

Registered Office

 Herrmann-Debrouxlaan 40
 1160 Brussel – Belgium

Foundation of Public Utility

VAT BE 406.568.867

Research Centres

 Boeretang 200
 2400 Mol – Belgium

Chemin du Cyclotron 6

1348 Ottignies-Louvain-la-Neuve – Belgium

Reference N°	Creation Date	
SCK CEN/38504582	2020-05-13	
Alternative Reference N°	Revision	Version
N/A	1.0	4
ISC	Revision Status	
Public	Approved	

External report - ER - SCK CEN.docx

Authors*

Kurt Van den Dungen

Approval information for current revision*

Name	Outcome	Date
Luc Noynaert	Approved	2020-05-13
Luc Denissen	Approved	2020-05-14

Change log*

Revision	Version	Status	Date	Description of change
1.0	4	Approved	2020-05-13	

**This automatically generated cover page shows references and workflow status information as were available in the Alexandria document management system on 2020-05-14. Please refer to Alexandria for current and complete metadata, or to the document contents and/or author for additional information.*



Modularisatie: Chemische Decontaminatie

Veiligheid en Reglementering

Authors: K. Van den Dungen, L. Denissen

Affiliations: DDW

Project in kader van Energietransitiefonds
Samenwerking tussen SCK CEN en Tecnubel
Rapport ingediend bij FOD Economie

Contract name: ETF_Modularisatie
Contract number: CO-90-18-4704-00
Publication date: 2020-05-14



© SCK CEN – Publication date 2020-05-14

Stichting van Openbaar Nut - Fondation d'Utilité Publique - Foundation of Public Utility

Registered Office:

Avenue Herrmann Debroux 40 - 1160 Brussel – Belgium

Research Centres:

Boeretang 200 - 2400 Mol - Belgium

Chemin du Cyclotron 6 - 1348 Ottignies-Louvain-la-Neuve - Belgium

www.sckcen.be

Copyright rules

All property rights and copyright are reserved to SCK CEN. This document contains data, information and formats for dedicated use only and may not be communicated, copied, reproduced, distributed or cited without the explicit written permission of SCK CEN. Any infringement to this rule is illegal and entitles to claim damages from the infringer, without prejudice to any other right e.g. in case of granting a patent or registration in the field of intellectual property.

Table of content

Glossary of abbreviations.....	4
Abstract.....	5
Keywords.....	6
Introduction	7
Aspect veiligheid	7
Algemene risico-inventarisatie en -evaluatie	7
ALARA Aanbevelingen	9
Aspect reglementering	11
References	13

Glossary of abbreviations

PBM	Persoonlijke BeschermingsMiddelen
CBM	Collectieve BeschermingsMiddelen
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
EMC	ElektroMagnetische Compatibiliteit
RoHS	Restriction of Hazardous Substances
PED	Pressure Equipment Directive

Abstract

Mobiele installaties voor decommissioning werkzaamheden hebben een aantal potentiële voordelen ten opzichte van de meer traditionele aanpak met installaties vast geïnstalleerd in gebouwen. De specifieke kenmerken van zulke mobiele units vereisen een grondige en globale evaluatie inzake haalbaarheid.

Dit rapport belicht de aspecten van risicobeoordeling, radiologische veiligheid en wettelijke reglementering.

Keywords

Modularisatie

Chemische decontaminatie

Introduction

Decommissioning van nucleaire installaties vereist het gebruik van installaties en technieken voor ontmanteling en decontaminatie die niet standaard aanwezig waren tijdens de fase van uitbating. Deze installaties kunnen op/ingebouwd worden als een soort van semipermanente installatie gedurende de ganse fase van ontmanteling, en na afloop mee ontmanteld en gedemonteerd worden.

Een modulaire approach ten aanzien van decommissioning gaat uit van mobiele units, die tegemoet komen aan een tijdelijke nood aan dit type van specifieke installaties. Deze units zijn eenvoudig transporteerbaar, vlot en veilig installeerbaar en gebruiksklaar, snel aan/afkoppelbaar, meervoudig inzetbaar, ... Deze manier van werken kan een goed alternatief of aanvulling zijn op de meer traditionele aanpak

Decontaminatie in de vorm van circulatie van chemische oplossingen op een modulaire manier wordt in deze studie specifiek uitgelicht voor een onderzoek naar technische aspecten, kost, reglementering en veiligheid. Dit rapport inventariseert de risico's op het vlak van klassieke en radiologische veiligheid, en evalueert deze in het licht van de bestaande reglementering.

Het extern rapport 10.276/0025 ETF_Modularisatie behandelt de technische en economische aspecten van de modulaire installatie voor chemische decontaminatie. Voor een goed begrip is het aan te raden om eerst dit rapport te lezen. De combinatie van beide rapporten vormt een goede basis voor diepgaande analyse naar de mogelijke toepassing er van.

Aspect veiligheid

Algemene risico-inventarisatie en -evaluatie

Het inzetten van een modulaire installatie voor chemische decontaminatie is onlosmakelijk verbonden met een aantal intrinsieke en weerkerende gevaren en bijhorende risico's ongeacht het specifieke ontwerp en de specifieke toepassing in een welgedefinieerde omgeving. De gevaren en risico's hieraan gelinkt, zullen in deze fase geïdentificeerd en nader bepaald worden. Een gedeelte van deze risico's kan ondervangen worden in een geoptimaliseerd ontwerp van de specifieke modules en/of via preventieve maatregelen verkleind worden.

Daarnaast zullen deze modules ingezet worden in verschillende nucleaire omgevingen, organisaties, werkregimes, arbeidsvoorwaarden, omstandigheden, ... en bediend worden door verschillende werknemers die leiden tot unieke gevaren en bijhorende risico's. De gevaren en risico's hieraan gelinkt, dienen telkens opnieuw geïdentificeerd en nader bepaald te worden, en maken daarbij geen deel uit van de huidige oefening.

Gevaren

Gezien de toepassing en de daarbij horende nood aan arbeidsmiddelen, processen, gevaarlijke stoffen, ... kunnen we dus reeds a priori een aantal gevaren definiëren.

Chemische decontaminatie van radioactief besmette circuits houdt de circulatie in van corrosieve en bijtende oplossingen - potentieel radioactief en stralend - op verhoogde temperaturen. Dit wordt bewerkstelligd door een assortiment procesonderdelen die op een welbepaalde manier met elkaar verbonden zijn en samenwerken, onder bediening en controle door verschillende individuen.

Gevaren gelinkt aan:

- de installatie en haar verschillende componenten
 - ontwerp en technische integriteit
 - roterende onderdelen
 - materiaalkeuze
 - onderhoud
- de elektrische aandrijving en sturing
- het chemische aspect
 - intrinsieke eigenschappen van gebruikte chemicaliën (gevaarlijke stoffen)
 - oplossingen, concentraties
 - gebruik, vervoer, opslag
- het nucleaire aspect
 - radioactiviteit in oplossing en/of vastgezet op bepaalde oppervlaktes
 - straling
- het thermische aspect
 - hete oppervlakken
- het circuleren van een oplossing
 - lekgevaar

- de modulaire opbouw
 - verkeerde of verkeerd geplaatste connecties
- het mobiele karakter
 - ladingzekerheid (valgevaar bij verplaatsing)
- de bediening door personeel
 - incorrecte handelingen

Risico's

Blootstelling aan bovenstaande gevaren kan leiden tot mogelijke schade. De waarschijnlijkheid dat dit zich voordoet, wordt vertaald in risico's. Een eerste stap in risicoanalyse is inventarisatie van de aanwezige risico's met betrekking tot veiligheid, gezondheid en welzijn.

Risico's gelinkt aan:

- arbeidsmiddelen
 - schade aan installaties, letsels bij personeel tgv incorrecte werking
 - mechanisch en/of elektrisch falen componenten
 - installaties (tijdelijk) onbruikbaar
 - elektrisering, brand
 - fouten in automatische bediening/controle installaties
 - verlies van controle over proces
 - verlies van/problemen met connecties/snelkoppelingen
 - lekken
 - ongewenst contact met procesinhoud
 - schade aan installaties, letsels personeel tgv ongecontroleerde verplaatsing
 - foutieve ladingzekering
 - ongeval met transportmiddel
 - ongeval bij laden/lossen (hijswerkzaamheden)
 - kantelen, slingeren, vallen van last
- procesomstandigheden
 - gevaarlijke stoffen
 - schade aan installaties, letsels bij personeel tgv ongewenst contact met gevaarlijke stoffen
 - lekken
 - foutieve werking
 - brand
 - persoonlijke letsels (irritaties, brandwonden)
 - straling/besmetting
 - opname van radioactieve deeltjes
 - opname van (overdreven) ioniserende straling
 - verspreiding van besmetting tgv lekken
 - temperatuur
 - brandwonden tgv contact met hete oppervlakken
 - schade aan installaties, componenten tgv oververhitting
- personeel en organisatie
 - schade aan installaties, letsels bij personeel tgv onvoldoende kennis en ervaring

Evaluatie

Om waardevol en zo volledig mogelijk te zijn, dienen zulke analyses van de risico's zowel vanuit het perspectief van de installaties als van de werknemers bekeken te worden:

- Storingsanalyses: opsporen van ongewenste situaties
- Taakanalyses: concrete werkvloerscenario's en het overlopen van taakstappen leidend tot bepaalde ongewenste effecten.

De volgende stap in risico-analyse is de evaluatie van de opgesomde risico's die niet kunnen voorkomen worden. Hiertoe bestaan er verscheidene methodes, gebaseerd op ranking/prioritisering uitgaande van een kwantitatieve inschatting van het effect (de schade) en de kans (de waarschijnlijkheid en mate van blootstelling) dat een gevaar zich manifesteert.

Aangezien de specifieke (werking van de) installatie in een welbepaalde omgeving op deze moment niet gedefinieerd is, is de uitvoering van zulke kwantitatieve evaluatie van de grootte van mogelijke risico's voorbarig en per definitie onvolledig.

Het is wel duidelijk dat de grootte van bovenvermelde risico's kan gereduceerd worden door gepaste maatregelen in ontwerp, fabricage en uitvoering.

Aanbevelingen ter preventie en inperking van risico's

Installaties voor chemische decontaminatie worden aan zware en wisselende condities blootgesteld, zoals wisselende temperaturen in combinatie met corrosieve inhoud. Betrouwbaarheid, duurzaamheid en veiligheid bij ontwerp en fabricage zijn daarom altijd de hoogste prioriteit:

- Voldoen aan strenge eisen en (wettelijke) normen
- Voldoen aan de nodige tests en inspecties/keuringen
- Onderdelen voorzien van de nodige identificatie
- Aangepaste materiaalkeuzes
- Lekdichte koppelingen die chemisch, thermisch en mechanisch bestand zijn
- Voorzien van lekbakken en stabiele basis onder verschillende modules
- Instrumentatie en automatisering/controle
- Voorzien van noodstopbeveiliging
- Voorzien van thermische isolatie
- Voorzien van radiologische afscherming rond specifieke hotspots

Bij opstart en tijdens uitvoering kunnen de resterende risico's ingeperkt worden door:

- Uitvoering van de nodige functionele testen
- Procedures en training
 - Gekwalificeerde werknemers
 - Naleven van de van toepassing zijnde procedures
- Continue opvolging
 - On-line metingen van chemische en radiochemische parameters
 - On-line metingen van dosisdebieten
- Veilige omgang met gevaarlijke stoffen
 - Correcte inventaris en etikettering
 - Correcte opslag en beheer van afval
 - Gebruik van de nodige PBM's
 - Gebruik van de nodige CBM's (afzuiging, handschoenkast)
 - Nodige orde & netheid
- Beperking van de radiologische dosisopname
 - Nodige afstand tot de bron
 - Efficiënte plaatsing en koppeling, eenvoudig monteerbaar en demonteerbaar
 - Manuele acties beperken door (deels) automatisatie en besturing/controle van op zekere afstand
 - Afzonderlijke modules voor de hotspots (buffert tank, filter, ...), afgescheiden van de niet-radioactieve componenten
 - Beperking in tijd van de blootstelling
 - Intelligent filter design dat aantal interventies beperkt
 - Beperking van de bronterm (activiteitsconcentraties in oplossing)
 - Gebruik van (afgeschermde) filtersystemen en ionwisselingsharsen

Na gebruik wordt het secundair afval volgens vooraf vastgelegde procedures en evacuatiepaden afgevoerd. De installatie wordt gedraineerd, gespoeld, gekarakteriseerd en op een veilige manier gestockeerd.

ALARA Aanbevelingen

Algemeen

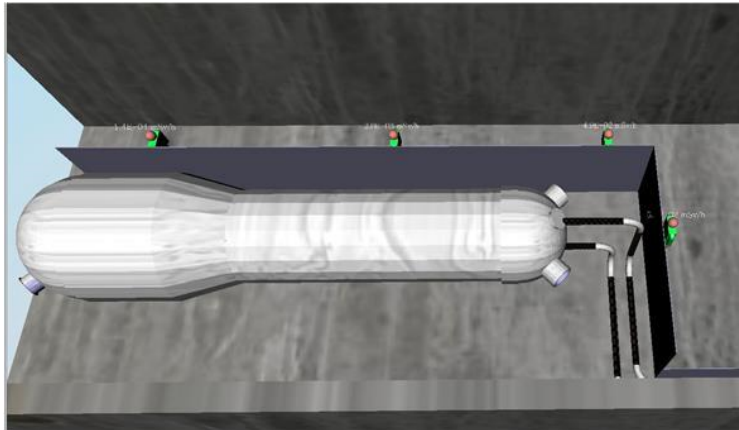
Zoals van toepassing voor alle activiteiten welke worden uitgevoerd in de gecontroleerde zone, zal ook hier gewerkt worden volgens het ALARA concept met de 3 belangrijkste aspecten, justificatie, optimalisatie en het voorop stellen van limieten. De start van het proces is uiteraard het aspect 'justificatie'. Het uitvoeren van een decontaminatieactiviteit vereist een investering in dosis voor de direct betrokken operatoren. Deze dosisinvestering moet bijgevolg een vermindering van een collectieve dosis justifiëren bij de uitvoering van latere activiteiten.

Voorafgaand aan elke decontaminatie activiteit wordt een dosis impact- en een ALARA-studie opgesteld welke de goedkeuring moet krijgen van de uitbater van de installatie. Deze studie zal rekening houden met de van toepassing zijnde wetgeving en met de op de site geldende richtlijnen en maatregelen opgedragen door de uitbater.

Dosimetrische evaluatie van de operatie

Voor elke decontaminatie operatie zal een dosimetrische evaluatie worden opgemaakt bestaande uit de volgende stappen:

- **Studiefase:** in deze fase wordt het voorzien om een berekening te maken van de collectieve en de individuele doses van de verschillende uitvoerders. De basisgegevens zoals stralingskaarten en omgevingsdosissen zullen waarschijnlijk moeten worden aangeleverd door de uitbater. Deze gegevens gecombineerd met het tijdsvolume voor de uitvoering zal toelaten om een eerste dosis evaluatie te maken wat dan dikwijls het "referentiescenario" wordt.
- **Vorbereidingsfase:** Tijdens de voorbereidingsfase kan de opgestelde studie verder worden verfijnd met bijkomende metingen rondom de installatie. Verder behoort het ook tot de mogelijkheden om in deze fase de ALARA studies te evalueren via bestaande simulatiesoftware. Dit laat toe om de vooropgestelde dosissen te optimaliseren naar werkorganisatie, afschermingen,



Figuur 1: Voorbeeld van simulatie van werfomgeving ikv dosisoptimalisatie

- **Uitvoeringsfase:** In de uitvoeringsfase zullen de algemene principes in verband met veiligheid, stralingsbescherming en ALARA worden gevolgd. Uiteraard rekening houdend met de richtlijnen opgelegd door de uitbater van de site. In het algemeen worden de volgende principes toegepast:
 - Afbakening van de zones waarop de decontaminatie werf wordt uitgevoerd;
 - Eventueel in onderdruk plaatsen van die werkomgevingen waarbij er kans op luchtbesmetting bestaat;
 - Nemen van stralingsbeschermingsmaatregelen op de werf;
 - Dagelijkse opvolging van de operationele dosissen van de verschillende uitvoerders om in lijn te blijven met de vooropgestelde collectieve en individuele dosis;
 - Regelmatige controles op eventuele besmetting van de werkpost(en) en algehele orde en netheid;
 - Voorzien van de nodige afschermingen op *hot spots*;
 - Vermijden van accumulatie van radioactief afval op plaatsen waar regelmatig de uitvoerders of andere medewerkers passeren of tijd doorbrengen tijdens de uitvoering van hun taken.

Optimalisatie van de dosissen

Zoals reeds vermeld in de voorbereidingsfase is het zeker nodig om de verschillende mogelijkheden te bekijken om de opgenomen dosis voor de operatoren te optimaliseren. Door een betere kennis van de werfomgeving, de inplanting van de decontaminatie installatie op de site en werkorganisatie is het mogelijk om verschillende scenarios te bekijken en te vergelijken in simulaties. Ook het analyseren van het totaalpakket aan uit te voeren werken en op te delen in deelpakketten is een vorm van optimaliseren. Hierbij kunnen de volgende mogelijke stappen worden gedefinieerd:

Vorbereiding en opbouw van de werf:

- Logistiek en in de gecontroleerde zone brengen van het materieel;
- koppelen van de decontaminatie unit aan de te decontamineren installatie van de uitbater;
- Controle op goede werking.
- Testen van de volledige doorloopcyclus
- Opbouw van de nodige afschermingen rondom de (deel)installaties volgens de conclusies uit de voorbereidende studies

Tijdens de opbouw is de dosis impact op de ploeg vrij beperkt. We mogen ervan uitgaan dat de decontaminatie installatie een zo laag mogelijk residuele besmetting bevat. De dosisopname voor de ploeg is dan ook meer een gevolg van de omgevingsdosis waarin de decontaminatie installatie moet worden opgebouwd.

Uitvoering werf

Tijdens de uitvoering moet ook rekening worden gehouden met mogelijke "verplaatsingen" van de bron. Deze verdwijnt uit de te decontamineren kring en verhuist naar de opvangreservoirs en filters in meer geconcentreerde vorm.

Regelmatige inspecties van de decontaminatie installatie, bijvoorbeeld voor lekdetectie hebben eveneens een dosis impact. Evenals het ledigen van de opvangreservoirs of vervangen van de filters. Zonder bijkomende optredende problemen, zijn dit meestal standaard operaties waarvoor de benodigde tijd op voorhand is gekend. Het moment van vervangen kan men dan vastleggen op basis van maximaal contact dosisdebiet van de behuizing van het opslagreservoir of filterkast of op basis van de maximale activiteitsconcentratie in het reservoir of filter.

Het is ook mogelijk dat tijdens de opbouw van de werk of tijdens de uitvoeringsfase, eventueel op vraag van de uitbater, bijkomende afscherming moet geplaatst worden op delen van de decontaminatie installatie die zijn gelegen in lokalen waar werknemers van andere bedrijven werkzaamheden moeten uitvoeren. Deze zaken zijn moeilijker op voorhand tijdens de studiefase in rekening te brengen.

Onderhoud of herstelling van de installatie

Mogelijke defecten aan de installatie kunnen een negatieve invloed hebben op het voorziene dosispakket als hiermee geen rekening werd gehouden in de vooropgestelde studie. De impact hiervan kan enigszins worden beperkt door afzonderlijke "mechanische" skids (pompen, kleppen, motoren, sturingen) te voorzien welke afgezonderd staan van de meer "passieve" skidd, bijvoorbeeld de filtratie-skid, of voorzien van de nodige afschermingen. Het voorzien van deze maatregelen reeds in het ontwerp zorgt voor een vorm van compartimentering.

Afvoer van het concentraat

Hierbij wordt gekeken naar de mogelijke afvoerwegen van het eindproduct, zijnde de decontaminatievloeistof of decontaminatieproduct verzadigd met de contaminanten afkomstig van de behandelde installatie of kring. Vermits hier de contaminanten in geconcentreerde vorm aanwezig zijn, vormt dit een belangrijke stap in het ganse proces en mag zeker niet worden vergeten in de ALARA studie.

De eindfase van dit concentraat is sterk afhankelijk van wat de eisen zijn die hieraan zullen gesteld worden door de uitbater of eisen gesteld door de ontvanger van het eindproduct voor (definitieve) opslag. De nodige berekeningen en simulaties zullen hierin ook een rol spelen in het aan te leveren volume of het type van verpakking en afscherming.

Afbraak installatie en voorbereiding transport van het materieel

Eens het decontaminatieproces is beëindigd en het project is uitgevoerd volgt een opruimactie van de werf. Een belangrijke stap hierin is eveneens het decontamineren van het materieel zelf. In samenspraak met de uitbater moet de installatie worden ontsmet alvorens deze de gecontroleerde zone opnieuw verlaat en wordt klaargemaakt voor transport naar een volgende site.

Aspect reglementering

Een modulaire installatie voor chemische decontaminatie inzetbaar voor nucleaire toepassingen is onderhevig aan de nodige normering, zoals certificaties voor fabricanten, algemene richtlijnen, specifieke bouwcodes en normen.

De kwalitatieve basis voor dergelijke procesinstallaties – combinatie van tanks, piping, pompen, kleppen, ... met een gemeenschappelijke besturing - is beschreven in de Machinerichtlijn (2006/42/EG). Hierbij wordt zulke modulaire installatie aanzien als een samenbouw van machines, met een vereist technisch dossier en risicobeoordeling voor het hele samenstel, waaruit de overeenstemming met de richtlijn blijkt.

Het technisch dossier bevat (minimaal):

- Technische documentatie van alle onderdelen
- Technische tekeningen, berekeningen
- Verslagen van testen, controles of keuringen
- Gebruiksaanwijzing
- Onderhoudsinstructies

De modulaire installatie bevat elektrische en elektronische uitrusting, en valt daarbij eveneens onder de Laagspanningsrichtlijn (2014/35/EU), EMC richtlijn (2014/30/EU) en eventueel ook RoHS (2011/65/EU). Installaties die uitsluitend zijn opgebouwd uit onderdelen die aan deze richtlijnen voldoen, hoeven als geheel niet meer onderworpen te worden aan deze richtlijnen.

De volledige installatie dient wel te beschikken over een ondertekende verklaring van overeenstemming en een CE-markering op het geheel.

De drukbestendige flexibele leidingen zijn onderworpen aan de PED drukrichtlijn (2014/68/EU). Hierbij voldoen deze flexibels aan bepaalde normen, bezitten een CE-markering en hebben een initiële keuring voor indienstname ondergaan. Een code

van goede praktijk beschrijft best de periodieke controles en keuringen tijdens gebruik, de montage, het gebruik zelf en de opslag.

De basisvereisten voor een onderneming in verband met veiligheid en gezondheid op het werk zijn vastgelegd in de kaderrichtlijn veiligheid en gezondheid op het werk, VGW-richtlijn 89/391/EEG. Specifiek in verband met gevaarlijke stoffen is de werkgever wettelijk verplicht om het gebruik van chemische producten op de werkvloer te beheersen en de werknemers te beschermen. De meest specifieke en belangrijkste Europese richtlijn over de van toepassing zijnde gevaarlijke stoffen is de richtlijn 98/24/EG. Inzake bescherming tegen de gevaren van ioniserende straling is er de Europese richtlijn 2013/59/EURATOM, die omgezet wordt in een aangepast nationaal reglementair kader op basis van het bestaande ARBIS (KB 20/07/01).

References

- [1] R. Van Ham, *ETF_Modularisatie: Chemische Decontaminatie*, Extern Rapport 10.276/0025, Tecubel, 2020