.2.2 | Figuur 13-2 |
| HS13-OD061-001 | Risico ranking + concrete acties | Duidelijker onderscheid tussen de verschillende risicograden en de te nemen acties | § 13.2.2 | Figuur 13-2 Figuur 13-3 |
| HS13-OD061-002 | Tijdsduur van de uitgevoerde risicoanalyse | Aantonen dat de toepasselijkheid van de eerder uitgevoerde HAZID studies bevestigd is in het kader van de wijzigende regelgeving en ontwerpcriteria | § 13.2.2 | |
| HS13-OD061-003 | Frequentie van de herevaluatie van de risicoanalyse | Verduidelijken van de frequentie van de herevaluatie van de risicoanalyse | § 13.7 | |
| ST-003 | Ondersteunende documenten met invloed op de | Toevoeging ondersteunende documenten met een onmiddellijke impact op de ontwerpbasis van de | § 13.8.1 en § 13.8.2 | |

Hoofdstuk 13: Veiligheidsevaluatie - Operationele veiligheid

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel

| | | | | |
|--|--|---------------------------------|--|---------------------------------|
| | | ontwerpbasis | oppervlaktebergingsinrichting als referentie | |
| | HS08-022 | Mechanische impact F-16 | De evaluatie van de vliegtuigimpact dient rekening te houden met een wijziging van het aantal beschadigde monolieten in de herziene studie. | § 13.5.3.1 |
| | HS14-097 | Degradaties tijdens fase III | Beschrijven van de impact van de gebeurtenissen tijdens fase III | § 13.5.3.1 |
| | Overige aanpassingen: | | | |
| | Nodige aanpassingen aan veiligheidsrapport | | | Aangepaste § in HS13 |
| | OD-060 vormt niet langer een ondersteunend document van dit hoofdstuk. | | | § 13.5.3 |
| | OD-046 vormt niet langer een ondersteunend document van dit hoofdstuk. Voor het risico op aardbevingen in de omgeving van de site wordt verwezen naar HS04 van het veiligheidsrapport. | | | § 13.5.4 |
| | OD-061 is vervangen door OD-271. | | | Overall in het hoofdstuk |
| | Informatie over de sneeuwbelasting is weggelaten omdat de informatie in Hoofdstuk 8 is opgenomen. | | | § 13.5.5.3 |

Inhoudsopgave

| | | |
|-----------|--|-------------|
| 13 | Veiligheidsevaluatie – Operationele veiligheid | 13-1 |
| 13.1 | Inleiding en doelstellingen | 13-1 |
| 13.2 | Gebeurtenissen | 13-3 |
| 13.2.1 | Bedrijfs- en ongevalsomstandigheden | 13-3 |
| 13.2.2 | Identificatie van de gebeurtenissen | 13-3 |
| 13.2.2.1 | Methodologie | 13-3 |
| 13.2.2.2 | Gebeurtenissen van interne oorsprong | 13-8 |
| 13.2.2.3 | Gebeurtenissen van externe oorsprong | 13-8 |
| 13.2.2.4 | Evaluatie van de gebeurtenissen en aanvaardbaarheid van het risico | 13-9 |
| 13.3 | Analyse onder normale uitbating | 13-10 |
| 13.4 | Analyse van gebeurtenissen van interne oorsprong | 13-11 |
| 13.4.1 | Verlies van monitoringfuncties door wegvallen van elektriciteit | 13-11 |
| 13.4.1.1 | Beschrijving | 13-11 |
| 13.4.1.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-11 |
| 13.4.1.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-11 |
| 13.4.2 | Defect van een buffertank of van het drainagesysteem | 13-12 |
| 13.4.2.1 | Beschrijving | 13-12 |
| 13.4.2.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-12 |
| 13.4.2.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-12 |
| 13.4.3 | Aanwezigheid van waterstof uit batterijen in trolley | 13-12 |
| 13.4.3.1 | Beschrijving | 13-12 |
| 13.4.3.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-13 |
| 13.4.3.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-13 |
| 13.4.4 | Vrijgave van waterstof en zuur door batterijen in werkplaatsen of administratieve gebouwen | 13-13 |
| 13.4.4.1 | Beschrijving | 13-13 |
| 13.4.4.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-13 |
| 13.4.4.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-13 |
| 13.4.5 | Interne brand veroorzaakt door een voertuig | 13-13 |
| 13.4.5.1 | Beschrijving | 13-13 |
| 13.4.5.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-14 |
| 13.4.5.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-14 |
| 13.4.6 | Storing aan de I&C-apparatuur | 13-14 |
| 13.4.6.1 | Beschrijving | 13-14 |

Hoofdstuk 13: Veiligheidsevaluatie - Operationele veiligheid

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel

| | | | |
|-------------|---|-------|--------------|
| 13.4.6.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-14 | |
| 13.4.6.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-14 | |
| 13.4.7 | Wegvallen van alarmsignalen | | 13-15 |
| 13.4.7.1 | Beschrijving | 13-15 | |
| 13.4.7.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-15 | |
| 13.4.7.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-15 | |
| 13.4.8 | Defecte rolbrug tijdens het verplaatsen van een monoliet | | 13-15 |
| 13.4.9 | Waterlek uit drainagesysteem van de decontaminatiedouche | | 13-15 |
| 13.4.9.1 | Beschrijving | 13-15 | |
| 13.4.9.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-15 | |
| 13.4.9.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-16 | |
| 13.4.10 | Elektromagnetische interferentie op de rolbrug, op de trolley en op het I&C-netwerk | 13-16 | |
| 13.4.10.1 | Beschrijving | 13-16 | |
| 13.4.10.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-16 | |
| 13.4.10.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-16 | |
| 13.4.11 | Differentiële zettingen en verzakkingen | | 13-16 |
| 13.4.11.1 | Beschrijving | 13-16 | |
| 13.4.11.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-17 | |
| 13.4.11.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-17 | |
| 13.4.12 | Kantelen van een monoliet | | 13-17 |
| 13.4.12.1 | Beschrijving | 13-17 | |
| 13.4.12.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-17 | |
| 13.4.12.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-18 | |
| 13.4.13 | Aanwezigheid van een obstakel (beton, hamer, vogel...) voor het plaatsen van een monoliet | | 13-18 |
| 13.4.13.1 | Beschrijving | 13-18 | |
| 13.4.13.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-18 | |
| 13.4.13.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-18 | |
| 13.5 | Analyse van gebeurtenissen van externe oorsprong | | 13-19 |
| 13.5.1 | Dijkbreuk | | 13-19 |
| 13.5.1.1 | Beschrijving | 13-19 | |
| 13.5.1.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-19 | |
| 13.5.1.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-19 | |
| 13.5.2 | Bosbrand | | 13-19 |
| 13.5.2.1 | Beschrijving | 13-19 | |
| 13.5.2.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-19 | |

Hoofdstuk 13: Veiligheidsevaluatie - Operationele veiligheid

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel

| | | | |
|-----------|---|-------|-------|
| 13.5.2.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-19 | |
| 13.5.3 | Vliegtuigimpact | | 13-20 |
| 13.5.3.1 | Beschrijving | 13-20 | |
| 13.5.3.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-21 | |
| 13.5.3.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-21 | |
| 13.5.4 | Aardbeving | | 13-21 |
| 13.5.4.1 | Beschrijving | 13-21 | |
| 13.5.4.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-22 | |
| 13.5.4.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-22 | |
| 13.5.5 | Extreme klimaatcondities | | 13-23 |
| 13.5.5.1 | Extreme temperaturen: invloed van temperatuur op stalen dak en betonnen structuren (thermische uitzetting, spanning) tijdens de exploitatiefase | 13-23 | |
| 13.5.5.2 | Hevige winden / tornado's | 13-23 | |
| 13.5.5.3 | Sneeuw | 13-25 | |
| 13.5.6 | Extreme vochtigheid, met inbegrip van mist, vorst en verdamping | | 13-25 |
| 13.5.6.1 | Beschrijving | 13-25 | |
| 13.5.6.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-25 | |
| 13.5.6.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-26 | |
| 13.5.7 | Rechtstreekse zonnestraling | | 13-26 |
| 13.5.7.1 | Beschrijving | 13-26 | |
| 13.5.7.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-26 | |
| 13.5.7.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-26 | |
| 13.5.8 | Bliksem | 13-26 | |
| 13.5.8.1 | Beschrijving | 13-26 | |
| 13.5.8.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-26 | |
| 13.5.8.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-26 | |
| 13.5.9 | Storing van I&C ten gevolge van natuurlijke elektromagnetische interferentie en van interferentie door menselijke activiteiten buiten de site | | 13-27 |
| 13.5.10 | Geotechnische gebeurtenissen | | 13-27 |
| 13.5.10.1 | Beschrijving | 13-27 | |
| 13.5.10.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-27 | |
| 13.5.10.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-27 | |
| 13.5.11 | Impact van land- en waterplanten en –dieren (ecologische successie, vegetatie, knaagdieren, vogels en andere dieren in het wild) | | 13-27 |
| 13.5.11.1 | Beschrijving | 13-27 | |
| 13.5.11.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-27 | |
| 13.5.11.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-27 | |

Hoofdstuk 13: Veiligheidsevaluatie - Operationele veiligheid

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel

| | | | |
|-------------|--|-------|--------------|
| 13.5.12 | Stroomonderbrekingen | | 13-28 |
| 13.5.12.1 | Beschrijving | 13-28 | |
| 13.5.12.2 | Ontwerpmaatregelen | 13-28 | |
| 13.5.12.3 | Evaluatie van de gevolgen | 13-28 | |
| 13.5.13 | Neerslag, waaronder regen, hagel, sneeuw en ijs (met inbegrip van sneeuwlagen en ijslagen) | | 13-29 |
| 13.5.13.1 | Regen: modules die vollopen | 13-29 | |
| 13.5.13.2 | Neerslag: beschadiging van de stalen dakstructuur | 13-29 | |
| 13.5.13.3 | Neerslag: kortsluiting in de trolley en/of het laadstation van de trolley | 13-30 | |
| | 30 | | |
| 13.5.13.4 | Ijs: trolley ontspoort | 13-30 | |
| 13.6 | Aanbevelingen | | 13-31 |
| 13.7 | Conclusie | | 13-31 |
| 13.8 | Referenties hoofdstuk 13 | | 13-32 |
| 13.8.1 | Lijst van referenties | | 13-32 |
| 13.8.2 | Lijst van ondersteunende documenten | | 13-32 |
| | Bijlage 13-1: Lijst van aanbevelingen | | 13-34 |
| | Bijlage 13-2: Lijst van gebruikte afkortingen | | 13-35 |

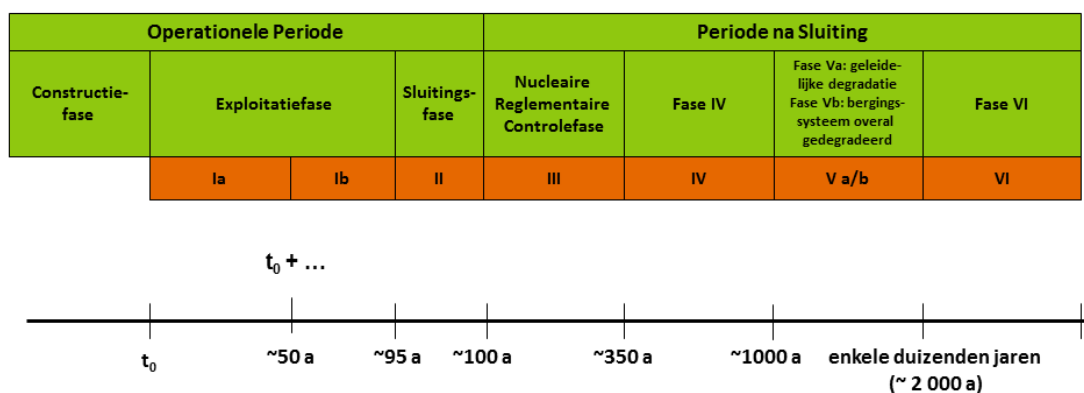
13 Veiligheidsevaluatie – Operationele veiligheid

13.1 Inleiding en doelstellingen

Dit hoofdstuk handelt over de radiologische operationele veiligheid van de bergingsinstallatie van categorie A-afval te Dessel. Het hoofdstuk bespreekt de afwijkende bedrijfsomstandigheden (interne en externe gebeurtenissen), die zouden kunnen optreden tijdens de fasen Ia, Ib, II en III (zie Figuur 13-1) en bespreekt de radiologische impact ervan.

- Tijdens de exploitatiefase Ia wordt er radioactief afval in de bergingsinstallaties geplaatst en wordt het drainagesysteem onderaan de modules en de inspectieruimtes gemonitord.
- Tijdens de exploitatiefase Ib wordt het stalen dak verwijderd, wordt de afdekking aangelegd en wordt het drainagesysteem onderaan de modules en de inspectieruimtes verder gemonitord.
- Tijdens de sluitingsfase II, worden de drainagesystemen ontmanteld en de overblijvende lege ruimtes in de inspectieruimtes en -galerijen opgevuld, om de berging in haar definitieve configuratie te brengen.
- Tijdens de nucleaire reglementaire controlefase III worden de monitoring, bewaking, onderhoud en toegangscontrole van de inrichting en de installaties verdergezet.

Vanaf fase Ib is er aldus geen transport meer van monolieten op de site.



Figuur 13-1: Overzicht van fasen en tijdsschalen voor de oppervlakteberging

De reglementering staat beschreven in §2.3.2 van hoofdstuk 2 [HS-02] en de aanbevelingen in §2.3.3 van hetzelfde hoofdstuk. De normale bedrijfsmatige uitbating wordt besproken in hoofdstuk 9 [HS-09]. De stralingsbescherming tijdens deze normale uitbating wordt besproken in hoofdstuk 12 [HS-12], waar schattingen gemaakt zijn van doses waaraan werknemers en bevolking worden blootgesteld ([HS-12] § 12.7). De schattingen tonen aan dat de blootstellingen ruim onder de van toepassing zijnde radiologische limieten liggen [R13-10].

Veilige bedrijfsomstandigheden tijdens de normale uitbating worden gerealiseerd dankzij een geoptimaliseerd ontwerp op basis van ontwerpinputs en ontwerpvereisten, besproken in hoofdstuk 2 ([HS-02] § 2.7.7) en de vertaalslag naar het ontwerp voor de monolieten en de caissons (hoofdstuk 7

Hoofdstuk 13: Veiligheidsevaluatie - Operationele veiligheid

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel

([HS-07]) en de berging (hoofdstuk 8 [HS-08]). Een overzicht van de systemen, structuren en componenten (SSC's) van het bergingssysteem die de veiligheid verzekeren tijdens de operationele periode wordt gegeven in het veiligheidsconcept, dat in detail besproken wordt in [HS02] § 2.8.6.

Verder zijn voor de totstandkoming van dit hoofdstuk de volgende ondersteunende documenten gebruikt:

- OD-084 betreffende inschatting van het overstromingsrisico ter hoogte van de noordelijke nucleaire site te Dessel-Mol;
- OD-097 betreffende de bepaling van de probabilliteit van een vliegtuigval;
- OD-098 betreffende evaluatie van de impact van extreme belastingen (vliegtuigval) op de bergingsmodules;
- OD-165 betreffende de gedetailleerde beschrijving van de lay-out van de bergingsite;
- OD-166 betreffende de gedetailleerde beschrijving van het ontwerp van de modules
- OD-172 betreffende de bepaling van de dosisimpact ten gevolge van de val van een luchtvaartuig op de bergingsite cAt;
- OD-179 betreffende de analyse van het liquefactierisico en zettingen ten gevolge van aardbevingen;
- OD-233 betreffende klimatologische ontwerpbelastingen (wind, sneeuw, tornado, temperatuur);
- OD-271 betreffende de risicoanalyse van NIRAS-site Dessel.
- OD-280 betreffende verificatie en kwalificatie van "HOTSPOT"

13.2 Gebeurtenissen

13.2.1 Bedrijfs- en ongevalsomstandigheden

Voor de bergingsinstallatie categorie A werden volgende bedrijfsomstandigheden geïdentificeerd:

- de normale bedrijfsomstandigheden, gedetailleerd beschreven in Hoofdstuk 9 [HS-09] met een overzicht van de technische specificaties in hoofdstuk 17 [HS-17] en de stralingsbescherming tijdens deze normale bedrijfsomstandigheden in [HS-12], en
- de afwijkende bedrijfsomstandigheden waarbij gebeurtenissen verder opgedeeld worden in gebeurtenissen met interne of externe oorsprong.

Gebeurtenissen worden geclassificeerd als functie van de bron waaruit zij ontstaan. Gebeurtenissen van externe oorsprong of **externe gebeurtenissen** komen voort uit een bron die zich buiten de bergingsite bevindt. Gebeurtenissen van interne oorsprong of **interne gebeurtenissen** komen voort uit een bron die zich binnen de bergingsite bevindt.

Verder bestaat er een onderscheid tussen incidenten en ongevallen, afhankelijk van de ernst van de situatie. Een **incident** (of bedrijfsincident) duidt op een werkingsafwijking vergeleken met de normale werking waarvan wordt verwacht dat ze zich minstens eenmaal tijdens de nuttige levensduur van een installatie voordoet maar die, dank zij de gepaste maatregelen die tijdens het ontwerp getroffen worden, geen significante schade berokkent aan de bestanddelen die belangrijk zijn voor de nucleaire veiligheid of die niet ontaardt in ongevalsomstandigheden. Een **ongeval** duidt op een uitzonderlijke maar mogelijke gebeurtenis die kan leiden tot een radiologische impact groter dan in normale bedrijfsomstandigheden of groter dan bij een incident.

Een **referentieongeval** is een ongeval dat voldoende representatief is vanuit het standpunt van de radiologische gevolgen voor de naburige bevolking. Het is een gebeurtenis van interne of externe oorsprong die een jaarlijkse waarschijnlijkheid van optreden heeft die hoger is dan 10^{-7} . Uit de lijsten met gebeurtenissen van interne en externe oorsprong wordt de gebeurtenis die aanleiding geeft tot de grootste dosisimpact (maximale individuele dosis) buiten de sitegrenzen beschouwd als referentieongeval.

Een **ontwerpbasisvoorval (DBA)** is een ongeval waartegen de bergingsinstallatie, dankzij de gepaste maatregelen die tijdens het ontwerp en de constructie getroffen worden, bestand is en waarbij de systemen, structuren en componenten (SSC's) belangrijk voor de nucleaire veiligheid hun functies blijven vervullen (zie [HS-08] § 8.3.2).

13.2.2 Identificatie van de gebeurtenissen

13.2.2.1 Methodologie

De gebeurtenissen die mogelijk gevolgen kunnen hebben voor de bergingsinstallatie categorie A, werden via een gefaseerd proces geïdentificeerd [OD-271].

Tijdens de ontwerpfase van het bergingsproject werden twee HAZID-oefeningen uitgevoerd. Een HAZID-studie (Hazard Identification Study) wordt over het algemeen in een vroeg stadium van ontwerp

uitgevoerd om een inzicht te krijgen in de potentiële gevaren, risico's en operationele problemen van een installatie. Het volledige ontwerp wordt door een multidisciplinair team systematisch onderzocht aan de hand van trefwoorden. Hierbij wordt nagegaan welke voorwaarden, processen en gebeurtenissen aanleiding kunnen geven tot vrijkomen van radioactiviteit uit de berging. De trefwoorden zijn georganiseerd in drie types: externe natuurlijke fenomenen, interne SSC storingen en externe/interne menselijke factoren.

In de eerste oefening werd de HAZID-methodologie toegepast zonder inschatting van de risico's, met het oog op de selectie van gebeurtenissen van interne en externe oorsprong [OD-271] §2. Er werd met andere woorden geen risico-matrix gebruikt.

Deze oefening werd echter gevolgd door een tweede HAZID-analyse. Hierbij werd wel een risico-matrix gebruikt (zie §7 van appendix 3 van [R13-13]) waarbij voor iedere gebeurtenis een inschatting van de waarschijnlijkheid van optreden gemaakt is en de radiologische impact voor de werknemers en het publiek werd geanalyseerd. Bedoeling daarbij was om het risico gekoppeld aan elke gebeurtenis te bepalen. De resultaten van deze oefening staan beschreven in § 7.2 van appendix 3 van [R13-13].

Op basis van deze algemene risicoanalyse werd een lijst opgesteld van gebeurtenissen van interne en externe oorsprong die bij het ontwerp beschouwd moeten worden (zie § 4 van appendix 3 van [R13-13])

Van zodra voldoende operationele details beschikbaar waren, werd de eerder uitgevoerde HAZID-studie kritisch overlopen en geverifieerd (zie [OD-271] §3), gevolgd door een operationele veiligheidsanalyse (zie [OD-271] §4). Voor deze analyse werd, met behulp van processchema's die alle mogelijke operaties binnen de installatie definiëren, de SWIFT-methodologie toegepast (Structured What-If Technique). Een overzicht van de processchema's waarop de SWIFT gebaseerd is, kan teruggevonden worden in bijlage 5 van bijlage 3 van [OD-271]. Deze processchema's laten toe om afwijkende scenario's te definiëren, waarvoor vervolgens impact en waarschijnlijkheid bepaald wordt. Hiertoe wordt voor iedere stap in de processchema's een reeks van "wat als" vragen opgesteld waarbij telkens de volgende categorieën beschouwd worden:

- Materiaalproblemen
- Operatorfouten en/of andere menselijke factoren
- Analytische fouten/proefname fouten
- Uitrusting/instrument storing/slechte werking
- Uitval van een hulpsysteem
- Procesverstoring
- Noodoperatie
- Naburige activiteiten op de site
- Onderhoud
- Externe effecten of invloeden

Van alle afwijkende scenario's werd een inschatting gemaakt van het risico op basis van de waarschijnlijkheid van optreden en de radiologische impact van de gebeurtenis. Indien nodig werd de

eerder afgeleide lijst van interne en externe gebeurtenissen uit de HAZID-studies aangevuld of aangepast op basis van de gebeurtenissen die geïdentificeerd werden tijdens de SWIFT-analyse.

Voor de raming van het risico zijn in het kader van de SWIFT-analyse twee specifieke risicomatrices gehanteerd, één algemene risico-matrix, weergegeven in Figuur 13-2, en één risico-matrix voor de leden van de bevolking, weergegeven in Figuur 13-3. Bij het opstellen van deze risico-matrices werd het veiligheidsconcept (zie [HS-02] §2.8) geïntegreerd. Er werd namelijk een speciale gevolgklasse gedefinieerd die verband houdt met de langetermijnveiligheid, namelijk de aantasting van een langetermijnveiligheidsfunctie (zie [OD-271], §4). De inschaling van de ernst van aantasting van een SSC houdt rechtstreeks verband met het soort rol die de SSC moet vervullen (*main*, *contribute* of geen rol).

De risico's werden met behulp van deze matrices opgedeeld in vier risicograden:

- Risicograad A: Onaanvaardbaar: de SSC dient opnieuw bestudeerd te worden en aanvullende maatregelen dienen gedefinieerd te worden;
- Risicograad B: Ongewenst: risico dient gereduceerd te worden door technische maatregelen;
- Risicograad C: Aanvaardbaar, mits controlesysteem, controle via procedure of techniek;
- Risicograad D: Aanvaardbaar: geen maatregelen vereist maar optimaliseren is wenselijk indien eenvoudig.

Hoofdstuk 13: Veiligheidsevaluatie - Operationele veiligheid
 Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel

| ERNST/GEVOLG | | | | | | | | WAARSCHIJNLIJKHEID | | | | | |
|--------------|--------------|--|---|---|---|------------------|---|---|---|--|--|--|----------------------|
| Code | Beschrijving | Veiligheid / Gezondheid | Ioniserende straling werknemer (ISW) (*) | Milieu (M) | Beschikbaarheid | Schade (S) | LTO | W1 ZEER ZELDEN | W2 ZELDEN | W3 WAARSCHIJNLIJK | W4 HOGE WAARSCHIJNLIJKHEID | W5 ZEER HOGE WAARSCHIJNLIJKHEID | Code Beschrijving |
| | | | | | | | | Meer dan eens per 10 000 jaar | Meer dan eens per 1 000 jaar | Meer dan eens per 100 jaar | Meer dan eens per 10 jaar | Meer dan eens per jaar | Terugkeerperiode |
| | | | | | | | | De situatie heeft zich tot nu toe niet voorgedaan. Onwaarschijnlijk tijdens de volledige periode van de exploitatie | Deze situatie is weinig waarschijnlijk maar het is niet uit te sluiten dat het zich tijdens de periode van exploitatie zal voordoen omdat het reeds is voorgekomen op soortgelijke installaties | Deze gebeurtenis kan voorkomen tijdens de periode van exploitatie. Is éénmaal te verwachten tijdens de levensduur van de installatie | Deze gebeurtenis kan herhaaldelijk voorkomen over een periode van 10 jaar. Is meermaals te verwachten tijdens de levensduur van de installatie | Deze gebeurtenis kan herhaaldelijk voorkomen over een periode van 1 jaar | Omschrijving |
| E1 | BEPERKT | Ongeval met EHBO behandeling, zonder blijvend letsel of verzuim. Geen gezondheidseffecten | Dosis > 5% van de limiet (> 1 mSv) | Vrijzetting beperkt binnen de installatie, gebouw | Installatie tot week onbeschikbaar | < k€ 100 | Aantasting van de LT veiligheidsfunctie van een SSC met een C-rol. | D | D | D | C | B | |
| E2 | ERNSTIG | Letsel/irritaties (niet blijvend) Medische behandeling Aangepast werk, geen verzuim | Dosis > 50% van de limiet (> 10 mSv) | Vrijzetting binnen de terreingrenzen die een beperkte actie vereisen zowel qua middelen als qua tijd. Gevolgen volledig gecontroleerd | Installatie onbeschikbaar: 1 week - 2 maand | k€ 100 - k€ 500 | Aantasting van de LT veiligheidsfunctie van één of meerdere makkelijk vervangbare/herstelbare SSC's met een M-rol | D | D | C | B | B | |
| E3 | ZEER ERNSTIG | Ernstig letsel Ziekenhuisopname Ongeval met verzuim (< 1 maand) | Dosis > 100%, overschrijding dosislimiet (>20 mSv) | Vrijzetting binnen de grenzen van de site die een interventie vereisen, zowel qua middelen als qua tijd. Belangrijke contaminatie | Installatie onbeschikbaar: 2 maand - 1 jaar | k€ 500 - k€ 4000 | Aantasting van de LT veiligheidsfunctie van één moeilijk vervangbare/herstelbare SSC's met een M-rol | D | C | B | A | A | |
| E4 | RAMPZALIG | Blijvend letsel Volledig arbeidsongeschikt Dodelijk ongeval (1 dode) Ongeval met verzuim (> 1 maand) | Hoge dosissen (> 100 mSv) | Vrijzetting die de grenzen van de site overschrijden en middelen op lokaal vlak vereisen. Mogelijk LT effecten | Installatie meerdere jaren onbeschikbaar | M€ 4 - M€ 10 | Aantasting van de LT veiligheidsfunctie van meerdere moeilijk vervangbare/herstelbare SSC's met een M-rol | C | B | A | A | A | |
| E5 | CATASTROFE | Meerdere doden als gevolg van een ongeval Meer dan 1 persoon blijvend arbeidsongeschikt | Meerdere personen, overschrijding dosislimiet, Zeer hoge dosissen (> 1 000 mSv) | Vrijzetting die de grenzen van de site overschrijden en die grote middelen op nationaal vlak vereisen. Uitgebreide LT effecten | Installatie blijvend onbeschikbaar | > M€ 10 | Aantasting van de LT veiligheidsfunctie van alle SSC's met een M-rol | A | A | A | A | A | |

(*) Externe en interne dosis (ingestie, inhalatie, perforatie van de huid,...)

D Aanvaardbaar optimaliseren is wenselijk indien eenvoudig
 C Aanvaardbaar optimaliseren is wenselijk
 B Ongewenst optimaliseren is vereist om het risico te reduceren
 A Onaanvaardbaar SSC's dienen opnieuw bestudeerd te worden

Figuur 13-2: Algemene risico-matrix (LT: lange termijn; SSC: systems, structures, components; C-: contribute, M-rol: main)

| | | | WAARSCHIJNLIJKHEID | | | | | Code |
|--------------|--------------|--|---|---|--|--|--|------------------|
| | | | W1 | W2 | W3 | W4 | W5 | |
| ERNST/GEVOLG | | | ZEER ZELDEN | ZELDEN | WAARSCHIJNLIJK | HOGE WAARSCHIJNLIJKHEID | ZEER HOGE WAARSCHIJNLIJKHEID | Beschrijving |
| Code | Beschrijving | Ioniserende straling publiek (ISW) (*) | Meer dan eens per 10 000 jaar | Meer dan eens per 1 000 jaar | Meer dan eens per 100 jaar | Meer dan eens per 10 jaar | Meer dan eens per jaar | Terugkeerperiode |
| | | | De situatie heeft zich tot nu toe niet voorgedaan. Onwaarschijnlijk tijdens de volledige periode van de exploitatie | Deze situatie is weinig waarschijnlijk maar het is niet uit te sluiten dat het zich tijdens de periode van exploitatie zal voordoen omdat het reeds is voorgekomen op soortgelijke installaties | Deze gebeurtenis kan voorkomen tijdens de periode van exploitatie. Is eenmaal te verwachten tijdens de levensduur van de installatie | Deze gebeurtenis kan herhaaldelijk voorkomen over een periode van 10 jaar. Is meermaals te verwachten tijdens de levensduur van de installatie | Deze gebeurtenis kan herhaaldelijk voorkomen over een periode van 1 jaar | Omschrijving |
| E1 | BEPERKT | 0,05 - 0,1 mSv | D | D | D | C | B | |
| E2 | ERNSTIG | 0,1 - 0,3 mSv | D | D | A | A | A | |
| E3 | ZEER ERNSTIG | 0,3 - 1 mSv | D | C | A | A | A | |
| E4 | RAMPZALIG | 1 - 5 mSv | C | B | A | A | A | |
| E5 | CATASTROFE | > 5 mSv | A | A | A | A | A | |

(*) Externe en interne dosis (ingestie, inhalatie, perforatie van de huid,...)

| | | |
|---|----------------|---|
| D | Aanvaardbaar | optimaliseren is wenselijk indien eenvoudig |
| C | Aanvaardbaar | optimaliseren is wenselijk |
| B | Ongewenst | optimaliseren is vereist om het risico te reduceren |
| A | Onaanvaardbaar | SSC's dienen opnieuw bestudeerd te worden |

Figuur 13-3 : Risico-matrix publiek

13.2.2.2 Gebeurtenissen van interne oorsprong

Tabel 13-1 bevat een lijst van incidenten en ongevallen van interne oorsprong. De lijst met beschouwde gebeurtenissen houdt rekening met de resultaten van de HAZID-analyse en werd uitgebreid in functie van de SWIFT-analyse (zie § 7.1 van [OD-271]). Hierbij werd vooral rekening gehouden met een evaluatie van de kans op optreden, of de kans op optreden in combinatie met de ernst van de gevolgen.

Tabel 13-1: Lijst van interne gebeurtenissen die verder onderzocht moeten worden

| Gebeurtenis |
|---|
| 1. Verlies van monitoringfuncties door wegvallen van elektriciteit |
| 2. Defect van een buffertank of van het drainagesysteem |
| 3. Aanwezigheid van waterstof uit batterijen in trolley |
| 4. Vrijgave van waterstof en zuur door batterijen in werkplaatsen of administratieve gebouwen |
| 5. Interne brand veroorzaakt door een voertuig |
| 6. Storing aan de I&C-apparatuur (Instrumentation and control) |
| 7. Wegvallen van alle alarmsignalen |
| 8. Defecte rolbrug tijdens het verplaatsen van een monoliet |
| 9. Waterlek uit drainagesysteem van de decontaminatiedouche |
| 10. Elektromagnetische interferentie op de rolbrug, op de trolley en op het I&C-netwerk |
| 11. Differentiële zettingen en verzakkingen |
| 12. Kantelen van een monoliet |
| 13. Aanwezigheid van een obstakel (beton, hamer, vogel...) voor het plaatsen van een monoliet |

13.2.2.3 Gebeurtenissen van externe oorsprong

Voor de identificatie van relevante gebeurtenissen van externe oorsprong wordt voor elke gebeurtenis die geïdentificeerd werd in één van de uitgevoerde risicoanalyses een uitspraak gedaan over de mogelijkheid dat ze zich kan voordoen, de waarschijnlijkheid van optreden en de mogelijke impact op het bergingssysteem. Conform § 2.2 van [R13-5] worden trage processen en onvrijwillige menselijke intrusie, vrijwillige menselijke intrusie, moedwillige beschadigingen en terroristische aanslagen hierbij niet beschouwd. Een gebeurtenis wordt niet verder in aanmerking genomen als de gebeurtenis zich niet kan voordoen of een waarschijnlijkheid van optreden heeft van $< 10^{-7}$ /a, of geen impact heeft. Tabel 13-2 bevat een overzicht van de lijst met externe gebeurtenissen (zie ook § 7.2 van [OD-271]).

Tabel 13-2: Lijst van externe gebeurtenissen die verder onderzocht moeten worden

| Gebeurtenis |
|--|
| 1. Dijkbreuk |
| 2. Bosbrand |
| 3. Vliegtuigcrash |
| 4. Aardbeving |
| 5. Extreme klimaatcondities (extreme temperaturen, hoge windsnelheden en tornado's, sneeuw) |
| 6. Extreme vochtigheid, met inbegrip van mist, vorst en verdamping |
| 7. Rechtstreekse zonnestraling |
| 8. Bliksem |
| 9. Storing van I&C ten gevolge van natuurlijke elektromagnetische interferentie en van interferentie door menselijke activiteiten buiten de site |
| 10. Geotechnische gebeurtenissen |
| 11. Impact van land- en waterplanten en -dieren (ecologische successie, vegetatie, knaagdieren, vogels en andere dieren in het wild) |
| 12. Stroomonderbrekingen |
| 13. Neerslag, waaronder regen, hagel, sneeuw en ijs (met inbegrip van sneeuwlagen en ijslagen) |

13.2.2.4 Evaluatie van de gebeurtenissen en aanvaardbaarheid van het risico

De evaluatie van de gebeurtenissen van interne en externe oorsprong steunt op een gecombineerde probabilistische en deterministische aanpak [R13-1]. Het risico gerelateerd aan de gebeurtenissen van interne en externe oorsprong wordt geacht aanvaardbaar te zijn indien de jaarlijkse probabiliteit van optreden en zijn radiologische impact, in termen van te bereiken objectieven en te respecteren limieten, in de zone "Acceptable" valt van Figuur 13-4 ([R13-1]).

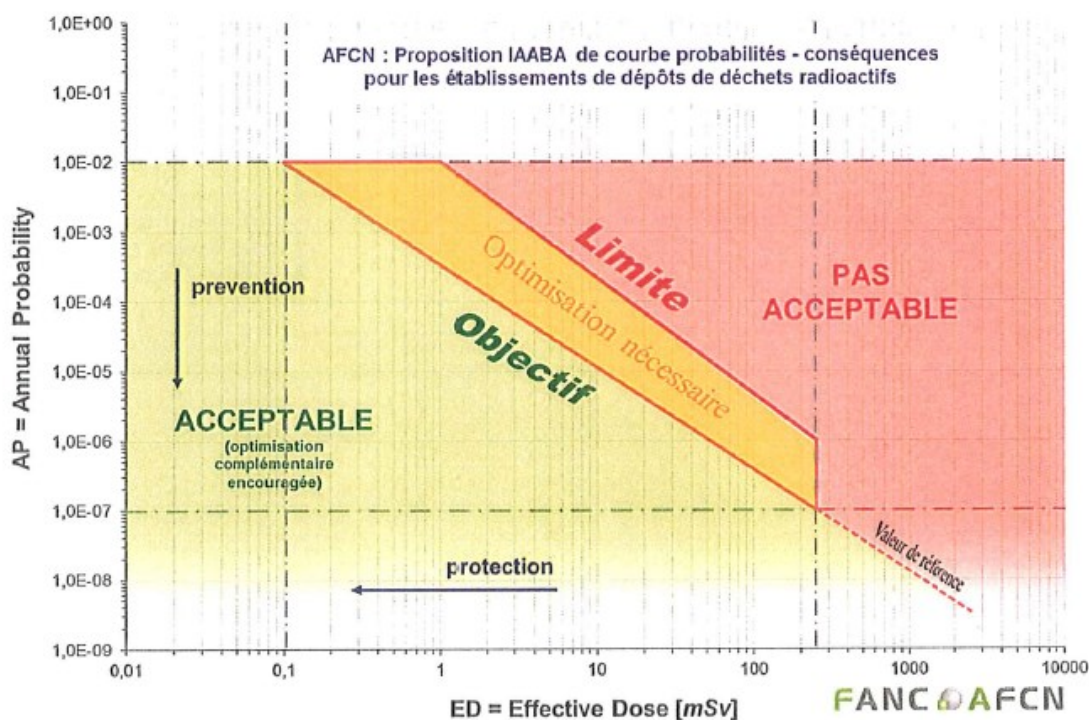


Fig.1: Courbe proposée

Figuur 13-4: Relatie tussen de kans op optreden en de radiologische gevolgen (risico). Voor gebeurtenissen waarbij het resultaat van probabiteit en radiologische gevolgen zich in de zone “Acceptable” bevindt, wordt het risico beschouwd als aanvaardbaar. Overgenomen uit [R13-1].

13.3 Analyse onder normale uitbating

De normale uitbating wordt beschreven in hoofdstuk 9 [HS-09], vertrekkende van het ontwerp van de berging en het veiligheidsconcept [HS-02] §2.8.

Tijdens de operationele periode is het veiligheidsconcept gebaseerd op de insluitings-, afschermings- en afzonderingsstrategie en mogelijke trajecten van radionucliden tijdens de operationele periode.

Tijdens de operationele periode zitten de radionucliden in de monolieten ingesloten. Externe straling wordt beperkt door verschillende afschermingen rondom het afval: de betonnen caisson, de transportcontainer, betonnen afschermingsplaten die bovenop monolieten geplaatst worden in de berging en door de modules. De modulewanden en de combinatie van de structurele topplaat en afschermingsplaten hebben een dikte van ongeveer 70 cm. Blootstelling aan externe straling wordt ook beperkt door begrenzingen op het dosisdebiet op contact van individuele monolieten en gemiddeld per laag van monolieten binnen de modules. In de praktijk wordt dit gerealiseerd door het toepassen van conformiteitscriteria [HS-15] en door het respecteren van de opvulmethodiek [HS-09] § 9.3.4.

Blootstelling wordt ten slotte beperkt door maximalisatie van de afstand tussen de bron en werknemers en beperkingen van interventietijd, onder andere door een zonering binnen de bergingsinrichting en het toepassen van afstandsbediende processen/handelingen. Deze elementen maken deel uit van het ontwerp

en de praktijken van de operationele stralingsbescherming, wat in hoofdstuk 12 [HS-12] in § 12.6 besproken wordt.

Het publiek wordt bijkomend beschermd tegen blootstelling aan externe straling door de afstand van 65 m tussen de modules en de perimeter van de site. Het afval wordt afgezonderd door het beperken van de toegang tot de site en de fysieke barrières rondom het afval, met name de modules en de caissons, en de afdekking na zijn plaatsing tijdens fase Ib.

Rekening houdende met bovenstaande elementen, werden in § 12.7 inschattingen gemaakt van de doses die opgelopen kunnen worden door de werknemers en de bevolking tijdens activiteiten die uitgevoerd worden tijdens de normale uitbatingsomstandigheden.

13.4 Analyse van gebeurtenissen van interne oorsprong

13.4.1 Verlies van monitoringfuncties door wegvallen van elektriciteit

13.4.1.1 Beschrijving

Het verlies van monitoringfuncties door het wegvallen van de elektriciteit veroorzaakt een zekere blindheid voor de ontwikkeling van afwijkende bedrijfsomstandigheden, zowel tijdens fase Ia, Ib, II en III.

De gebeurtenis heeft enkel een invloed op de continu actieve monitoringfuncties; de passieve monitoringsystemen blijven werken zodat er geen verlies is van informatie gedurende de periode van uitval van elektriciteit.

Het betreft volgende monitoring:

- Continu actieve dosistempometing op de modules in opvulling en ten noorden van die modules in opvulling aan de buitenomheining (enkel fase Ia);
- Continu actieve dosistempometing op de tumuli (Fase Ib, II en III);
- Continu actieve radonmeting in de inspectiegalerij (Fase Ia en Ib);
- Continu waterniveau meting op de recipiënten voor het drainagewater (Fase Ia en Ib).

Overige gevolgen van het wegvallen van de elektriciteit worden besproken in §13.4.6, §13.4.7, §13.4.8, §13.4.10 en §13.5.12.

13.4.1.2 Ontwerpmaatregelen

Er is noodvoeding voorzien voor specifieke toestellen waaronder monitoringtoestellen zodat hun functioneren gegarandeerd blijft bij het wegvallen van de elektriciteit (zie § 13.5.12). Uitbatingsprocedures voorzien een uitbatingsstop bij het wegvallen van de elektriciteit (interne of externe oorzaak).

13.4.1.3 Evaluatie van de gevolgen

Het verlies van monitoringfuncties heeft geen radiologische gevolgen voor het publiek, het leefmilieu en de werknemers.

De gebeurtenis kan als een incident worden geklasseerd.

13.4.2 Defect van een buffertank of van het drainagesysteem

13.4.2.1 Beschrijving

Water dat opgevangen wordt uit opgepulde of in opvulling zijnde modules tijdens fase Ia en Ib wordt in normale bedrijfsomstandigheden opgevangen door een gescheiden, gravitatiegebonden drainagesysteem en afgevoerd naar de buffertanks in het WCB (Water Collection Building) ([HS-08] § 8.5.5.4). Het water dat wordt opgevangen wordt na staalname en controle steeds afgevoerd naar Belgoprocess. Bij normale bedrijfsomstandigheden worden er zeer lage hoeveelheden aan drainagewater verwacht en wordt er geen besmet water verwacht. Indien er toch besmet water zou aanwezig zijn, is dit met een laag activiteitsniveau.

Zolang de modules niet gesloten zijn, kan zich een breuk voordoen in de leidingen van het drainagesysteem of een lek in één van de buffertanks.

Het drainagesysteem wordt tijdens fase II buiten bedrijf gesteld [HS-10]. Een defect van het drainagesysteem kan zich vanaf dat moment dan ook niet meer voordoen.

13.4.2.2 Ontwerpmaatregelen

Bij een breuk in één of beide buffertanks in het WCB wordt het water opgevangen onder de buffertanks (het WCB is voorzien van een ondoordringbare vloer) zodat het niet verder kan uitloggen, waarna het verzameld kan worden om af te voeren naar Belgoprocess.

Bij een breuk in het drainagesysteem wordt het water opgevangen ter hoogte van de ondoordringbare vloer van de inspectieruimte en/of de centrale goot in de inspectiegalerij, vanwaar het kan afvloeien naar de buffertanks in het WCB.

13.4.2.3 Evaluatie van de gevolgen

Bij een breuk in de buffertanks of het drainagesysteem wordt het water dat afkomstig is van opgepulde of in opvulling zijnde modules altijd via een gescheiden systeem opgevangen.

Een defect van een buffertank of van het drainagesysteem heeft geen radiologische gevolgen voor het publiek en het leefmilieu. Indien er tijdens de gebeurtenis toch gecontamineerd water aanwezig zou zijn in het drainagesysteem, is dit met een laag activiteitsniveau, en heeft de recuperatie van het water tijdens exploitatiefase Ia en Ib zeer beperkte gevolgen voor de werknemers; de opgelopen dosis wordt geacht < 1 mSv te zijn [OD-271], Tabel 1. De gebeurtenis kan als incident worden geklasseerd.

13.4.3 Aanwezigheid van waterstof uit batterijen in trolley

13.4.3.1 Beschrijving

Tijdens exploitatiefase Ia wordt een vanop afstand bediende trolley gebruikt om de monolieten naar hun eindbestemming te brengen. De batterij van deze trolley moet op gezette tijden worden opgeladen. Tijdens het opladen van bepaalde types van batterijen komt waterstof vrij, waardoor een potentieel explosief waterstof/zuurstofmengsel gevormd kan worden.

Vanaf exploitatiefase Ib worden er geen monolieten meer geborgen en kan deze gebeurtenis zich dan ook niet meer voordoen.

13.4.3.2 Ontwerpmaatregelen

Er zal met droge batterijen worden gewerkt, deze geven bij het opladen waterstof af maar in kleine hoeveelheden. Er wordt een specifieke laadzone ingericht voor het opladen van batterijen met voorzorgsmaatregelen (voldoende ventilatie, voldoende vrije ruimte, een specifieke instructie,...) om explosie en brand ten gevolge van het opladen van batterijen te voorkomen. Het opladen van de batterijen van de trolley gebeurt voornamelijk in de IPM, maar er is ook een laadstation voorzien in de garage. Beide locaties bevinden zich op een veilige afstand van het modulegebouw.

13.4.3.3 Evaluatie van de gevolgen

Een doeltreffende toepassing van de ontwerpmaatregelen zorgt ervoor dat het onwaarschijnlijk is dat de gebeurtenis zich zal voordoen.

Indien de gebeurtenis zich toch zou voordoen, zijn er geen radiologische gevolgen voor de werknemers, het leefmilieu en het publiek.

De gebeurtenis kan als incident worden geklasseerd.

13.4.4 Vrijgave van waterstof en zuur door batterijen in werkplaatsen of administratieve gebouwen

13.4.4.1 Beschrijving

Het gebruik van bepaalde types batterijen geeft een potentieel risico op de vrijgave van waterstof en zuur (zie ook § 13.4.3).

13.4.4.2 Ontwerpmaatregelen

Voor de ontwerpmaatregelen met betrekking tot het minimaliseren van de hoeveelheid waterstof die kan vrijkomen, zie § 13.4.3.2

Door te werken met droge batterijen tijdens exploitatiefase Ia kan bovendien geen zuur vrijkomen.

13.4.4.3 Evaluatie van de gevolgen

Zie § 13.4.3.3.

13.4.5 Interne brand veroorzaakt door een voertuig

13.4.5.1 Beschrijving

Voor bepaalde onderhoudswerkzaamheden is het nodig dat er voertuigen op de site komen. Hoewel zeer klein, bestaat de kans dat een voertuig op de site vuur vat. Brand in de nabije omgeving van het modulegebouw tast de structurele integriteit van de modules en de monolieten niet aan ([R13-12] § 6.1.1).

Brand kan tevens leiden tot een uitval van elektriciteit (zie § 13.5.12).

De brand moet zo snel mogelijk worden gedoofd en waar nodig moet er een evacuatie van personeel worden uitgevoerd.

Van zodra de afdekking geplaatst is in fase Ib kunnen er geen voertuigen meer komen in de nabijheid van het afval.

13.4.5.2 Ontwerpmaatregelen

De aanwezigheid van voertuigen is beperkt tot het leveren van materialen en voor het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden. Op de site geldt een snelheidsbeperking.

De brandlast in het modulegebouw en de inspectiegalerij is laag, voornamelijk staal en beton, opslag van brandbare materialen in het modulegebouw en de inspectiegalerij is niet toegelaten. Branddetectie en brandbestrijdingsmiddelen zijn aanwezig op de site en er is een intern noodplan.

13.4.5.3 Evaluatie van de gevolgen

Brand tast de structurele integriteit van de modules en de monolieten niet aan. Een interne brand door een voertuig veroorzaakt aldus geen radiologische gevolgen voor de werknemers, het leefmilieu en het publiek. De gebeurtenis kan als incident worden geklasseerd.

13.4.6 Storing aan de I&C-apparatuur

13.4.6.1 Beschrijving

Storingen aan I&C-apparatuur tijdens de exploitatiefase Ia (bv. uitvallen van een PLC) kunnen aanleiding geven tot het stilvallen van de trolley tijdens transport van een monoliet of het stilvallen van de rolbrug tijdens manipulatie van een monoliet.

Door deze gebeurtenis verblijft de monoliet langer dan voorzien buiten de IPM of buiten de wanden van een module. Indien de storing lang aanhoudt, moet de monoliet manueel verplaatst worden naar een veilige plaats en is een interventie door werknemers noodzakelijk.

Voor de rolbrug kunnen hiervoor handlieren gebruikt worden (voor horizontale verplaatsingen) en een emergency box (waarmee de noodremmen geopend kunnen worden) voor het neerlaten van de last.

Voor de trolley kan een multifunctioneel voertuig gebruikt worden dat gekoppeld kan worden aan de trolley.

Van zodra de berging zich in exploitatiefase Ib bevindt, is er geen transport of manipulatie van monolieten meer. Vanaf fase Ib kan de gebeurtenis zich niet meer voordoen.

13.4.6.2 Ontwerpmaatregelen

De uitbatingsprocedure voorziet een uitbatingsstop bij storingen aan I&C apparatuur.

De rolbruggen zijn Single Failure Proof (SFP) uitgevoerd zodat de monoliet niet zal vallen.

Indien er zich een monoliet in de trolley bevindt, is deze beschermd tegen slechte weersomstandigheden door het regenscherm. De trolley met transportcontainer biedt een radiologische afscherming.

Indien nodig kan de monoliet naar een veilige plaats gebracht worden zolang de storing aanhoudt. Hiervoor is het nodige materiaal aanwezig op de site.

13.4.6.3 Evaluatie van de gevolgen

De gebeurtenis geeft geen aanleiding tot radiologische gevolgen voor het publiek en het leefmilieu [OD-271], tabel 1.

Indien een interventie noodzakelijk blijkt, zal een ALARA studie worden uitgevoerd in voorbereiding van de interventie. Een eerste inschatting van de dosis voor deze interventie wordt in [R13-3] berekend: de geschatte dosis voor de interventie is <1 mSv. De gebeurtenis kan als incident worden geklasseerd.

13.4.7 Wegvallen van alarmsignalen

13.4.7.1 Beschrijving

Alarmsignalen kunnen uitvallen door stroomonderbreking. Door deze gebeurtenis is men mogelijk niet op de hoogte van een op handen zijnde accidentele situatie. De gebeurtenis kan zich voordoen tijdens fases Ia, Ib, II en III.

13.4.7.2 Ontwerpmaatregelen

De uitbatingsprocedure voorziet een uitbatingsstop, bij het wegvallen van alarmsignalen. Alarmsignalen staan op noodstroom en UPS (§ 13.5.12). Het gebruik van camera's kan bijkomende ondersteuning geven om visuele controles uit te oefenen op de bergingsinstallatie.

13.4.7.3 Evaluatie van de gevolgen

Het wegvallen van een alarmsignaal blijft zonder radiologische gevolgen voor de werknemers, het leefmilieu en het publiek. De gebeurtenis kan als incident worden geklasseerd.

13.4.8 Defecte rolbrug tijdens het verplaatsen van een monoliet

Zie §13.4.6

13.4.9 Waterlek uit drainagesysteem van de decontaminatiedouche

13.4.9.1 Beschrijving

In het overgangssas van het administratief gebouw is een decontaminatiedouche aanwezig. Deze decontaminatiedouche wordt enkel gebruikt in geval van besmetting van personeel, wat zich enkel kan voordoen in geval van een incident of ongeval in de gecontroleerde zone.

Tijdens de normale uitbating is er geen radioactieve besmetting aanwezig op de site. Het is dan ook erg onwaarschijnlijk dat de decontaminatiedouche in gebruik moet worden genomen. Bij gebruik wordt het water van de decontaminatiedouche opgevangen in een opvangbak. Het water wordt na controle afgevoerd naar Belgoprocess voor behandeling. Door een defect aan het drainagesysteem van de douche zou het water echter niet in de opvangbak kunnen terecht komen.

De gebeurtenis kan zich voordoen tijdens fase Ia, Ib en II. Daarna wordt de decontaminatiedouche buiten gebruik gesteld.

13.4.9.2 Ontwerpmaatregelen

Om te vermijden dat het besmette water in geval van een waterlek uit het drainagesysteem van de decontaminatiedouche in de bodem terecht komt, wordt de opvangbak onder de douche geplaatst in een kelder met een ondoordringbare muur en vloer, zodat het water bij een waterlek alsnog verzameld kan worden.

13.4.9.3 Evaluatie van de gevolgen

De gebeurtenis heeft geen radiologische gevolgen voor het publiek en het leefmilieu en geen directe radiologische gevolgen voor de werknemers. Indien er tijdens de gebeurtenis toch gecontamineerd water aanwezig zou zijn, in de opvangbak van de decontaminatie douche, is dit een beperkte hoeveelheid met een laag activiteitsniveau, en heeft de recuperatie van het water tijdens exploitatiefase Ia, Ib en II zeer beperkte gevolgen voor de werknemers.

De gebeurtenis kan als incident worden geklasseerd.

13.4.10 Elektromagnetische interferentie op de rolbrug, op de trolley en op het I&C-netwerk

13.4.10.1 Beschrijving

Elektromagnetische interferentie kan de functionaliteit van elektronische apparatuur beïnvloeden, met een eventuele storing in of schade aan installaties en instrumenten (trolley, rolbrug, monitoring, alarminstallaties,...). Dergelijke interferentie is mogelijk afkomstig van bronnen op de terreinen zelf, zoals hoogspanningsschakelaars, niet-afgeschermd kabels, draagbare telefoons, draagbare elektronische apparaten en computers. Hierdoor kan de trolley stilvallen wanneer deze een monoliet vervoert, of de rolbrug tijdens de manipulatie van een monoliet (zie ook § 13.4.6).

Voor het wegvallen van monitoring, zie §13.4.1, voor het wegvallen van alarminstallaties, zie § 13.4.7.

13.4.10.2 Ontwerpmaatregelen

Door I&C-apparatuur te gebruiken met een EMC-kwalificatie (elektromagnetische compatibiliteit) zal het risico op elektromagnetische interferentie geminimaliseerd worden.

13.4.10.3 Evaluatie van de gevolgen

Een doeltreffende toepassing van de ontwerpmaatregelen zorgt ervoor dat het onwaarschijnlijk is dat de gebeurtenis zich voordoet. Indien de gebeurtenis zich toch zou voordoen zijn er geen radiologische gevolgen voor de werknemers, het leefmilieu en het publiek.

De gebeurtenis kan als incident worden geklasseerd.

13.4.11 Differentiële zettingen en verzakkingen

13.4.11.1 Beschrijving

Differentiële zettingen en verzakkingen zijn gebeurtenissen die zowel tijdens fase Ia, Ib, II en III kunnen plaats vinden. Deze zettingen en verzakkingen kunnen:

- Een gevaar betekenen voor de funderingen van de bergingsinstallatie en dus voor de structurele integriteit van de modules;
- Problemen veroorzaken voor de bewegingsmogelijkheden van de rolbrug boven de modules.

13.4.11.2 Ontwerpmaatregelen

Met deze gebeurtenissen is rekening gehouden in het ontwerp van de bergingsinstallatie (zie [HS-08] § 8.3.3). Ook zijn de maatregelen voorhanden die voorkomen dat de gebeurtenissen of hun effecten tot onaanvaardbare gevolgen leiden:

- Ruimtes in de installatie opvullen gedurende verschillende fasen van de installatie (grind tussen monolietstapels, inspectieruimtes/-galerijen opvullen, zand tussen modules);
- Compensatiemechanismes aanbrengen in de structuur van de berging om de stand van de rolbanen zo aan te passen dat de rolbrug binnen toelaatbare limieten afhelt;
- Modules per vier (twee aan twee) laagsgewijs opvullen (zie [HS-09] § 9.3.4);
- Structurele monitoring om afwijkingen tijdig op te sporen (HS-16 § 16.5).

13.4.11.3 Evaluatie van de gevolgen

Een doeltreffende toepassing van de ontwerpmaatregelen (zie [HS-08] § 8.3.3) zorgt ervoor dat de gebeurtenis vermeden kan worden en dat er geen radiologische gevolgen zijn voor de werknemers, het leefmilieu en het publiek. De gebeurtenis kan als incident worden geklasseerd.

13.4.12 Kantelen van een monoliet

13.4.12.1 Beschrijving

Door een storing (bv. I&C-defect) is het mogelijk dat de monoliet niet correct wordt geplaatst op een stapel monolieten in de module. Dit kan tot problemen leiden wanneer de monoliet maar deels bovenop een stapel monolieten wordt geplaatst en minder dan de helft ervan op de onderliggende monoliet rust en de monoliet kantelt.

In dergelijk scenario valt de monoliet hoogstens 1,62 meter naar beneden (de modules worden namelijk laagsgewijs opgevuld (zie [HS-09] § 9.3.4)). De maximale potentiële energie die vrijkomt bij een val van een monoliet is 264 kJ voor type I monolieten (uitgaande van een massa van 16 600 kg), van 278 kJ voor type II monolieten (uitgaande van een massa van 17 500 kg) en van 318 kJ voor type III monolieten (uitgaande van een massa van 20 000 kg) [HS-07] §7.3.1, wat onvoldoende is om schade te berokkenen aan de monoliet die zou leiden tot het vrijkomen van radioactieve stoffen (§ 10 van [R13-6]).

Bovendien zorgt een afschermingsplaat voor bescherming van de omliggende monolieten en wordt de potentiële energie verdeeld over de kantelende monoliet en het getroffen object.

Deze gebeurtenis kan zich enkel voordoen tijdens de exploitatiefase Ia, omdat enkel dan monolieten geborgen worden. Vanaf fase Ib kan de gebeurtenis zich niet meer voordoen.

13.4.12.2 Ontwerpmaatregelen

Het vallen van een monoliet wordt vermeden door de brugkraan SFP uit te voeren. Het risico op het kantelen van een monoliet door een onopgemerkte storing op de I&C apparatuur wordt zoveel mogelijk vermeden door gebruik te maken van apparatuur met een EMC-kwalificatie (zie § 13.4.10).

De uitbatingsprocedures voorzien een stop van manipulatie van monolieten bij storingen aan I&C apparatuur.

13.4.12.3 Evaluatie van de gevolgen

Een doeltreffende toepassing van de ontwerpmaatregelen zorgt ervoor dat het onwaarschijnlijk is dat de gebeurtenis zich zal voordoen. Indien de gebeurtenis zich toch zou voordoen is de schade aan de monolieten beperkt wegens de beperkte valhoogte. Indien beschadigd, kan de monoliet verwijderd worden uit de berging en afgevoerd worden naar de bufferzone voor afwijkingen in de IPM, waar eventuele remediëringmogelijkheden verder onderzocht worden. Het terugnemen van een monoliet is mogelijk en voorzien in normale uitbating (zie [HS-09] § 9.3.12). De omliggende monolieten worden beschermd door de afschermingsplaat.

Er zijn geen radiologische gevolgen voor het publiek en het leefmilieu en geen directe radiologische gevolgen voor werknemers.

Een interventie kan noodzakelijk zijn als de gekantelde monoliet niet automatisch met de SFP-brug opgenomen kan worden. Alvorens deze interventie uit te voeren, zal een ALARA studie gebeuren. Een eerste inschatting van de dosis voor deze interventie wordt in ([R13-3] § 3) berekend: de geschatte dosis voor de interventie is <1 mSv.

Deze gebeurtenis kan als incident worden geklasseerd.

13.4.13 Aanwezigheid van een obstakel (beton, hamer, vogel...) voor het plaatsen van een monoliet

13.4.13.1 Beschrijving

Indien tijdens de exploitatiefase Ia een vreemd object (beton, hamer, vogel, ...) op de monoliet plakt of aanwezig is in de module op de plaats waar de monoliet moet geplaatst worden, zal de afschermingsplaat en/of de monoliet scheef staan en kan de grijper vast blijven zitten. Een interventie door werknemers kan noodzakelijk zijn.

Van zodra de berging zich in exploitatiefase fase Ib bevindt, worden er geen monolieten meer geborgen en kan dergelijke gebeurtenis niet meer voorkomen.

13.4.13.2 Ontwerpmaatregelen

Camerabewaking wordt voorzien zodat vreemde objecten tijdig opgemerkt kunnen worden.

Er wordt telkens een afschermingsplaat op de bovenste monoliet aangebracht, die voor het plaatsen van de monoliet wordt verwijderd, zodat in de meeste gevallen vreemde voorwerpen op de afschermingsplaat terecht komen en samen met de afschermingsplaat kunnen weggenomen worden.

13.4.13.3 Evaluatie van de gevolgen

De gebeurtenis heeft geen radiologische gevolgen voor het publiek en het leefmilieu.

Een interventie door werknemers kan noodzakelijk zijn. Alvorens deze interventie uit te voeren, zal een ALARA studie gebeuren. Een eerste inschatting van de dosis voor deze interventie wordt in [R13-3], §4.3 berekend, de geschatte dosis voor de interventie is < 1 mSv.

Deze gebeurtenis kan als incident worden geklasseerd.

13.5 Analyse van gebeurtenissen van externe oorsprong

13.5.1 Dijkbreuk

13.5.1.1 Beschrijving

In [OD-084] wordt het risico op overstroming rond de nucleaire site in Mol/Dessel geëvalueerd. De gevolgen van een mogelijke dijkdoorbraak van het kanaal Bocholt-Herentals worden eveneens in deze studie geëvalueerd. De gesimuleerde dijkbreuk veroorzaakt slechts een beperkte overstroming op de rechteroever van de Hooibeek ([OD-084] §6). Het maximaal gesimuleerde waterpeil bij een dijkbreuk op deze oever is gelijk aan 25,2 mTAW.

13.5.1.2 Ontwerpmaatregelen

Het ontwerp heeft rekening gehouden met deze gebeurtenis. Het laagste toegangspunt van de bergingsstructuur, het toegangsniveau van de inspectiegalerij, ligt op ~ 25,7 mTAW, dat dus hoger ligt dan het maximale overstromingsniveau van 25,2 mTAW. De modules bevinden zich nog hoger (28 mTAW), bovenop op de funderingen.

13.5.1.3 Evaluatie van de gevolgen

Deze gebeurtenis heeft geen radiologische gevolgen voor de werknemers, het leefmilieu en het publiek en is een ontwerpbasisvoorval.

13.5.2 Bosbrand

13.5.2.1 Beschrijving

In geval van een bosbrand bedraagt de minimale veilige afstand voor gebouwen 27 m [R13-2], §2.6.

Van zodra de afdekking geplaatst is moet er bijkomend ook rekening gehouden worden met een mogelijke vegetatiebrand op de afdekking. De impact hiervan op monolieten is nihil. Tussen de vegetatielaag op de afdekking en de monolieten bevindt zich immers meer dan 6 m aan zand, stenen, klei en beton. Bovendien kan de vegetatielaag hersteld worden. De nodige brandbestrijdingsmiddelen zijn aanwezig om dergelijke brand in voorkomend geval te bestrijden.

13.5.2.2 Ontwerpmaatregelen

Het ontwerp heeft rekening gehouden met deze gebeurtenis, wat maakt dat aaneengesloten bebossing niet zal voorkomen binnen een straal van 65 m van de modules. Deze afstand is ruim voldoende om het risico gekoppeld aan bosbranden te beperken.

Een vegetatiebrand op de afdekking heeft geen impact op de modules en monolieten.

13.5.2.3 Evaluatie van de gevolgen

De gebeurtenis heeft geen radiologische gevolgen voor de werknemers, het leefmilieu en het publiek. Het is een ontwerpbasisvoorval.

13.5.3 Vliegtuigimpact

13.5.3.1 Beschrijving

Om in te schatten met welke waarschijnlijkheid een crash van een luchtvaartuig op de bergingsinstallatie kan plaatsvinden en welke de radiologische gevolgen kunnen zijn, worden volgende stappen in aanmerking genomen:

- Evaluatie van de waarschijnlijkheid dat een luchtvaartuig op de installatie neerstort, rekening houdend met vliegactiviteiten in het Belgische luchtruim;
- Berekening van het aantal fysiek vernietigde en/of beschadigde monolieten;
- Berekening van de radiologische gevolgen

Evaluatie van de waarschijnlijkheid dat een vliegtuig op de installaties neerstort

De studie die peilt naar de waarschijnlijkheid dat een vliegtuig op de installaties neerstort [OD-097], beschouwt volgende vliegtuigtypes:

- Militaire luchtvaart:
 - ▶ F-16 jachtvliegtuig
- Burgerluchtvaart:
 - ▶ Boeing 747
- Algemene luchtvaart:
 - ▶ Cessna 210 eenmotorig toestel
 - ▶ Learjet-23 tweemotorige jet voor zakenvluchten
 - ▶ R-44 helikopter

De evaluatie concentreert zich uitzonderlijk ook op de R-44 helikopter, omdat de netbeheerder Fluxys dit toestel gebruikt om gasleidingen vanuit de lucht te inspecteren (§3 van [OD-097]).

Onderstaande Tabel 13-3 geeft weer met welke waarschijnlijkheid bovengenoemde toestellen kunnen inslaan:

Tabel 13-3: Bevindingen van de waarschijnlijkheidsstudie naar vliegtuigimpact [OD-097], §4

| Toesteltype | Waarschijnlijkheid van inslag (1/a) |
|-----------------|-------------------------------------|
| F-16 | $2,11 \cdot 10^{-7}$ |
| Boeing 747 | $6,14 \cdot 10^{-8}$ |
| Cessna 210 | $1,17 \cdot 10^{-6}$ |
| Learjet-23 | $5,81 \cdot 10^{-8}$ |
| R-44 helikopter | $7,33 \cdot 10^{-6}$ |

Gebeurtenissen van externe oorsprong met een waarschijnlijkheid van voorkomen die kleiner is dan $10^{-7}/a$ moeten niet worden beschouwd tijdens de operationele periode [R13-5] § 6.3. Na de operationele periode

mogen externe gebeurtenissen met een menselijke oorsprong niet meer uitgesloten worden in functie van hun waarschijnlijkheid [R13-5] § 6.4.2.

Berekening van de schade aan de monolieten

Als tussenstap om na te gaan of de radiologische gevolgen van een inslag wel aanvaardbaar zijn, heeft men de mechanische schade aan de monolieten geëvalueerd [OD-098]. Tijdens de operationele periode zal de inslag van een F-16 aanleiding geven tot de hoogste impact omdat de kinetische energie van een F-16 hoger is dan de kinetische energie van een Cessna 210 of een R-44 helikopter. Na de operationele periode, tijdens fase III, wordt de impact van een groot passagiersvliegtuig mee in rekening genomen.

13.5.3.2 Ontwerpmaatregelen

Er wordt slechts een beperkte radiologische bronterm toegelaten in een oppervlakteberging. Een stapel monolieten is bovenaan bovendien steeds beschermd door een betonnen afschermplaat (30 cm). Vanaf fase Ib worden de monolieten bijkomend beschermd door de ondoorlatende topplaat en de aarden afdekking.

13.5.3.3 Evaluatie van de gevolgen

Voor de berekening van de radiologische gevolgen van de crash van een vliegtuig werd rekening gehouden met de radiologische bronterm uit [HS-06], § 6.4.5. Tijdens exploitatiefase Ia zullen de radiologische gevolgen ten gevolge van de impact van een militair vliegtuig (bij atmosferische stabiliteitsklasse E2, meest voorkomende stabiliteitsklasse, zie [HS-04] § 4.4.2.2) voor werknemers, bevolking en het leefmilieu steeds kleiner zijn dan 100 μSv ([OD-172] § 4.1.1.4).

Van zodra de afdekking geplaatst is, wordt geen schade aan de modules of monolieten verwacht ten gevolge van een impact van een militair vliegtuig [HS-14], §14.3.3. Tijdens fase III moet echter ook rekening gehouden worden met de gevolgen van de impact van een groot passagiersvliegtuig. Deze impact wordt verwacht aanzienlijk kleiner te zijn dan 500 μSv , een grootteorde van dosis die berekend werd voor de val van een Boeing 767 zonder de bijkomende bescherming van ondoorlatende topplaat en afdekking in rekening te brengen ([OD-172] § 4.2.4). Indien de val van een groot passagiersvliegtuig zou optreden tijdens de nucleaire reglementaire controlefase III, hetgeen zeer onwaarschijnlijk is, zal de schade aan de afdekking en mogelijke schade aan de ondoorlatende topplaat en modules geanalyseerd worden en kan er beslist worden om de afdekking plaatselijk af te graven, om inspecties aan de ondoorlatende topplaat en modules uit te voeren, en eventuele schade te herstellen.

Deze gebeurtenis kan als een ongeval worden geklasseerd.

13.5.4 Aardbeving

13.5.4.1 Beschrijving

Een aardbeving kan de structurele integriteit van de bergingsinstallatie tijdens zowel de operationele periode als de periode na sluiting beïnvloeden. Het ontwerp (modules, monolietstapels, stalen dakstructuur en betonnen sokkels en manutentiemiddelen) moet dus bestand zijn tegen een DBE (Design Basis Earthquake), bepaald op basis van een PSHA studie (Probabilistic Seismic Hazard Analysis) (zie ook [HS-04], § 4.5.4.1) zodat de insluiting van radioactieve stoffen gegarandeerd blijft ingeval een DBE optreedt.

13.5.4.2 Ontwerpmaatregelen

Het ontwerp heeft rekening gehouden met deze gebeurtenis. Om de gevolgen van een aardbeving aanvaardbaar te houden tijdens de operationele periode is bij het seismisch ontwerp van de structuur van de bergingsinstallatie rekening gehouden met de leidraad aardbevingen van de veiligheidsautoriteit [R13-14] en zijn drie referentie seismische gebeurtenissen gedefinieerd (zie ook [HS-04], § 4.5.4.4). De gedetailleerde ontwerpvereisten voor elke SSC (weerstand aan DBE50 of DBE350 naargelang de component) zijn in [HS08] § 8.5 gegeven.

- Voor fase Ia is de bergingsstructuur met marge ontworpen om een ontwerpaardbeving te weerstaan en het ontwerp maakt een veilige stop van de uitbating mogelijk.
 - ▶ De monolieten en afschermingsplaten zullen met grote marge weerstaan aan de DBE50;
 - ▶ De configuratie modulewanden met vast stalen dak weerstaat met marge aan DBE50;
 - ▶ Voor de monolietstapels is de glijding onder invloed van aardbevingen nagegaan wanneer de tussenruimte tussen de stapels nog niet is opgevuld (§5.5 [R13-11]). De monolieten zullen niet beschadigd worden door glijding van de monolietstapels voor DBE50 en zelfs voor DBE350.
- van fase Ib tot en met fase III is de ontwerpaardbeving DBE50 voor de aarden afdekking en DBE350 voor de betonnen componenten. De bergingsstructuur is met marge ontworpen om weerstand te bieden aan een dergelijke gebeurtenis ([HS-02] § 2.7.7):
 - ▶ Er is aanzienlijke marge in stabiliteit van de aarden afdekking bij aardbevingen;
 - ▶ Er is een aanzienlijke marge in weerstand tegen ontwerpaardbevingen voor de belangrijkste betonnen componenten, aangezien seismische modellen geen of weinig schade berekenen voor aardbevingen die veel zwaarder zijn dan deze beschouwd in het ontwerpproces (DBE350, aardbeving met terugkeerperiode 8575 jaar);
 - ▶ Er is geen verlies aan performantie voor de ondoorlatende topplaat, monolieten en afschermplaten bij berekeningen voor een aardbeving met terugkeerperiode 20 000 jaar (BDBE);
 - ▶ Er zijn beperkte lokale scheuren in de modulewanden, die niet doorgaand zijn, en dus geen onmiddellijke invloed op de waterstroming hebben, bij berekeningen voor een aardbeving met terugkeerperiode 20 000 jaar (BDBE).

13.5.4.3 Evaluatie van de gevolgen

Tijdens fase Ia zullen de monolieten niet met elkaar botsen of tegen de modulewanden botsen bij een DBE50.

De rolbruggen en de configuratie met stalen dak weerstaan aan een DBE50. Het ontwerp maakt een veilige stop van de uitbating mogelijk.

De monolieten die in de modules zijn geplaatst en de modules en afschermplaten weerstaan aan de DBE350, de insluiting van radioactieve stoffen blijft gegarandeerd ingeval de DBE optreedt.

Een aardbeving heeft dan ook geen radiologische gevolgen voor de werknemers, het leefmilieu en het publiek. Deze gebeurtenis wordt als een ontwerpbasisvoorval beschouwd.

13.5.5 Extreme klimaatcondities

Extreme klimaatcondities zoals sneeuw, wind, tornado's en grote temperatuurschommelingen kunnen de stalen dakstructuur tijdens de exploitatiefase Ia beschadigen, waardoor de modules mogelijk vollopen met water (i.e. regen, sneeuw, ...).

De stalen dakstructuur die tijdens de exploitatiefase Ia de modules en monolieten moet beschermen, is ontworpen om – tot een zeker niveau – wind en tornado's, sneeuw en temperatuurschommelingen te weerstaan (zie [HS-08], §8.3.2).

Van zodra de afdekking is geplaatst, vanaf exploitatiefase Ib, worden de modules en de monolieten door de afdekking beschermd tegen extreme klimaatcondities. De afdekking kan indien nodig, hersteld worden. Van zodra de afdekking geplaatst en de stalen dakstructuur verwijderd is kunnen de gebeurtenissen die hieronder verder worden besproken zich niet meer voordoen.

13.5.5.1 Extreme temperaturen: invloed van temperatuur op stalen dak en betonnen structuren (thermische uitzetting, spanning) tijdens de exploitatiefase

Beschrijving: Telkens wanneer een (stalen of betonnen) structuur een temperatuur bereikt die verschilt van de ontwerptemperatuur, kunnen thermische spanningen optreden. Verklaring hiervoor is dat de thermische uitzettingscoëfficiënt voor bouwmaterialen niet gelijk is aan nul.

Ontwerpmaatregelen: Het dak is geïsoleerd en houdt dus extreme temperaturen en temperatuurschommelingen buiten. In het ontwerp is rekening gehouden met volgende parameters (§ 6 van [OD-233]):

- Temperatuurverschil tussen staal en beton van $-10\text{ °C}/+10\text{ °C}$;
- Temperaturen van buitenlucht T_{\min} : -20 °C ; T_{\max} : $+40\text{ °C}$.

Evaluatie van de gevolgen: Er zijn geen radiologische gevolgen voor het publiek, het leefmilieu en de werknemers. Het ontwerp heeft rekening gehouden met deze gebeurtenis. Deze gebeurtenis wordt beschouwd als een ontwerpbasisvoorval.

13.5.5.2 Hevige winden / tornado's

Beschrijving: Extreme windsnelheden hebben mogelijk gevolgen voor constructies (bv. de dakbedekking tijdens de exploitatiefase Ia). Schade aan het dak van de installatie kan ertoe leiden dat de modules met daarin monolieten vollopen met regenwater (zie § 13.5.13.1) of dat de dakbedekking en/of de rolbrug op de monolieten terechtkomt.

Bij hevige winden en tornado's kunnen objecten door de wind in de gecontroleerde zone terecht komen en kunnen grote objecten de installatie beschadigen. Als referentie-object voor de inslag wordt een auto genomen. De eigenschappen van de tornado en van het object haalt men uit de Regulatory Guide 1.76 [R13-4]:

- Tornado in regio III met een maximale windsnelheid van 72 m/s. Het ontwerp is voorzien op een piektornadosnelheid van 75 m/s (de waarschijnlijkheid van blootstelling ligt in de orde van grootte van 10^{-7} /a ([OD-233], §4);

- Auto: afmetingen: 4,5 m × 1,7 m × 1,5 m; massa: 1 178 kg en een maximale verticale snelheid van 16 m/s.

Conservatief wordt:

- een impactzone van 2,55 m² genomen op één monoliet van de bovenzijde van de module (in horizontale richting worden de monolieten namelijk beschermd door de 70 cm dikke betonnen muur);
- met de bescherming door de stalen dakstructuur en de afschermingsplaten bovenop de monolieten geen rekening gehouden;
- aangenomen dat de energie na de inslag gelijk wordt verdeeld over de monoliet en de auto.

De kinetische energie van de auto wordt berekend met de formule $E_k = m \frac{v^2}{2}$ en is gelijk aan 151 kJ. De overgedragen energie bedraagt dan 75,5 kJ, wat onvoldoende is om significante schade aan de monoliet toe te brengen.

Ontwerpmaatregelen:

Het ontwerp heeft rekening gehouden met hevige winden met een pieksnelheidsdruk van 1,233 kN/m² (piektornadosnelheid 24 m/s) en een tornado met pieksnelheidsdruk van 3,517 kN/m² (piektornadosnelheid van 75 m/s) (ontwerpbasis voorval).

De stalen dakstructuur heeft een ontwerp dat hevige winden weerstaat. Met een geavanceerd waarschuwingssysteem en door de rolbrug in een veilige positie te plaatsen (boven de gangen), indien er hevige winden in aantocht zijn, blijft het risico voor de val van een rolbrug door extreme wind beperkt.

De trolleys zijn berekend op om te weerstaan aan een windbelasting van 1,233 kN/m².

Evaluatie van de gevolgen: Het ontwerp heeft rekening gehouden met deze gebeurtenis en deze kan als ontwerpbasisvoorval worden geklasseerd.

Een berekening heeft aangetoond dat als de dakbedekking toch beschadigd is en daardoor op de monolieten valt dit geen radiologische gevolgen heeft tijdens exploitatiefase Ia [R13-9] § 4.2.

Als de dakbedekking de rolbrug beschadigt, kan dit leiden tot de val van de rolbrug op de monolieten. In uitzonderlijke gevallen kan een val van de rolbrug op de monolieten, één monoliet beschadigen (§ 4.1 van [R13-9]) en afhankelijk van de weersomstandigheden een maximale radiologische impact geven < 30 µSv in de nabijheid van de site, op 250m afstand van de beschadigde monoliet ([R13-9] § 6.1.1). Hierbij werd er vanuit gegaan dat een volledige monoliet werd vernield en is er geen rekening gehouden met de aanwezigheid van de afschermplaten.

Een val van de rolbrug op de monolieten heeft dus beperkte radiologische gevolgen voor werknemers en het publiek. (<0,1 mSv) tijdens de opvulphase van de modules. Er zijn geen radiologische gevolgen voor werknemers en het publiek indien de afschermplaten al geplaatst zijn, wat de meest waarschijnlijke situatie is.

De val van de dakbedekking of rolbrug op de monolieten zijn gebeurtenissen die als incident kunnen geklasseerd worden.

De inslag van een auto of ander object door een tornado op de bergingsinstallatie zal geen significante schade aan monolieten aanbrengen en heeft geen radiologische gevolgen voor werknemers, het publiek en het leefmilieu. Deze gebeurtenis wordt als een incident geklasseerd.

13.5.5.3 Sneeuw

Beschrijving: Het effect van sneeuw op een constructie beperkt zich doorgaans tot het gewicht van het pak sneeuw op de bovenste of net daaronder liggende horizontale oppervlaktes van structuren. Meestal zijn slechts enkele structuren erg gevoelig aan zulke belastingen ([R13-8] § 4.5.1). Dit geldt wel voor lichte kaderconstructies zoals het dak (stalen structuur) van de berging waaronder de modules tijdens de exploitatiefase Ia staan. Een mogelijk gevolg daarvan is dat de dakbedekking op de rolbrug terecht kan komen (de rolbrug kan dan op de monolieten vallen), of op de monolieten zelf (zie § 13.5.5.2) Schade aan het dak van de installatie kan er eveneens toe leiden dat de modules met daarin monolieten vollopen met smeltwater (zie § 13.5.13.1)

Verder kunnen ten gevolge van extreme sneeuwval de elektrische circuits van de trolley en/of het laadstation vochtig worden en tot kortsluiting leiden (zie § 13.5.13.3).

Ontwerpmaatregelen: Het ontwerp heeft rekening gehouden met deze gebeurtenis [HS-08] § 8.5.6. De stalen dakstructuur, die gebruikt wordt tijdens de exploitatiefase Ia is in zijn ontwerp sterk genoeg om een dakbelasting van 0.50 kN/m² jaar aan te kunnen.

Bij hevige sneeuwval wordt de sneeuwdikte gemeten. Als de belasting te groot wordt, wordt de sneeuw van het dak geruimd.

Om kortsluiting te vermijden aan de elektrische circuits van de trolley en/of het laadstation, is een weersbestendig ontwerp voorzien.

Evaluatie van de gevolgen: In §13.5.5.2 werd reeds aangetoond dat, indien de dakbedekking op de monolieten valt er geen radiologische gevolgen zijn en wanneer de rolbrug op de monolieten terecht komt, de radiologische gevolgen beperkt blijven. Deze gebeurtenis wordt als een ontwerpbasisvoorzak beschouwd.

13.5.6 Extreme vochtigheid, met inbegrip van mist, vorst en verdamping

13.5.6.1 Beschrijving

Extreme vochtigheid kan tijdens exploitatiefase Ia aanleiding geven tot condensatiewater in de modules. Zolang het drainagesysteem nog in werking is, wordt het eventuele condensatiewater afgevoerd via het drainagesysteem.

Van zodra de afdekking is geplaatst, vanaf exploitatiefase Ib, worden de modules en de monolieten door de afdekking beschermd en zorgt deze ervoor dat er bijna geen temperatuursvariatie meer is binnen de modules.

13.5.6.2 Ontwerpmaatregelen

De dakstructuur wordt geïsoleerd om de hoeveelheid condensatiewater te beperken, de verwachte volumes condensatiewater zijn veel kleiner dan in geval van zware regenval (zie bijlage 1 van [OD-233]). Het drainagesysteem werd zodanig gedimensioneerd dat het voldoende capaciteit heeft om al het

regenwater op te vangen, indien de dakstructuur van één module het bij zware regenval begeeft (§13.5.13).

Van zodra het drainagesysteem buiten werking is gesteld, tijdens de sluitingsfase, zal een anti-badkuipsysteem ([HS-10], §10.2) de accumulatie van water in de modules tegengaan.

13.5.6.3 Evaluatie van de gevolgen

Het ontwerp heeft rekening gehouden met deze gebeurtenis, er zijn geen radiologische gevolgen voor de werknemers, het publiek en het leefmilieu. De gebeurtenis wordt beschouwd als een incident.

13.5.7 Rechtstreekse zonnestraling

13.5.7.1 Beschrijving

Rechtstreekse zonnestraling kan aanleiding geven tot extreme temperaturen op het stalen dak en de betonnen structuren (zie §13.5.5.1). Van zodra de afdekking is geplaatst, vanaf exploitatiefase Ib, worden de modules en de monolieten door de afdekking beschermd tegen rechtstreekse zonnestraling.

13.5.7.2 Ontwerpmaatregelen

Zie §13.5.5.1.

13.5.7.3 Evaluatie van de gevolgen

Er zijn geen radiologische gevolgen voor de werknemers, het publiek en het leefmilieu. Het ontwerp heeft rekening gehouden met deze gebeurtenis. Deze gebeurtenis kan als een incident worden geklasseerd.

13.5.8 Bliksem

13.5.8.1 Beschrijving

De functionaliteit van elektrische installaties en apparaten, en dan met name de I&C-apparatuur, kan in het gedrang komen door blikseminslag. Bliksem kan dus bijvoorbeeld schade berokkenen aan de elektrische circuits van de installaties en de installaties buiten werking stellen. (Zie § 13.4.1, §13.4.6, §13.4.7, §13.4.10).

13.5.8.2 Ontwerpmaatregelen

De gebouwen op de site zullen worden beschermd tegen blikseminslag [R13-7], §6, er zal een aangepast bliksembeveiligingssysteem geïnstalleerd worden om de elektronische en elektrische circuits van de installatie te beschermen tegen blikseminslag.

13.5.8.3 Evaluatie van de gevolgen

Voor het stilvallen van trolley wanneer deze een monoliet vervoert, of de rolbrug tijdens de manipulatie van een monoliet (zie § 13.4.6).

Voor het wegvallen van monitoring, zie §13.4.1; voor het wegvallen van alarminstallaties, zie § 13.4.7

De gebeurtenis kan als incident worden geklasseerd.

13.5.9 Storing van I&C ten gevolge van natuurlijke elektromagnetische interferentie en van interferentie door menselijke activiteiten buiten de site

Elektromagnetische interferentie kan ontstaan door natuurlijke fenomenen zoals zonneuitbarstingen. Deze fenomenen kunnen storingen veroorzaken in de I&C-apparatuur. Door I&C-apparatuur te gebruiken met EMC-kwalificatie (Electromagnetische Compabiliteit) zal het risico op elektromagnetische interferentie geminimaliseerd worden. (zie ook §13.4.10).

13.5.10 Geotechnische gebeurtenissen

13.5.10.1 Beschrijving

Geotechnische gebeurtenissen kunnen de structurele integriteit van de bergingsinstallatie beïnvloeden (zie ook § 13.4.11 en § 13.5.4) tijdens fase Ia, Ib, II en III.

13.5.10.2 Ontwerpmaatregelen

De stabiliteit van het funderingsmateriaal werd beschouwd bij het ontwerp. De draagkracht van het terrein werd gecontroleerd [OD-166] § 4.6 en er wordt bij de keuze van de te installeren materialen rekening gehouden met bepaalde eigenschappen en de gewenste verdichting. Liquefactie van de bodem wordt veroorzaakt door groundbeweging, waarbij de mate ervan afhankelijk is van het potentieel voor liquefactie van de ondergrond van de voorgestelde site en van de intensiteit van de grondvibratie. De liquefactie-studie toont aan dat de algehele structurele integriteit onaangetast blijft [OD-179] §5.

13.5.10.3 Evaluatie van de gevolgen

Door het ontwerp kunnen de geotechnische gebeurtenissen de integriteit van de bergingsinstallatie niet in het gedrang brengen. Er zijn geen radiologische gevolgen voor de werknemers, het publiek en het leefmilieu.

Deze gebeurtenis kans als incident worden geklasseerd.

13.5.11 Impact van land- en waterplanten en –dieren (ecologische successie, vegetatie, knaagdieren, vogels en andere dieren in het wild)

13.5.11.1 Beschrijving

Uitwerpselen van vogels kunnen de stalen dakstructuur beschadigen tijdens fase Ia (corrosie). Planten en dieren kunnen de afdekking beschadigen van zodra deze geplaatst is tijdens fase Ib, II en III.

13.5.11.2 Ontwerpmaatregelen

De bovenkant van de stalen dakstructuur is beschermd door een membraan (bv. EPDM) en er worden regelmatig inspecties uitgevoerd van de stalen dakstructuur, met inbegrip van de bovenkant. De monolieten worden tijdens het vullen van de modules beschermd door afschermingsplaten.

In de afdekking is een bio-intrusielaag voorzien. Er zijn regelmatige controles voorzien van de afdekking. De biologische laag kan hersteld worden.

13.5.11.3 Evaluatie van de gevolgen

Tijdens exploitatiefase Ia zijn de stalen dakstructuur en de monolieten beschermd tegen de mogelijke gevolgen van uitwerpselen van vogels.

Van zodra de afdekking geplaatst is tijdens fase Ib, II en III worden er geen gevolgen verwacht voor SSC's met operationele of langetermijnveiligheidsfuncties. De functie van de afdekking blijft gegarandeerd door visuele inspectie en indien nodig door herstelmaatregelen.

Het ontwerp heeft rekening gehouden met deze gebeurtenis. De gebeurtenis heeft geen radiologische gevolgen voor de bevolking en het publiek, het leefmilieu en de werknemers. Deze gebeurtenis wordt beschouwd als een ontwerpbasisvoorval.

13.5.12 Stroomonderbrekingen

13.5.12.1 Beschrijving

De functionaliteit van elektrische installaties en apparaten kan onderbroken worden (zie ook § 13.4.1, § 13.4.6, § 13.4.7, § 13.4.8 en § 13.4.10).

Vanaf fase Ib worden geen monolieten meer gemanipuleerd, wat maakt dat het verlies van monitoringfuncties het belangrijkste gevolg is van stroomonderbrekingen vanaf fase Ib (zie § 13.4.1).

13.5.12.2 Ontwerpmaatregelen

Uitbatingsprocedures zullen aangeven dat de uitbating bij het wegvallen van de elektriciteit (interne of externe oorzaak) dient te worden beëindigd.

Elektrische noodstroomvoorziening en UPS zorgen ervoor dat bij stroomonderbrekingen de lopende activiteiten waar nodig kunnen afgewerkt worden (bijvoorbeeld opslag van kritische data in servers vooraleer uitschakeling) of verder uitgevoerd worden (monitoring, alarmen, branddetectie,...), zodat de inrichting in een veilige toestand kan gebracht worden. De noodstroomvoorziening en het UPS-systeem worden besproken in [HS-08] § 8.5.9.4.

Er zullen minimum brandstofvoorraden worden vastgelegd zodat de diesegroepen afdoende tijd onafgebroken kunnen draaien zonder dat er van buiten de site brandstof moet worden aangevoerd.

Tevens worden transfersystemen voorzien waarmee de brandstof tussen de verschillende tanks kan worden overgeheveld waarmee de autonomie van de diesegroepen indien nodig kan verlengd worden.

13.5.12.3 Evaluatie van de gevolgen

De gebeurtenis geeft geen aanleiding tot radiologische gevolgen voor het publiek en het leefmilieu. Tijdens exploitatiefase Ia kan een interventie door werknemers echter wel noodzakelijk zijn in geval van het stilvallen van een trolley tijdens transport van een monoliet of het stilvallen van de rolbrug tijdens manipulatie van een monoliet. Indien een interventie noodzakelijk blijkt, zal een ALARA studie worden uitgevoerd in voorbereiding van de interventie. Een eerste inschatting van de dosis voor deze interventie wordt in [R13-3] berekend: de geschatte dosis voor de interventie is <1 mSv. De gebeurtenis kan als incident worden geklasseerd.

Voor fase Ib, II en III zijn er geen radiologische gevolgen voor de werknemers en het publiek, en het leefmilieu.

13.5.13 Neerslag, waaronder regen, hagel, sneeuw en ijs (met inbegrip van sneeuwlagen en ijslagen)

13.5.13.1 Regen: modules die vollopen

Beschrijving: Indien modules met daarin monolieten vollopen met water (bijvoorbeeld regenwater, infiltratiewater, ...), moet het water zo snel mogelijk afgevoerd worden om degradatie van monolieten/modules, radioactieve besmetting van water en daaropvolgende verspreiding van radionucliden uit de berging naar de biosfeer tijdens de operationele periode te vermijden.

Ontwerpmaatregelen:

Boven de modules is een stalen dakstructuur voorzien om water in de modules zo veel mogelijk te vermijden. Verder is in het ontwerp van de installatie een gescheiden, gravitatiegebonden drainagesysteem voorzien dat het water van opgevlude of in opvulling zijnde modules opvangt (zie § 13.4.2) met voldoende capaciteit om regenwater op te vangen, indien de dakstructuur van één module het bij zware regenval begeeft. Het water dat opgevangen wordt dat afkomstig is van opgevlude of in opvulling zijnde modules wordt steeds na controle afgevoerd voor behandeling naar Belgoproces.

Wanneer de dakstructuur is weggehaald, zorgt een afdekking ervoor dat zo weinig mogelijk water in de modules loopt. Tijdens de sluitingsfase wordt de buffertank verwijderd maar zal een anti-badkuipsysteem ([HS-10], §10.2) de accumulatie van water in de modules voorkomen van zodra het drainagesysteem buiten werking is gesteld.

Evaluatie van de gevolgen: Het ontwerp heeft rekening gehouden met deze gebeurtenis, er zijn geen radiologische gevolgen voor de werknemers en het publiek en het leefmilieu. De gebeurtenis wordt beschouwd als een ontwerpbasisvoorval.

13.5.13.2 Neerslag: beschadiging van de stalen dakstructuur

Beschrijving: De stalen dakstructuur kan door neerslag of een teveel aan neerslag beschadigd worden tijdens fase Ia. De stalen dakstructuur voorkomt het contact van afval met water tijdens de operationele periode (zie ook § 13.5.5).

De stalen dakstructuur zou op de monolieten of op de rolbrug kunnen vallen. (zie ook § 13.5.5.2).

Vanaf fase Ib is de stalen dakstructuur verwijderd en kan de gebeurtenis dus niet meer voorkomen.

Ontwerpmaatregelen: Het dak is voorzien van spuwers die vermijden dat water zich ophoopt en een te zware belasting zou vormen. De hoogte van de spuwers wordt vastgelegd op 5 cm zodat de belasting < 0,5 kN/m² blijft, wat lager is dan de ontwerpwaarde [HS-08] § 8.5.9.4.

De spuwers treden in werking als het waterniveau op het dak te hoog dreigt te worden. Dit kan zijn in geval van een regenbui die heviger is dan de ontwerpwaarde of indien er enkele afvoerbuizen verstopt zouden zijn.

Het water dat geëvacueerd wordt via de spuwers valt onderaan tussen de bekleding van de dakstructuur en de sporen en wordt uiteindelijk afgevoerd via de drainage die voorzien is onder de sporen.

Als het dak toch zou falen, kan het hersteld worden.

Evaluatie van de gevolgen: Het vallen van de stalen dakstructuur of de rolbrug op de monolieten heeft weinig tot geen gevolgen ([R13-9] § 6.1.1) (radiologische impact < 0,1 mSv) (zie ook § 13.5.5.2). Een

doeltreffende toepassing van de ontwerpmaatregelen houdt het eventuele radiologische risico beperkt en maakt dat de mogelijke radiologische gevolgen voor het leefmilieu, de werknemers en het publiek binnen aanvaardbare grenzen blijven tijdens fase Ia.

De gebeurtenis kan als incident worden geklasseerd.

13.5.13.3 Neerslag: kortsluiting in de trolley en/of het laadstation van de trolley

Beschrijving: Bij neerslag kunnen waterdruppels van het regenscherm van de trolley op het elektrisch circuit van de trolley vallen en kortsluiting geven.

Ontwerpmaatregelen: Er is een weersbestendig ontwerp voorzien voor de trolley en het laadstation van de trolley, zodat bij er bij hevige neerslag (sneeuw, regen) geen kortsluiting in de elektrische circuits kunnen optreden.

Evaluatie van de gevolgen: Een doeltreffende toepassing van de ontwerpmaatregelen zorgt ervoor dat er geen radiologische gevolgen zijn voor de het publiek, de werknemers en het leefmilieu.

De gebeurtenis kan als incident worden geklasseerd.

13.5.13.4 IJs: trolley ontspoord

Beschrijving: IJs op de sporen kan de trolley doen ontsporen, terwijl deze een monoliet vervoert. Hierdoor valt de monoliet mogelijk uit de container. De hoogte van de monoliet op de trolley bedraagt ongeveer 1 m. de valhoogte is dus beperkt en kleiner dan wat beschouwd werd in § 13.4.12.

Een interventie kan noodzakelijk zijn voor de recuperatie van de monoliet.

Na exploitatiefase Ia is deze gebeurtenis uitgesloten, omdat er geen transport meer is van monolieten met een trolley.

Ontwerpmaatregelen:

Er zijn verschillende voorzorgsmaatregelen genomen in het ontwerp om een ontsporing te voorkomen:

- ontijzingssysteem voor de sporen
- snelheidsbeperking voor de trolley.
- geen transport van monolieten bij extreme weersomstandigheden.

Evaluatie van de gevolgen: Een doeltreffende toepassing van de ontwerpmaatregelen zorgt ervoor dat de kans op ontsporing van de trolley aanvaardbaar laag is. Indien er toch een ontsporing optreedt zijn er geen radiologische gevolgen voor het publiek. (zie ook § 13.4.12).

Een interventie door werknemers kan echter wel noodzakelijk zijn, waarbij de gevolgen voor de werknemers gelijkaardig zijn aan de gevolgen berekend voor andere incidenten waar een interventie door werknemers nodig is [R13-3]: de geschatte dosis voor de interventie is <1 mSv.

De gebeurtenis kan als incident worden geklasseerd.

13.6 Aanbevelingen

Op basis van de risicograden zijn tijdens de beide HAZID studies en tijdens de SWIFT risicoanalyse aanbevelingen geformuleerd om het risico verder te verkleinen tot een finaal aanvaardbaar risico. De lijst van op te volgen aanbevelingen is opgenomen in “Lijst van aanbevelingen”.

Deze aanbevelingen zullen periodiek worden overlopen en opgevolgd worden (zie bijlage 4 van [OD-271]), om te verzekeren dat een passend antwoord gegeven wordt op de aanbevelingen.

Aangezien zeer veel aanbevelingen betrekking hebben op aspecten van de technische lastenboeken is de periodiciteit grotendeels hierop afgestemd. Daarom wordt er op de volgende momenten een controle uitgevoerd:

- Na ontvangst van de draft technische lastenboeken;
- Voor de definitieve goedkeuring van de versie ‘ready to be published’ van de technische lastenboeken;
- Voor de gunning van de opdracht;
- Voor de oplevering van de werken.

Er wordt gewerkt met versiebeheer om de naspeurbaarheid van de aanbevelingen te garanderen.

13.7 Conclusie

De oppervlaktebergingsinstallatie werd geoptimaliseerd om de doses voor werknemers en publiek bij normale uitbatingsomstandigheden, tijdens de operationele periode, zo laag als redelijkerwijze mogelijk te houden. Deze doses zijn lager dan de geldende dosisbeperkingen.

Bij het ontwerp van de oppervlaktebergingsinstallaties werd rekening gehouden met gebeurtenissen van externe oorsprong (ontwerpbasis voorvallen): dijkbreuk, aardbeving, extreme klimaatcondities, bosbrand, neerslag met als gevolg het vollopen van modules en impact van land- en waterplanten en dieren, zodat er steeds beperkte radiologische gevolgen zijn, en doses voor werknemers en bevolking lager zijn dan de geldende dosisbeperkingen.

De risicoanalyse waarin incidentele situaties van interne en externe oorsprong geëvalueerd werden toont in voorkomende gevallen steeds beperkte radiologische gevolgen voor werknemers (< 1 mSv) en beperkte radiologische gevolgen voor het publiek ($< 0,1$ mSv).

Een doeltreffende toepassing van de ontwerpmaatregelen zorgt ervoor dat het onwaarschijnlijk is dat de gebeurtenissen van interne oorsprong zich voordoen. Bovendien voorzien uitbatingsprocedures een stop van de uitbating bij bepaalde gebeurtenissen en bij extreme weersomstandigheden.

Het referentieongeval tijdens de operationele periode is de impact van een militair vliegtuig op de bergingsinstallatie. Dit ongeval geeft de grootste radiologische gevolgen voor de naburige bevolking. De radiologische gevolgen zijn lager dan $100 \mu\text{Sv}$ (zie § 13.5.3.3).

Voor de uitbating van de berging effectief van start zal gaan, zal een nieuwe risicoanalyse uitgevoerd worden, deze zal minimaal herhaald worden bij iedere periodieke herziening. Voor de start van de sluitingsfase zal een risicoanalyse worden uitgevoerd op de activiteiten m.b.t. de sluiting.

13.8 Referenties hoofdstuk 13

13.8.1 Lijst van referenties

- [R13-1] FANC 2008-175-F Acceptabilité des expositions potentielles dues à des événements initiateurs d'origine externe ou interne visant des établissements de dépôt de déchets radioactifs, FANC nota 2012-06-21-JPW-5-4-5-FR, (11/06/2010)
- [R13-2] VNS, Forest fire risk assessment, VNS-TR-13-014 rev. 1 (19/9/2013)
- [R13-3] VNS-TR-16-055 Rev.1, Evaluation de la dose reçue par les travailleurs en cas d'intervention suite à deux incidents se produisant durant la période opérationnelle de l'installation de stockage de déchets de catégorie A en surface. (3/07/2017)
- [R13-4] US-NRC, Regulatory Guide 1.76: Design Basis Tornado and Tornado Missiles for Nuclear Power Plants rev. 1 (Maart 2007)
- [R13-5] FANC, Leidraad over de beschouwing van gebeurtenissen met een externe oorsprong bij het ontwerp van de bergingsinstallatie, 008-241-N, herz. 2 (2010)
- [R13-6] Belgoproces, Valtest Monoliet BP, UBT/2010-03526 (10/10/2011)
- [R13-7] VNS, Lightning Risk assessment, VNS-TR-13-010 Rev. 1, (19/09/2013)
- [R13-8] IAEA-TECDOC-1347, Consideration of external events in the design of nuclear facilities other than NPP, with emphasis on earthquakes, IAEA (2003)
- [R13-9] VNS, Radiological impact of the roof or bridge crane collapse during the operational phase of the Category A waste repository at Dessel, VNS-TR-16-10 Rev1 (21/11/2018)
- [R13-10] Koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen (20/07/2001)
- [R13-11] VNS, Seismic assessment of the stack of the monoliths in the cAt disposal facility during the operational phase, VNS-TR-13-32, Rev 1, (04/10/2013)
- [R13-12] /Tractebel Engineering, Analyse déterministe des risque incendie, ONDRAF/4NT/0376625/000/00, 10/07/2015
- [R13-13] ONDRAF/NIRAS, List of selected events of internal and external origin – Project near surface disposal of category A waste – NIROND-TR 2011-70E Version 1, 30/01/2012.
- [R13-14] FANC-AFCN, Leidraad aardbevingen, Nota 007-125-N, FANC-MP1-06, december 2009

13.8.2 Lijst van ondersteunende documenten

- [OD-084] ONDRAF/NIRAS, Inschatting van het overstromingsrisico ter hoogte van de noordelijke nucleaire site te Dessel-Mol, NIROND TR-2011-26 N V1(08/03/2011)
- [OD-097] TRACTEBEL, Bepaling van de probabilliteit van vliegtuigval, TIERSDI/4NT/6164/002/01 (09/02/2010)
- [OD-098] VNS, Assessment of ONDRAF/NIRAS disposal modules under extreme loadings (aircraft impact), VNS-TR-13-034 Rev 2 (23/03/2015)

Hoofdstuk 13: Veiligheidsevaluatie - Operationele veiligheid

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel

- [OD-165] ONDRAF/NIRAS, Detail Design Layout, NIROND-TR 2011-60E V2 (september 2018).
- [OD-166] ONDRAF/NIRAS. Details Design Modules, NIROND-TR-2011-55E V3, (september 2018).
- [OD-172] VNS, APC radiological consequences for the category A waste disposal facility, VNS-TR-18-009 (Rev.1) (21/11/2018)
- [OD-179] ONDRAF/NIRAS, Liquefaction analysis & settlements due to earthquakes, NIROND-TR 2011-23 E V2 (November 2016)
- [OD-233] ONDRAF/NIRAS, Climatic Design Loads, NIROND-TR 2011-82 E V3, juni 2018
- [OD-271] ONDRAF/NIRAS, Risico-analyse NIRAS Site Dessel, NIROND-TR 2015-03 N V2, februari 2018
- [OD-280] ONDRAF/NIRAS, Verification & Validation of HOTSPOT for the radiation dispersion calculations in the framework of the project of near surface disposal of category A waste at Dessel, NIROND-TR 2016-10 E V1, 04/10/2016.

Bijlage 13-1: Lijst van aanbevelingen

Lijst van verplicht op te volgen aanbevelingen voortvloeiende uit de eerst uitgevoerd HAZID studie

1. In case of fire, the fire brigade will intervene. A discussion is to be organised with the fire brigade to discuss issues like prevention of contaminated fire water, emergency fire water supply, ... In order to limit fire risk: Limit flammable material (electrical cables) 26. In case of fire, the fire brigade will intervene. To avoid contaminated fire water, powder extinguishing should be used. Discussion to be organised with fire brigade
2. In order to manage HSE risks (including radiation and contamination risks), a HSE management system to be implemented for the installations.
3. If fire water storage has to be provided on site, this could introduce a risk for local flooding. Re-evaluate in relation with fire protection strategy and discussions with fire brigade
4. The control system is important for the safe operation of the installation. Investigate necessity of redundancy of instrumentation in accordance with the process risk
5. Competence and sufficient training is an important part of safe installation operation. Foresee enough time between selecting operators and start of work to give necessary training
6. Consider necessity of 3D model of installation for simulation of operations and construction
7. Several parties are involved in later operation of the installation. Main responsibilities between ONDRAF/NIRAS and Belgoprocess have been defined. Details of responsibilities have to be clarified

Lijst van verplicht op te volgen aanbevelingen/studies voortvloeiende uit de tweede HAZID analyse

1. Internal event 6: in case of fire, pumps can't be operated due to power supply failure. The concern of the unavailability of water due to power supply failure must be studied with account taken of the input of fire water brigade.
2. Internal event 7: no fire water is available. The concern of unavailability of water must be studied with account taken of the input of fire water brigade.
3. Internal event 20: the effects of a local flooding by the fire protection system must be re-evaluated in relation with fire protection strategy and discussions with the fire brigade.

Lijst van verplicht op te volgen aanbevelingen voortvloeiende uit de SWIFT analyse

1. Voorzien van een weerbestendig ontwerp van het elektrisch laadstation (van de batterijen van de transportcontainer) tegen regen, vocht, ter preventie van kortsluiting in elektrische installaties.
2. Visuele inspectie van de onderzijde van de monolieten dient voorzien te worden (in IPM) om negatieve langetermijneffecten (aantasting eerste barrière) te voorkomen.
3. Voorzie coördinaatlatten op de liggers en de rolweg van de rolbrug om visuele controle van de positie van de grijper toe te laten door de operator.
4. Voorzie een eindloopschakelaar die ervoor zorgt dat de xy beweging in automatische mode pas kan beginnen indien grijper op de hoogste positie is (redundante uitvoering), ter vermindering van een eventuele botsing van de grijper met de last tegen de modulewand.
5. Er dient in de ontwerpcondities van het dak rekening gehouden worden met lokale ophopingen van sneeuw (ter hoogte van borstwering, ...).
6. Voorzie een technische maatregel om schade aan modulewand te voorkomen tijdens het gieten van beton. (vb. kubel of betonpomp buiten opgesteld)

7. Gebruik leidingen voor beton die de maximale pompdruk kunnen weerstaan, ter voorkoming van een eventuele leidingbreuk bij een verstopte leiding.
8. Voorzie een overdrukbeveiliging in het betoncircuit, ter voorkoming van een eventuele leidingbreuk.
9. Er dient een technische oplossing uitgewerkt te worden voor het veilig verwijderen van de tijdelijke tussenwand van het dak, ter voorkoming van beschadiging van een modulewand en/of persoonlijk letsel door val van een deel van het dak/"sheetings"/gereedschap tijdens de verwijdering ervan.
10. Onderzoek de ontmanteling van de dakstructuur meer in detail om een accuratere inschatting van het risico te kunnen maken.

Bijlage 13-2: Lijst van gebruikte afkortingen

| | |
|-----------|--|
| ALARA | Zo laag als redelijkerwijze mogelijk (As Low As Reasonably Achievable) |
| DBE | Ontwerpaardbeving (Design Basis Earthquake) |
| DBA | Ontwerpbasis voorval (Design Basis Accident) |
| FANC/AFCN | Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle/Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire |
| HAZID | Risico-identificatie techniek (HAZard Identification Study) |
| I&C | Instrumentatie en controle (Instrumentation and Control) |
| PLC | Programmable Logic Controller' |
| SFP | Single Failure Proof of enkelvoudig storingsvrij |
| SSC | Systemen, Structuren, Componenten |
| SWIFT | Risico-analyse techniek (Structured What-if Technique) |
| TAW | Tweede Algemene Waterpassing |
| UPS | Ononderbroken stroomvoorziening (Uninterruptible Power Supply) |
| USNRC | Amerikaans nucleair regelgevend agentschap (United States Nuclear Regulatory Commission) |

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