

Stralingsincidenten veiligheidsregio's

Operationele handreiking



Instituut Fysieke Veiligheid
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.ifv.nl
info@ifv.nl
026 355 24 00

Een handreiking is een publicatie die de status heeft van een adviserend document. In een handreiking wordt organisatie- en/of toepassingsgerichte methodiek vastgelegd. Het gaat daarbij om leerervaringen en leerpunten, best practices, deskundigen-, beleids- en uitvoeringsadviezen.

Ondanks de aan de samenstelling van de tekst bestede zorg kan het IFV geen aansprakelijkheid aanvaarden voor de eventuele schade die zou kunnen voortvloeien uit fouten en/of onzorgvuldigheden die in deze handreiking kunnen voorkomen.

Indien u opmerkingen en/of suggesties heeft met betrekking tot deze handreiking, verzoeken wij u vriendelijk om uw commentaar te e-mailen naar info@ifv.nl o.v.v. *Handreiking Stralingsincidenten veiligheidsregio's, versie december 2021*.

Colofon

Titel: Handreiking Stralingsincidenten veiligheidsregio's
Operationele handreiking

Datum: 24 december 2021

Status: Definitief

Versie: December 2021

Oorspronkelijke auteur: Manon Oude Wolbers (IFV)

Geactualiseerd door: Peter den Outer (vz.projectgroep RIVM), Chris Twenhöfel (RIVM), Teetske van Gorcum (RIVM), Herman Schreurs (RIVM)

Klankbordgroep: Peter van Beek (VR Zeeland/CKV), Doreth Valk (SZW), Frans Greven (GGD Groningen), Ard van Pelt (GGD Zeeland), Jan Jacobs (Vakgroep IBGS Brw NL/IFV), Martina Duyvis (IFV), Mark van Bourgondiën (ANVS)

Projectleider: Oscar Koebrugge (IFV)

Voorwoord

Deze handreiking *Stralingsincidenten veiligheidsregio's - versie 2021* vervangt de handreiking *Stralingsincidenten veiligheidsregio's - versie 2017*. Dit geactualiseerde en multidisciplinaire kennisdocument bevat achtergrondinformatie over potentiële incidenten met radioactieve stoffen, het mogelijk vrijkomen van ioniserende straling en het optreden door publieke hulpverleningsdiensten bij dit soort incidenten, ook wel stralingsincidenten genoemd. Dit document is primair bedoeld voor medewerkers van operationele publieke hulpverleningsdiensten en veiligheidsregio's.

Op verzoek van het IFV heeft het RIVM de publicatie *Stralingsincidenten veiligheidsregio's - versie 2017* gecontroleerd op actualiteit. De conclusie hiervan was, dat dit document niet meer actueel was door de komst van nieuwe NEN-normen en wijzigingen in wet- en regelgeving, zoals het vervallen van het Besluit stralingsbescherming (Bs) en de invoering van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs). Ook zijn er sinds 2017 inzetten geweest en oefeningen uitgevoerd waaruit blijkt dat verschillende uitgangspunten en teksten uit 2017 over zaken waar de hulpverleners (direct) mee te maken hebben, aangepast moeten worden.

In 2021 heeft het RIVM daarom, op verzoek van het IFV, het document waar nodig geactualiseerd. In het kader hiervan de actualisatie heeft het RIVM, na afstemming met het IFV, een klankbordgroep samengesteld, waarin relevante partijen – met inhoudelijk mandaat namens hun eigen organisatie – vertegenwoordigd waren. Het betreft de volgende personen en partijen: Peter van Beek (VR Zeeland / CKV), Ard van Pelt (GAGS, Zeeland), Doreth Valk (SZW), Frans Greven (GGD Groningen), Jan Jacobs (vz. Vakgroep IBGS Brw NL / IFV) en Mark van Bourgondiën (ANVS).

Tot slot: ik vertrouw erop dat deze handreiking haar weg vindt naar alle professionals en andere belanghebbenden die een rol spelen bij de voorbereiding op en bestrijding van stralingsincidenten in veiligheidsregio's.

Arnhem,



I.J.J. Stelstra
Algemeen directeur Instituut Fysieke Veiligheid

Inhoud

Inleiding	5
Algemeen deel voor operationeel leidinggevend	6
Aandachtskaart RA Algemeen. Radioactieve stoffen: aanvulling op incidentbestrijding gevaarlijke stoffen	7
Aandachtskaart RA Scenario. Radioactieve stoffen: A- en B-scenario's	9
Aandachtskaart RA verwijderen. Behandelprotocollen bij besmetting met radioactieve stoffen	13
Meetformulier RA. Meetopdracht Radiologische metingen: incidentbestrijding gevaarlijke stoffen	15
Registratieformulier P. Registratie persoon: incidentbestrijding gevaarlijke stoffen	16
Registratieformulier M. Registratie materiaal/middelen: incidentbestrijding gevaarlijke stoffen	18
Deel voor AGS, GAGS en stralingsdeskundigen	19
Aandachtskaart RA Netwerkaart. Operationele netwerkaart: bij incidenten met radioactieve stoffen	20
Aandachtskaart NMR Alarmeringsprotocol. Afhandelen alarmering Nationaal Meetnet Radioactiviteit	23
Aandachtskaart RA Nuclidentabel. Werkblad Straling bijlage bij <i>Stralingsincidenten veiligheidsregio's: Achtergrondinformatie</i> .	27
Aandachtskaart RA Interventie. Eigenschappen, gezondheidseffecten en maatregelen	29
Bijlage 1 Afkortingenlijst	33

Inleiding

De *Operationele handreiking* bij *Stralingsincidenten veiligheidsregio's* bestaat uit een aantal aandachtskarten en formulieren. Er is onderscheid gemaakt tussen een algemeen deel en een deel voor stralingsdeskundigen.

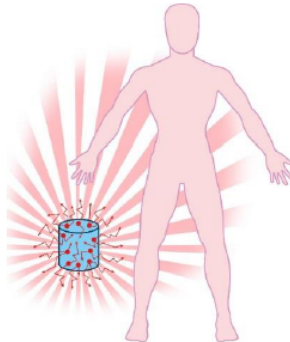
- > De aandachtskarten en formulieren in het algemene deel zijn bedoeld voor operationeel leidinggevend en is samengesteld uit *Stralingsincidenten veiligheidsregio's: Basisinformatie voor operationeel leidinggevend*.
- > Het tweede deel bevat aandachtskarten voor de AGS, de GAGS en stralingsdeskundigen. De inhoud is overgenomen uit *Stralingsincidenten veiligheidsregio's: Achtergrondinformatie*.

De informatie in deze *Operationele handreiking* kan van toepassing zijn tijdens stralingsincidenten en tijdens de operationele voorbereiding daarop (zowel wat betreft planvorming als vakbekwaamheid).

Algemeen deel voor operationeel leidinggevenden

Bestraling

- γ -, röntgen- en neutronenstraling
- gesloten en open bronnen
- geen direct contact met open bron \Rightarrow schoonmaken niet nodig



Voorkomen door 3 A's:

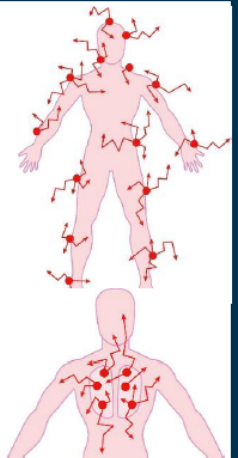
- Afstand houden
- Afscherming
- Aflossen (= blootstellingstijd beperken)

5^e A:

- Automess (meet maar beschermt niet!)

Besmetting

- α -, β - en γ -straling
- open bronnen
- radioactieve stofdeeltjes in lucht \Rightarrow besmetting met stofdeeltjes mogelijk
- direct contact met huid/lichaam (= uitwendig) of door inademing (= inwendig); op contactpunt \Rightarrow bestraling
- verwijderen besmetting alleen mogelijk bij uitwendige besmetting.

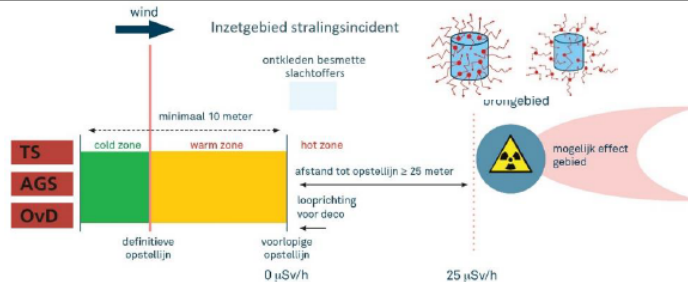


Voorkomen door 5 A's:

- Adembescherming (4^e A)
- beschermende kleding en
- goed schoonmaken besmette bluskleiding!

Bij (vermoeden) radioactieve stoffen \Rightarrow 1 TS én AGS (stralingsdeskundige)

Inzet



Draag altijd adembescherming en bluskleiding !!! Gebruik Automess !!!

Algemene maatregelen: gesloten en open bron

- 1) Procedure incidentbestrijding gevaarlijke stoffen en Automess aan!!!
- 2) Afstand houden en opstellijn: stop op 100 meter, bepaal waar 25 μ Sv/u ligt, plaats opstellijn 25 meter bovenwinds van 25 μ Sv/u óf daar waar < 1 μ Sv/u
- 3) Afscherming zoeken: achter fysieke barrières (muur, TS)
- 4) Beoordeel situatie: verpakking intact \Rightarrow geen besmettingsgevaar, is inzet noodzakelijk door brandgevaar, beknelling of kans op beschadiging van de bron? Denk aan: resultaat > risico, dosisbeperkingen en ALARA
- 5) Persoonlijke bescherming: volledige uitrusting, gesloten nekflap en adembescherming (= IBGS)
- 6) Blootstellingstijd en aflossing: voorkom hoge dosis voor personen, aflossen
- 7) Metten: continu meten met Automess (γ -straling) en persoonsdosismeting
- 8) Informatie en advies: stralingsdeskundige van de instelling, eigenaar, AGS en GAGS
- 9) Nazorg en registratie: invullen registratieformulier, uitleg over inzet en risico's, nabespreking
- 10) Algemene hygiëne.

Aanvullende maatregelen: open bron

- 11) Beoordeel situatie: besmetting mogelijk bij kapotte verpakking, in ziekenhuis, lab of bij brand
- 12) Voorkomen besmetting: vermijd onnodig contact met besmette omgeving en/of de bron. Let op bij het wisselen van ademlucht(flessen)
- 13) Markeer besmet gebied: breng het besmette gebied zo goed mogelijk in kaart, markeer en zet af
- 14) Extra bescherming: gebruik aanvullend een vuilwerkpak of chemicaliënhandschoenen en/of -laarzen
- 15) Voorkom verspreiding: zo mogelijk verspreiding radioactieve stoffen voorkomen door afdekken bron (bv. met zand, zeil, evt. schuim), vraag advies AGS
- 16) Bescherm omgeving: plaats bij verspreiding benedenwinds een waterscherm benedenwinds van de bron
- 17) Besmettingscontrole uitvoeren: controleer na inzet op mogelijke besmetting van personen, materieel en middelen
- 18) Verwijderen besmetting: kan alleen bij uitwendige besmetting; zorg voor opvang, controle en afvoer water

Aanvullende maatregelen: brand

- Mogelijk beschadigen afscherming \Rightarrow open bron. Alert zijn op:
- verhoogd extern stralingsniveau
 - verspreiden stof: inhalatie, depositie, resuspensie
 - mogelijk radioactief besmet bluswater

4A's \Rightarrow Afstand + Afscherming + (Adem)bescherming + Aflossen (inzettijd beperken)

Nazorg

- registratie in persoonsdossier
- neem bij evaluatie tijd voor uitleg!!!

Bij besmetting:

- medische controle na besmetting of bij ongerustheid van personeel of leidinggevende(n)
- kleding en materiaal inzamelen in luchtdichte verpakking; reinigen/ vervangen materieel en controle i.o.m. (G)AGS; denk aan registratie.

Verwijderen besmetting bij personen

- neus laten snuiten (monster bewaren en registreren per persoon)
- mondkapje en zwembril op
- kleding uit (niet over het hoofd) en kleding innemen (behandelen als besmet)
- ernstige besmetting eerst lokaal verwijderen
- goed afspoelen met lauw water (eerst zonder zeep)
- haren wassen (direct met zeep)
- goed naspoelen
- besmettingscontrole
- registratie van slachtoffers en gemeten besmetting
- voor vrijgeven persoonlijke bezittingen: (bindend) advies AGS en evt. GAGS.

Eigenschappen van verschillende typen straling

soort ¹⁾	massa	lading	dracht in lucht	belangrijkste gevaren ²⁾
alfa, α	zwaar	geladen deeltjes, 2+	max. 7 cm	inademing en direct uitwendig contact ³⁾
bèta, β	licht	geladen deeltjes, 1+ of 1-	max. 10 meter	inademing en direct uitwendig contact, externe bestraling
gamma, γ	geen	pakketjes energie, "licht"	'oneindig'	externe bestraling, <i>inademing en direct uitwendig contact</i>
röntgen, Rø	geen	energie, "licht"	'oneindig'	externe bestraling, <i>uitgeschakeld apparaat: geen gevaar</i>
neutronen, n	zwaar	ongeladen deeltjes	'oneindig'	externe bestraling

- 1) Ioniserende straling is meestal combinatie van verschillende stralingstypen, bv. uranium kan α-, β- en γ-straling geven.
- 2) Let op: de gevaren *inademing en direct uitwendig contact* gelden voor een open bron en contact met de radioactieve stof.
- 3) Voor α-deeltjes is effect van direct uitwendig contact gering, tenzij de stof in het lichaam komt door inademing of resuspenzie; bij inwendige besmetting (vaak longen) is effect 20x groter dan eenzelfde dosis β- of γ-straling.

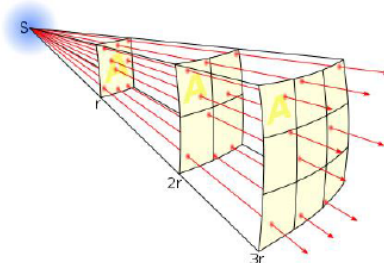
Kwadratenwet

$$D_1 \times r_1^2 = D_2 \times r_2^2$$

D₁ = gemeten dosis(tempo) op afstand r₁ van de bron

D₂ = gemeten dosis(tempo) op afstand r₂ van de bron

Afstand r groter	Dosis D kleiner
2x	4x
3x	9x
4x	16x
5x	25x



Afstand wordt 2x groter dan dosis 4x kleiner; afstand 3x groter, dan dosis 9x kleiner, etc.

Let op: de kwadratenwet geldt voor puntbronnen, dus stralingsbronnen met een afmeting die erg klein is t.o.v. de afstand r. Deze wet geldt niet bij grote oppervlaktebesmetting, bijv. na een kernramp.

Tabel 2.2 Bereken de maximale inzetijd op een bepaalde afstand tot de bron met kwadratenwet

afstand tot bron bij meten 25 µSv/u	inzettijd tot dosis 2 mSv bij een inzet op afstand tot de bron van:		
	1 meter	5 meter	10 meter
10 meter	48 min	20 uur	80 uur
20 meter	12 min	5 uur	20 uur
30 meter	5 min	132 min	9 uur
40 meter	3 min	75 min	5 uur

Dus gemeten dosistempo = 25 µSv/u op 20 meter vanaf de bron ⇒ max. inzetijd 12 minuten op 1 meter vanaf de bron.

Beperken dosis bij optreden

taak onder leiding van

bevelvoerder (advies AGS)

alle niet-levensreddende taken

levensreddend werk mag zonder advies AGS tot 2 mSv!

AGS (stralingsdeskundige 5B)

meten, evacuatie, jodiumprofylaxe

AGS (stralingsdeskundige 3)

redden materiële belangen

levensreddend werk

dosis over inzetduur

2 mSv

alarm Automess

100 mSv

oud

250 mSv

nieuw

500 mSv

750 mSv

500 mSv

Herkenning



Max op opp: 5 µSv/u 0,5 mSv/u 2 mSv/u op 2 m
Max op 1 m: 0 µSv/u 10 µSv/u 100 µSv/u 100 µSv/u

**Op apparaten / in gebouwen:
ziekenhuis, laboratorium**

Gevarenklasse 7; GEVI begint met 7



B-scenario's

B1: Installatie voor uraniumverrijking
Urenco Nederland in Almelo verrijkt splijtstof voor nucleaire reactoren: meest ernstige ongeval zou leiden tot besmetting van de locatie zelf waarbij het stralingsgevaar beperkt blijft tot de medewerkers. Grootste risico vormt hier het uraniumhexafluoride (UF₆).#

B2: Verzamelen, verwerken en opslag van radioactief afval
COVRA (Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval) conditioneert en slaat radioactief afval op in Vlissingen: het is zeer onwaarschijnlijk dat een incident 'off-site' effecten heeft.

B3: Overige inrichtingen met nucleair/radiologisch materiaal of stralingsapparatuur
Meest voor de hand liggende scenario is brand waarbij radioactief materiaal in de omgeving verspreid via de rook of het bluswater: standaard beschermingsmaatregelen zijn hierbij voldoende. In uitzonderlijke gevallen kan het nodig zijn om landbouwmaatregelen te treffen.

B4: Transportongevallen met stralingsbronnen of besmetting
Wet- en regelgeving zorgt er voor dat transport nauwelijks zorgt voor een gevaar voor besmetting bij ongevallen. Een ongeval bij het transport van hoogradioactief afval van een kernenergiecentrale wordt behandeld als A-scenario.

B5: Het aantreffen van radioactieve (zoekgeraakte) bronnen of besmetting
Omgaan met grotere radioactieve bronnen zonder bescherming levert gezondheidsrisico's op. Waarschuw in dit geval direct de ANVS via het crisnummer stralingsincidenten. Bij vermoeden van een kwaadwillende oorzaak (bv. 'vuile bom') wordt het incident een A-scenario (A7d) en als zodanig behandeld.

Maatgevend scenario
Ongeval gevolgd door brand tijdens vervoer van enkele honderden pakketten radiofarmaca
Gevolgen van overige B-scenario's zijn vergelijkbaar. Het gebied waar het dosistempo van 25 µSv/u overschreden kan worden is het grootst voor maatgevende scenario. Ook gevolgen voor B-inrichtingen lijken op maatscenario.

Vervoer

Tabel S3.1 Overzicht stralingsniveau en etiket

cate-gorie	etiket	maximale stralingsniveau \dot{H}^* op:	categorie etiket	transport-index TI ¹⁾
7A		oppervlak: $\dot{H}^* \leq 5 \mu\text{Sv/u}$ 1 meter: $\dot{H}^* = 0 \mu\text{Sv/u}$	I-WIT 1 rode I	TI = 0 ²⁾
7B		oppervlak: $5 \mu\text{Sv/u} < \dot{H}^* \leq 500 \mu\text{Sv/u}$ of $0,005 \text{ mSv/u} < \dot{H}^* \leq 0,5 \text{ mSv/u}$ 1 meter: $10 \mu\text{Sv/u}$	II-GEEL 2 rode II	0 < TI < 1
7C		oppervlak: $500 \mu\text{Sv/u} < \dot{H}^* \leq 2000 \mu\text{Sv/u}$ of $0,5 \text{ mSv/u} < \dot{H}^* \leq 2 \text{ mSv/u}$ 1 meter: $100 \mu\text{Sv/u}$	III-GEEL 3 rode III	1 < TI < 10
7D		oppervlak: $2 \text{ mSv/u} < \dot{H}^* \leq 10 \text{ mSv/u}$ 2 meter: $100 \mu\text{Sv/u}$	III-GEEL ³⁾	TI > 10

1) TI = transportindex = dosistempo µSv/u / 10 op 1 meter afstand van verpakking en \dot{H}^* = gemeten dosistempo.
2) Is gemeten \dot{H}^* niet groter is dan 0,05 mSv/u dan kan waarde afgerond worden op 0.
3) Moet bovendien onder exclusief vervoer worden vervoerd.

Maximaal toelaatbaar stralingsniveau

Tabel S3.2 Maximaal toelaatbaar stralingsniveau

vervoer		dosistempo [mSv/u]		
		oppervlak	op 1 meter	op 2 meter
vrijgestelde colli		0,005		
verpakking	niet-exclusief	2	0,1	-/-
	exclusief	10	2	-/-
voertuig	niet-exclusief	2	-/-	0,1
	exclusief	2	-/-	0,1

Transport UF₆

Kans op vrijkomen UF₆ is klein, ook bij brand ⇒ relatief lage dosis, klein effectgebied. Containers staan onder onderdruk en zuigen eerst omgevingslucht aan. Als voldoende druk is opgebouwd door reactie van UF₆ met vocht uit de lucht, zal HF ontsnappen; te zien aan witte nevel. Grootste probleem: chemische toxiciteit van HF. Fijnverdeeld UO₂F₂ verwaait.

Maximaal toelaatbaar afwrijfbaar besmettingsniveau

Tabel S3.3 Maximaal toelaatbaar afwrijfbaar besmettingsniveau

vervoer		besmettingsniveau [Bq/cm ²]
verpakking	α-stralers	0,4
	β- en γ-stralers	4
tanks en IBC's	α-stralers	0,04
	β- en γ-stralers	0,4
voertuig	α-stralers	0,4
	β- en γ-stralers	4

Tabel 8.3 Indicatie voor veiligheidsafstanden voor B-scenario's

situatie	veiligheidsafstand	optreden veiligheidsregio ¹⁾
Gevareng gebied: gebied direct rond plaats stralingsincident. Hier bevindt zich de bron en vindt bronbestrijding plaats.	25 meter cirkelvormig of uitbreiden tot gebied waar dosistempo van > 2 mSv/u wordt gemeten	Brongebied hot zone extra aandacht voor veiligheid / bescherming hulpverleners
Werkgebied: hier gelden procedurele maatregelen. In dit gebied kunnen noodzakelijke hulpverleningsacties uitgevoerd worden.	100 meter cirkelvormig of uitbreiden tot gebied waar dosistempo van > 25 μSv/u wordt gemeten	Brongebied hot zone extra aandacht voor veiligheid / bescherming hulpverleners
Aandachtsgebied: benedenwindse deel van de omgeving (vanaf de bron) dat mogelijk besmet is of dreigt te worden.	ongeveer 500 meter benedenwinds te bepalen met de startmal	Effectgebied kan hot, warm of cold zone zijn

1) In de kolom *optreden veiligheidsregio* zijn de benamingen van gebieden vertaald naar de procedure IBGS: het gevareng gebied en het werkgebied vormen samen het brongebied ofwel de hot zone waarbij de grens ligt bij de alarmwaarde van de Automess AD1 van 25 μSv/u. Het aandachtsgebied is het effectgebied waarbinnen zowel een hot zone, een warm zone als een cold zone kan voorkomen; de laatste bijvoorbeeld bij psychosociale gevolgen. Als richtwaarde voor de warm zone kan een grens van 2x het niveau van de achtergrondstraling aangehouden worden. Voor de terminologie wordt verwezen naar de procedure IBGS, zie ook Figuur 9.1.

A-scenario's

A1: Binnenlandse kernenergiecentrales

Borssele is de enige in werking zijnde kernenergie-centrale in Nederland: een incident kan leiden tot de emissie van radioactieve splijtingsproducten. Er is een rampbestrijdingsplan en er zijn preparatiezones afgesproken. Bij mogelijke schade in een reactorkern: 'off-site' emergency.

A2: Buitenlandse kernreactoren

A2a: nabij de Nederlandse grens: hiervoor gelden preparatiezones
A2b: ver van de Nederlandse grens: bij een zeer ernstig ongeval kunnen maatregelen ter bescherming van voedsel, water en gewassen nodig zijn.

A3: Nucleaire onderzoeksreactoren

Hoge Flux Reactor (45 MWth) in Petten en de Hoger Onderwijs Reactor (2 MWth) in Delft: bij mogelijke schade in de reactorkern wordt 'off-site' emergency afgekondigd. Hoge Flux betekent hoge neutronendichtheid; ongeveer 10x hoger dan in een kernenergiecentrale.

Preparatiezones voor A1 t/m A5, A7

Tabel 8.1 Overzicht A-scenario's met netto vermogen en preparatiezones

A-object (Afstand tot grens)	Vermogen MWe/MWth	Preparatiezone Evacuatie (km)	Preparatiezone Jodiumprofylaxe kind/volwassen (km)	Preparatiezone Schuilen (km)	Aantal schoontemaken personen	Aantal personen besmettingscontrole
A1 en A2: Kernenergiecentrales						
Borssele	512 MWe	10 ¹⁾	100 / 20	20	10	1000-en
Doel (2.8 km)	433 / 433 / 1006 / 1047 MWe	10	100 / 20	20		1000-en
Emsland (20 km)	1400 MWe	-	100 / 20	25		100-en
Mol (10.4 km)	4 / 120 MWth	-	20 / -	20		
Tihange (38 km)	962 / 1008 / 1015 MWe	-	100 / -	-		
A3: Onderzoeksreactoren						
Petten	45 MWth	3	3 / -	3	5	100-en
Delft	2 MWth	-	0,5 / -	0,5	5	100-en
A4: Nucleair aangedreven schepen						
Haven Rotterdam Den Helder	-	< 100 meter	400 meter	700 meter	10	100-en
A5: Transport nucleair defensiemateriaal						
Nederland	-	800 meter ²⁾	-	2000 meter ³⁾	10	100-en
A7: Moedwillig handelen (vuile bom)						
Nederland	-	400 meter	- / -	2000 meter	10	100-en

1) Voor evacuatie geldt dat de binnenste 5 km voorrang heeft boven het daarbuiten gelegen gebied.
2) Veiligheidszone: altijd ontruimen
3) Alleen bij brand

A4: Nucleair aangedreven schepen

Mogelijk in havens Rotterdam en Den Helder: zeer robuust en emissie radioactief materiaal is niet waarschijnlijk. Wel preparatiezones afgesproken.

A6: Het neerstorten van nucleaire satellieten

Bij terugkeren van een satelliet in de atmosfeer kan bij neerstorten de radioactieve brandstof over een groot gebied verspreid worden. Geen verdere maatregelen vastgesteld.

A5: Transport nucleair defensiemateriaal

Bij transportongevallen met nucleair defensiemateriaal bestaat een risico op het vrijkomen van radioactief materiaal. Vooral inademing daarvan vormt een ernstig gezondheidsrisico. Meten op α -straling is noodzakelijk. Een nucleaire explosie is niet mogelijk.

A7: Moedwillige handelingen (vuile bom)

A7a: dreiging met een stralingsongeval
A7b: opzettelijke blootstelling van personen aan hoog radioactief materiaal
A7c: opzettelijke besmetting op een locatie
A7d: 'vuile bom' (Radiological Dispersion Device)
A7e: opzettelijke besmetting van een locatie
A7f: moedwillig handelen bij een nucleaire verstoring
Maatregelen afhankelijk van aard en gevolgen: vooral aandacht voor opsporen bron en vaststellen besmetting.

Harmonisatie

De preparatiezones worden gebruikt voor de operationele voorbereiding voor het uitvoeren van beschermende maatregelen. Tot op zekere hoogte zijn de preparatieafstanden voor nucleaire objecten in de grensregio met het buurland geharmoniseerd. Hierdoor worden gemeenschappelijke besluiten over beschermende maatregelen in de grensregio eenvoudiger gerealiseerd. Nederland kent een predistributie van jodiumtabletten voor kinderen tot 18 jaar en zwangeren in de preparatiezone tot 100 km rond de nucleaire objecten Borssele, Doel, Tihange, en Emsland, een 0,5 km rond de reactor in Delft en 3 km rond de reactor in Petten. Voor volwassenen tot 40 jaar is er een predistributie van jodiumtabletten tot 20 km rond Borssele, Doel en Mol en 25 km rond de kerncentrale Emsland.

Aanvullende informatie scenario's

**Maak gebruik van bluskleiding en adembescherming en eventueel: vuilwerkpak
Optreden conform Procedure IBGS**

Vuile bom

Maatgevend: fijn verdeeld stof, inademing dominant
Explosie, fragmentatie en straling

1. afzetten minimaal 400 meter
2. een schuilradius van 2 kilometer benedenwinds

Voor de ontploffing:

3. controleer op γ -straling met Automess AD1
4. hanteer Procedure IBGS
5. hanteer Protocol verdachte objecten

Na de ontploffing:

6. controleer op depositie en hot-spots met Automess AD1 en met sonde AD-17 of AD-k
7. houd rekening met mogelijke besmette slachtoffers: geen belemmering voor spoedeisende hulp!
8. zorg voor besmettingscontrole en schoonmaken van personen en omgeving

Tabel 8.3 Initiële maatregelen bij een vuile bom

scenario	veiligheidszone ontruimen rondom	schuilzone rondom	jodium-profylaxe
Scenario: vuile bom	400 meter	2 km	n.v.t.

Gevaren:

- grootste risico: het explosief
- kans op acute stralingsschade: minimaal
- grootste effecten: psychisch / sociaal / economisch
- feitelijk risicogebied sterk afhankelijk van aard bebouwing: veel hoge dichte bebouwing geeft weinig verspreiding. Z.s.m. controlemetingen.
- Advies: bij niet gas-gerelateerde explosie op onverwachte plaats: standaard Automess mee.

Ongeval met radiologisch defensiemateriaal

Maatgevend: crash militair transporttoestel
Inademing radioactief materiaal
Nucleaire explosie is NIET mogelijk

Optreden:

1. Procedure IBGS
2. acuut schuilen in zone van 2 km rondom incidentlocatie
3. ontruiming veiligheidszone van 800 meter op advies AGS; advies over afbakening veiligheidszone, tijdstip en gebruik van eventuele beschermende middelen
4. controleer op α -straling met Automess AD-17 of AD-k
5. let op mogelijke besmetting met en verspreiding van gevaarlijke stoffen; tref zo nodig schoonmaakmaatregelen
6. bij brand: zo snel mogelijk blussen en de lading zo snel en lang mogelijk koelen
7. let op mogelijk aanvullende instructies over bestrijdings-tactiek, veiligheidsmaatregelen en bijstellen schuilzone.

Tabel 8.3 Initiële maatregelen bij een ongeval met radiologisch defensiemateriaal

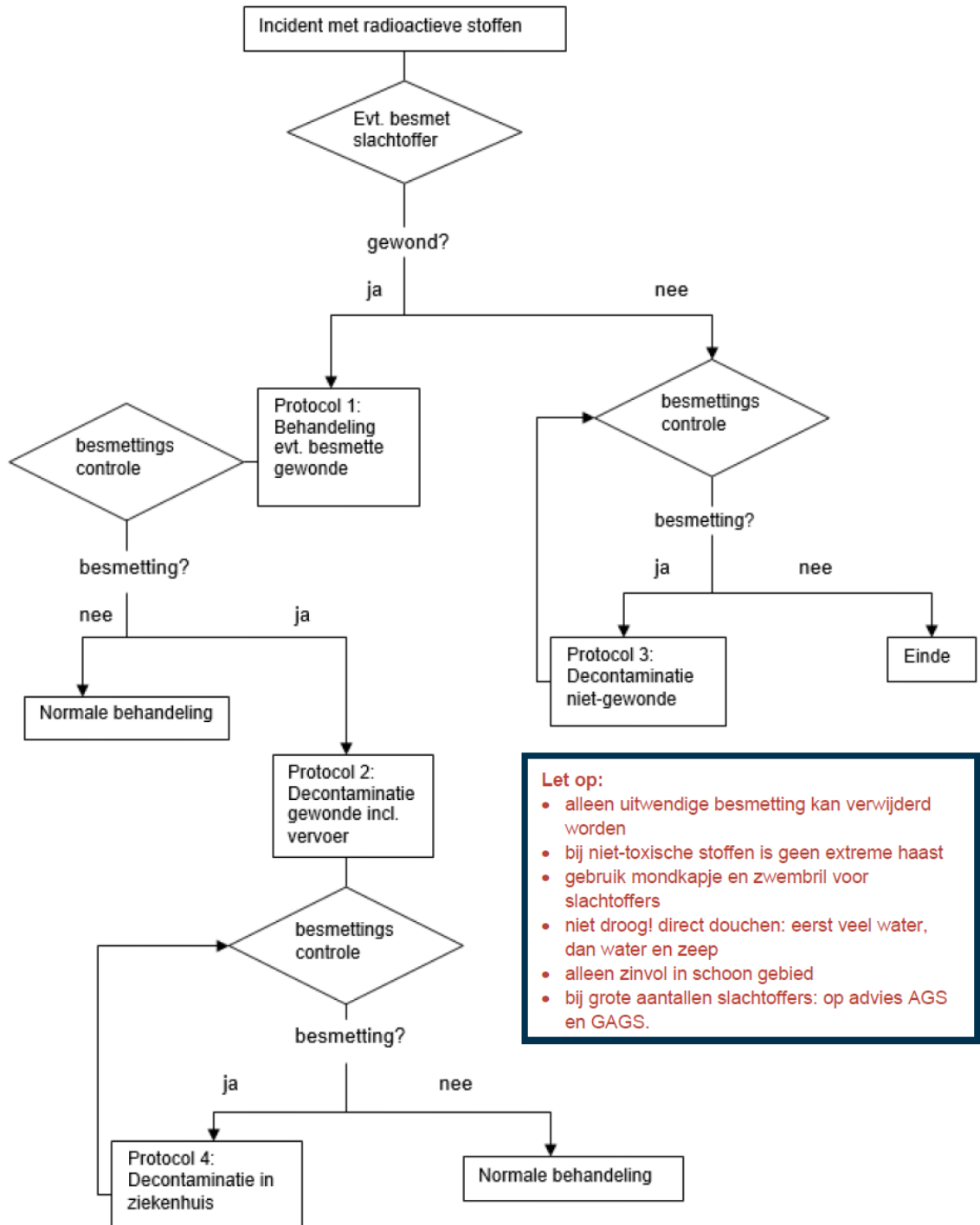
scenario	veiligheidszone ontruimen rondom	schuilzone rondom	jodium-profylaxe
Scenario: crash militair transporttoestel mogelijk met radiologisch defensiemateriaal	800 meter als dit veilig kan, niet door de rook/pluim advies AGS	2 km	n.v.t.

Bijkomende gevaren:

brandgevaar (kerosine), koolstofcomposiet, aanzuigen straalmotoren, gas aangedreven brandblussystemen, zelfbeschermingsmiddelen (lichtkogels en radar-storingsmunitie), explosief aangedreven systemen (schietstoel(en)) en handvuurwapens, munitie, licht explosief materiaal (in uitrusting).

Stroomschema voor verwijderen besmetting

Het behandelprotocol wordt bepaald door de (G)AGS na besmettingscontrole, zie Aandachtskaart RA Interventie.



Let op:

- alleen uitwendige besmetting kan verwijderd worden
- bij niet-toxische stoffen is geen extreme haast
- gebruik mondkapje en zwembril voor slachtoffers
- niet droog! direct douchen: eerst veel water, dan water en zeep
- alleen zinvol in schoon gebied
- bij grote aantallen slachtoffers: op advies AGS en GAGS.

**Protocol 1:
Behandeling (eventueel) besmette gewonde**

1. Verleen een gewonde die besmet is met radioactief materiaal direct noodzakelijke eerste hulp, zoals het stoppen van slagaderlijke bloeding, het aanleggen van noodverband, het behandelen van ademstilstand, etc.
2. Dek open wonden altijd af.
 - Pas op voor secundaire besmetting.
 - Gebruik persoonlijke beschermingsmiddelen (handschoenen en masker tegen fijn stof).
 - Ga er zo lang eventuele besmetting nog onbekend is, van uit dat de gewonde wel besmet is.
 - Voor tegelijkertijd een besmettingscontrole uit.

Nadat door besmettingscontrole gebleken is dat er geen sprake van besmetting is, wordt de patiënt vervoerd naar het ziekenhuis met de vermelding dat het gaat om een radiologisch incident. In het ziekenhuis kan dan een tweede controle worden uitgevoerd.

**Protocol 2:
Decontaminatie gewonde inclusief vervoer**

Decontaminatie

1. Is een besmetting geconstateerd, registreer dan de aard en de plek van de besmetting en verzamel informatie over de verblijftijd en waar iemand vandaan komt.
2. Laat vervolgens zo mogelijk de neus snuiten in een tissue (door mogelijke inademing van radioactieve stofdeeltjes wordt hiermee al een deel weggehaald) en bewaar dit voor latere analyse.
3. Verwijder de kleding op een zodanige manier dat er geen secundaire besmetting kan optreden en bewaar het in een plastic zak voorzien van een label 'Radioactief besmet'. Door de maatregel vindt al een besmettingsreductie plaats van ongeveer 90%.

Vervoer

4. Bedek de brancard, inclusief kussen, met opengeslagen laken of deken, leg de patiënt hierop en sla daarna laken of deken goed om de patiënt heen.
5. Vervoer de patiënt naar een ziekenhuis waar men de beschikking heeft over een besmettingsmonitor (meestal ziekenhuis met afdeling Nucleaire Geneeskunde) en meld dit aan het betreffende ziekenhuis.
6. Controleer na het overdragen van de patiënt handen en kleding van de hulpverleners en de ambulance-inventaris op besmetting en geef de besmette materialen af.
7. Als besmetting is opgetreden wassen met ruim water en zachte zeep. Geen harde borstel gebruiken. Eventueel douchen en haren wassen. Nadien opnieuw controleren op besmetting. Bij restbesmetting procedure herhalen.
 - Pas op voor secundaire besmetting.
 - Gebruik persoonlijke beschermingsmiddelen (handschoenen en maskers).

**Protocol 3:
Decontaminatie niet-gewonde**

1. Is een besmetting geconstateerd, registreer dan de aard en de plek van de besmetting en verzamel informatie over de verblijftijd en waar iemand vandaan komt.
2. Laat vervolgens zo mogelijk de neus snuiten in een tissue (door mogelijke inademing van radioactieve stofdeeltjes wordt hiermee al een deel weggehaald) en bewaar dit voor latere analyse.
3. Verwijder de kleding op een zodanige manier dat er geen secundaire besmetting kan optreden en bewaar het in een plastic zak voorzien van een label 'Radioactief besmet'. Door de maatregel vindt al een besmettingsreductie plaats van ongeveer 90%.
4. Controleer na het decontaminatie handen en kleding van de hulpverleners op besmetting.
5. Als besmetting is opgetreden wassen met ruim water en zachte zeep. Geen harde borstel gebruiken. Eventueel douchen en haren wassen. Nadien opnieuw controleren op besmetting. Bij restbesmetting procedure herhalen.
 - Pas op voor secundaire besmetting.
 - Gebruik persoonlijke beschermingsmiddelen (handschoenen en maskers).

**Protocol 4:
Decontaminatie in ziekenhuis**

1. Verleen een gewonde die besmet is met radioactief materiaal direct noodzakelijke eerste hulp.
2. Verzamel gegevens omtrent de oorzaak en de aard van de besmetting.
3. Lokaliseer en meet besmettingen, registreer de gegevens (bij voorkeur op een speciaal formulier).
4. Trek voorzichtig besmette kledingstukken uit.
5. Verwijder eventuele besmetting uit de neus-, mond- en keelholte door snuiten etc. (monsters bewaren voor meting)
6. Voorkom verspreiding van de besmettingen, bijvoorbeeld door het afdekken van bepaalde lichaamsdelen.
7. Decontaminatie (rekening houdend met de toestand van de huid), meting en registratie.
8. Eventueel stap 7 herhalen;
 - Pas op voor secundaire besmetting.
 - Gebruik persoonlijke beschermingsmiddelen (handschoenen en maskers).
 - Steeds moet men voor ogen houden dat inwendige besmetting moet worden voorkomen dan wel beperkt.

Grootschalige ontsmetting: GOE (voor grote aantallen slachtoffers: zie beschikbare protocollen)

- gezelschapsdieren uit hot zone: eigenaren maken dieren zelf schoon, voordat zij zichzelf schoonmaken
- besmette personen krijgen instructie en douchen zelf: ter plaatse olv brandweer of thuis
- besmette personen krijgen eigen kleding mee voorzien van een wasinstructie en wassen deze thuis.

Meet- formulier RA	Meetopdracht: RADIOLOGISCHE METINGEN incidentbestrijding gevaarlijke stoffen
-------------------------------	--

Meetopdracht	Datum: Tijd opdracht:
Meetploegnummer/naam	Whiskey:
Coördinaat incident/aard ongeval	Alpha:
Coördinaat meetlocatie of meetpunt/sector(en)	Mike:
Persoonlijke bescherming: adembescherming kleding	<input type="checkbox"/> Ademlucht <input type="checkbox"/> Filterbus, type: <input checked="" type="checkbox"/> Bluskleiding <input checked="" type="checkbox"/> Handschoenen, type: <input type="checkbox"/> Vuilwerkpak
Soort meting: Explosiegevaarmeting	<input type="checkbox"/> Echo
Persoonlijke dosis met ADOS	<input checked="" type="checkbox"/> Delta: ADOS
Dosistempo met Automess	<input type="checkbox"/> Romeo: Automess <input type="checkbox"/> zonder <input type="checkbox"/> met sonde AD-18
Radioactieve neerslag	<input type="checkbox"/> Foxtrot: Automess met sonde AD-17
Besmettingscontrole 'sonde'	<input checked="" type="checkbox"/> Sierra: Automess met sonde AD-17
Besmettingscontrole 'strijkijzer'	<input type="checkbox"/> Sierra: Automess met sonde AD-k
Bijzonderheden aanrijdroute, meteo meetlocatie, specifieke zaken	

Meetresultaat	Whiskey:		
Meetlocatie	Mike:		
Tijdstip meting	Tango:		
Explosiegevaar	Echo: %LEL		
Persoonlijke dosis (Delta <i>na</i> inzet – Delta <i>voor</i> inzet)	Delta <i>na</i> :	Delta <i>voor</i> :	Delta <i>totaal</i> :
Dosistempo: Automess met/zonder sonde AD-18	Romeo:	Tango:	
Radioactieve neerslag: Automess + sonde AD-17	Foxtrot:	Tango:	
Besmettingscontrole: Automess + sonde AD-17	Sierra:	Tango:	
Besmettingscontrole: Automess + sonde AD-k	Sierra:	Tango:	
Bijzonderheden bv. over meetapparatuur, meteo, verdachte zaken			

Persoonsgegevens	Geslacht: man / vrouw (doorhalen wat niet van toepassing is)
Naam	
Adres/Woonplaats	
Geboortedatum (dd – mm – jiji)	
Korps	
Personeelsnummer (invullen door P&O)	

Incident/inzet	Uitruknr: _____ Datum: _____
Aard	
Locatie	
Functie (aanvalsploeg, gaspakdrager, meetploeg, duiker etc.)	
Stofgegevens Naam	
GEVI-code / UN-nummer	
Belangrijkste stofeigenschappen -vast/vloeistof/gas -toxisch/radioactief/biologisch	
Persoonlijke beschermingsmiddelen	<input type="checkbox"/> Adembescherming <input type="checkbox"/> Blusoverall <input type="checkbox"/> Gaspak <input type="checkbox"/> Chemiepak <input type="checkbox"/> Duikuitrusting <input type="checkbox"/> Overig:
Blootstellingsduur	(in minuten)
Gemeten of bepaalde doses (klasse 7)	(in μ of mSv)
Methode verwijderen besmetting	
Verwijderen besmetting en besmettingscontrole uitgevoerd?	<input type="checkbox"/> Nee <input type="checkbox"/> Ja, methode:

Advies nazorg	
----------------------	--

Bron: Vakgroep IBGS, district OGS Oost 5

Medische gegevens / Arbo gegevens*

Document / gegevens	Minimale bewaartermijn	Maximale bewaartermijn	Ingangsdatum bewaartermijn	Vastgelegd in
Algemeen	10 jaar, maar werknemer kan om vernietiging vragen			art. 7: 456 Wet op de Geneeskundige Behandelingsovereenkomst
Patiëntendossier	15 jaar		vanaf datum vervaardiging (of zoveel langer als redelijkerwijs uit de zorg van een goed hulpverlener voortvloeit)	art. 7: 456 Wet op de Geneeskundige Behandelingsovereenkomst
Kankerverwekkende stoffen en processen, incl gegevens van arbeidsgeneeskundig onderzoek en lijst van werknemers	40 jaar		na blootstelling	Arbeidsomstandighedenbesluit
Vinylchloridemonomeer, metingsgegevens / concentratiegegevens van bewakingssysteem	3 jaar		na blootstelling	Arbeidsomstandighedenbesluit
Vinylchloridemonomeer, gegevens van arbeidsgeneeskundig onderzoek, lijst van werknemers	40 jaar		na blootstelling	Arbeidsomstandighedenbesluit
Benzeen en gechloreerde koolwaterstoffen	40 jaar		na blootstelling	Arbeidsomstandighedenbesluit
Asbest, register van blootstelling	41 jaar		na blootstelling	Arbeidsomstandighedenbesluit
Zandsteen	42 jaar		na blootstelling	Arbeidsomstandighedenbesluit
Lood en loodwit	43 jaar		na blootstelling	Arbeidsomstandighedenbesluit
Biologische agentia algemeen	10 jaar		na blootstelling	Arbeidsomstandighedenbesluit
Biologische agentia indien infectueus	10 jaar	40 jaar	na blootstelling	Arbeidsomstandighedenbesluit
Ioniserende straling	totdat persoon in kwestie > 75 jaar en tenminste 30 jaar na beëindigen handelingen	-	na blootstelling	art 7.16, tweede lid Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming

* Medische gegevens dienen onder beheer te zijn van de Arbodienst. Bovenstaande bewaartermijnen gelden alleen als de Arbodienst de gegevens bewaard. Medische gegevens die in het personeelsdossier zijn opgenomen vallen onder de bewaartermijnen van personeelsdossiers

Gegevens materiaal/middelen (aantal invullen)	
___ ademluchttoestel(len)	___ bluspakken
___ ademluchtmasker(s)	___ nekflappen van de helm
___ explosiegevaarmeter(s)	___ gaspakken
___ Automess(en)	___ duikuitrusting
___ Ados(sen)	___
___ slangen	___

Incident/inzet	Datum:
Aard	
Locatie	
Stofgegevens	Naam
	UN-nummer
	GEVI-code
Belangrijkste stofeigenschappen	
Schoonmaakmethode	
Schoonmaken en besmettingscontrole uitgevoerd?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nee

Advies behandeling

Aandachtskaarten voor AGS, GAGS, stralingsdeskundigen

Verificatietraject AGS in samenwerking met GAGS

Na alarmering van de AGS en eventueel de GAGS zal op basis van de beschikbare informatie worden bepaald welke informatie, kennis en ondersteuning ontbreekt. Onderstaande stappen zijn daarbij behulpzaam:

Stap 1: Welke gevalideerde informatie is bekend?

Inhoud alarmeringsbericht	<i>tel. nr. eigen meldkamer</i>
Beeld Ovd Brandweer en Ovd Geneeskundig	<i>OvD telefoon of via CoPI</i>
Beeld via niet-geverifieerde bronnen	<i>internet/social media</i>

Stap 2: Welke maatregelen heeft het bedrijf / instelling / bedrijfsbrandweer genomen?

A-object: Vergunninghouder (bij nucleaire installatie)	<i>tel. nr. regio-specifiek</i>
A-object: Bedrijfsnoodorganisatie / bedrijfsbrandweer	<i>tel. nr. regio-specifiek</i>
B-object: Bedrijfsinformant / chauffeur	<i>mondeling ter plaatse</i>

Stap 3: Zijn er meetgegevens beschikbaar?

AGS eigen regio (zelf inloggen op NMR website)	<i>tel. nr. regio-specifiek</i>
--	---------------------------------

Stap 4: Adviesdiensten / betrokken instanties bij incidentbestrijding

Crisisloket ANVS voor het aanvragen van ondersteuning of advisering aan overheidspartners bij (stralings)ongevallen en radiologische noodsituaties. De Veiligheidsregio kan het Crisisloket ANVS bellen voor adviesvragen aan het CET straling en nucleair (CETsn) of (meet)ondersteuning door ANVS en/of RIVM.	070 383 24 25 (24/7)
CET straling en nucleair (CETsn), via Crisisloket ANVS	070 383 24 25 (24/7)
CET milieu en drinkwater (CET-md)	088 67 88 999 (24/7)
RIVM – NMR-deskundige: voor verificatie alarm NMR (zie Aandachtskaart: 'NMR Alarmeringsprotocol')	06 65 15 12 35 (semafoon, 24/7)
RIVM – MOD	06 52 45 17 25 (24/7)
CBRN response eenheid Vught	073 68 82 288 (24/7)
Expert in de regio (niveau (A)CD (voorheen niv 2 of 3))	<i>tel. nr. regio-specifiek</i>
Verspreiding decentraal opgeslagen jodiumtabletten	<i>tel. nr. regio-specifiek</i>
Inrichten ontsmettingslocaties	<i>tel. nr. regio-specifiek</i>

Vergunninghouder

De vergunninghouder van categorie A- en/of B-objecten in Nederland is verplicht een ongeval of radiologische noodsituatie te melden aan de ANVS en de burgemeester. Vergunninghouders van niet-nucleaire installaties melden aan de ANVS op 088 489 05 00 (24/7). Nucleaire installaties melden aan het Crisisloket ANVS op 070 383 24 25 (24/7).

De verantwoordelijkheden van vergunninghouders van categorie A- en B-objecten staan o.a. beschreven in de Kernenergiewet, de betreffende vergunning van het object en meer onderliggende regelgeving. Aanvullend op de verantwoordelijkheden uit de Kernenergiewet en de vergunning maken de vergunninghouder van een categorie A- object en de veiligheidsregio afspraken over het op elkaar aansluiten van de ongevalsbestrijding op het terrein en de effectbeheersing buiten het terrein en de daarbij horende planvorming.

Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS): 070 383 24 25 (24/7)

Een ieder die weet, of redelijkerwijs kan vermoeden, dat zich een ongeval voordoet met een categorie A- of B-object is verplicht dit te melden aan de ANVS en aan de burgemeester van de gemeente waar hij zich bevindt.

De ANVS heeft een crisiskloket ingericht om meldingen van stralingsongevallen uit binnen- en buitenland te ontvangen. Dit crisiskloket is ook de ingang voor contact met de ANVS of het CETsn voor ondersteuning en advies.

Een ongeval met een categorie A-object leidt tot de activering van het CETsn.

Een melding met betrekking tot een categorie B-object aan de ANVS wordt in behandeling genomen door de dienstdoend ambtenaar straling van ANVS (DDA-straling). De DDA-straling kan, eventueel in samenwerking met het RIVM, ondersteuning bieden aan de veiligheidsregio of er kan een beroep worden gedaan op het CETsn.

Verder heeft de ANVS bij alle meldingen van stralingsongevallen een toezichthoudende taak. Na beëindiging van de respons ziet de ANVS toe op vrijgave van het terrein of de omgeving. De ANVS kan hierbij worden ondersteund door het RIVM.

Crisis Expert Team straling en nucleair (CETsn) 070 383 24 25 (24/7)

Het Crisis Expert Team straling en nucleair (CETsn) is het kennis- en adviesnetwerk waarin de kennis en deskundigheid op het gebied van nucleaire veiligheid en stralingsbescherming van diverse instituten bij elkaar komen. Het CETsn valt onder de verantwoordelijkheid van de ANVS. Het CETsn levert informatie en adviezen ten behoeve van een adequate bestrijding van stralingsongevallen aan de nationale crisisorganisatie en de veiligheidsregio. Het CETsn levert deze adviezen via de zgn. nationale of regionale vraagregisseurs. De adviezen worden mede gebaseerd op de rapportages van de CETsn backoffice, het Radiologisch en Gezondheidskundig Expertise Netwerk (RGEN).

Het CETsn wordt altijd actief bij een ongeval met een categorie A-object in Nederland. Ook bij een ongeval met een categorie B-object kan er ondersteuning geboden worden.

Radiologisch en Gezondheidskundig Expertise Netwerk (RGEN) 070 383 24 25 (24/7)

Het Radiologisch en Gezondheidskundig Expertise Netwerk (RGEN) is ondergebracht bij het RIVM. Het RGEN is het backoffice van het CETsn en wordt gevormd door verschillende kennisinstituten. Bij een ongeval waarbij (mogelijk) radioactiviteit vrijkomt, levert het RGEN een radiologische en gezondheidskundige beoordeling. Onderdeel hiervan is een technische analyse van het ongeval en de (verwachte) toestand van de installatie, de verspreiding van een emissie van radioactieve stoffen in de omgeving en de gezondheidskundige uitwerking daarvan op de bevolking. Het RGEN rapporteert haar bevindingen aan het CETsn frontoffice en deelt technische en radiologische informatie met de brandweer van de betrokken veiligheidsregio's.

Het RGEN is als onderdeel van het CETsn bereikbaar via het Crisiskloket ANVS (070 383 24 25 (24/7)).

Landelijke meetstrategie bij kernongevallen 088 689 66 92 (warme fase)

Tijdens een grootschalig ongeval (categorie A-object) wordt de meetcapaciteit van RIVM, Defensie en de brandweer van de veiligheidsregio's gecoördineerd ingezet volgens een landelijke meetstrategie. In de landelijke strategie coördineert het RIVM de inzet van de capaciteiten van RIVM en Defensie, de inzet van de verkenningsseenheden van de brandweer wordt gecoördineerd door de veiligheidsregio. Het RIVM heeft regie over de meetstrategie: dat wil zeggen houdt zicht op de gezamenlijke meetinspanningen, verzamelt en verwerkt de resultaten en stelt op basis daarvan het totale radiologisch beeld samen. Dit beeld wordt voortdurend teruggekoppeld naar de veiligheidsregio en ingebracht in het RGEN.

Voor afstemming over de meetstrategie is het RIVM bereikbaar op 088 689 66 92 (alleen na activering RGEN/RIVM)

Nationaal Meetnet Radioactiviteit (NMR) van het RIVM 06 65 15 12 35 (semafoon, 24/7)

Het NMR is een waarschuwingsmeetnet voor stralingsongevallen. Bij een ongeval geeft het meetnet inzicht in omvang en verloop van de radioactieve besmetting. Het doel is om grootschalige stralingsongevallen tijdig te signaleren, inzicht te krijgen in de stralingsrisico's voor de bevolking en het nationale en lokale gezag in crisissituaties te ondersteunen bij het treffen van maatregelen om de bevolking te beschermen. De AGS kan zelf op de NMR website inloggen en de meetresultaten bekijken.

Crisis Expert Team milieu en drinkwater (CET-md) 088 67 88 999 (24/7)

Het CET milieu en drinkwater (CET-md) kan advies geven aan de regionaal vraagregisseur bij milieu- en drinkwaterincidenten. In geval van een incident bij een installatie voor uraniumverrijking kan het chemische risico gevaarlijker zijn dan het radiologische risico. Bij een incident bij zo'n object kan het CET-md adviseren over de chemische risico's.

RIVM en Milieu Ongevallen Dienst (MOD) 06 52 45 17 25 (24/7)

De MOD ondersteunt bij chemische incidenten en branden hulpverleners door op basis van metingen risicoschattingen te maken van de effecten op de gezondheid en het milieu. Incidenten met radioactieve stoffen vereisen mogelijk een multidisciplinaire aanpak als er sprake is van een brand of het vrijkomen van chemische stoffen. De meetinspanningen van de MOD, en die van het RIVM in het kader van de CETsn, worden op elkaar afgestemd.

CBRN respons eenheid Vught 073 68 82 288 (24/7)

Defensie heeft een Advies & Assistentie team (A&A-team, opkomsttijd circa 2 uur), een Detectie, Identificatie & Monitoring (DIM)-groep, opkomsttijd circa 2,5 uur en ontsmettingscapaciteit met een opkomsttijd van 6 uur. De A&A en DIM-capaciteit is een aanvulling op de CBRN-capaciteit van de brandweer waar het gaat om detectie, identificatie en monitoring van chemische en radiologische middelen.

Gebruik NMR door de brandweer

De brandweer kan de NMR-gegevens via een beveiligde internet-omgeving inzien. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een data-presentatie module. Op deze kaart zijn meetposten met een normale achtergrondwaarde groen. Als de meetwaarde de drempel overschrijdt verandert de kleur in rood of paars. Bij voldoende inzoomen verschijnen ook de meetdata in beeld. Meetposten die tijdelijk niet operationeel zijn, zijn grijs of blauw. De meetdata van een meetpost kunnen ook grafisch weergegeven worden; dit kan voor maximaal 40 meetposten tegelijkertijd. De taken voor de brandweer worden meestal uitgevoerd door de Coördinator Verkenningseenheden (CVE) of AGS.

NMR alarm afhandeling

Acties Centralist

1. Het alarm komt binnen bij de meldkamer (een gesproken bericht via telefoon meldkamer), het alarmeringsniveau is 2000 nSv/h. Dit telefoonbericht wordt elke 10 minuten herhaald totdat het alarm door de AGS bevestigd wordt.
2. De centralist alarmeert vervolgens de AGS en geeft door dat één of meerdere meetposten van het NMR in de regio verhoogd zijn.

Acties AGS

1. De AGS gaat naar <https://www.cal-net.nl> en logt in met gebruikersnaam en wachtwoord (dit kan met een pc met internetverbinding). Kies voor "Nationaal Meetnet Radioactiviteit (NMR3)". Indien bovenstaande link niet werkt kan de back-up route gebruikt worden: <https://www2.cal-net.nl>

Log ook hier in met gebruikersnaam en wachtwoord.

Inloggen op NMR

Inlognaam

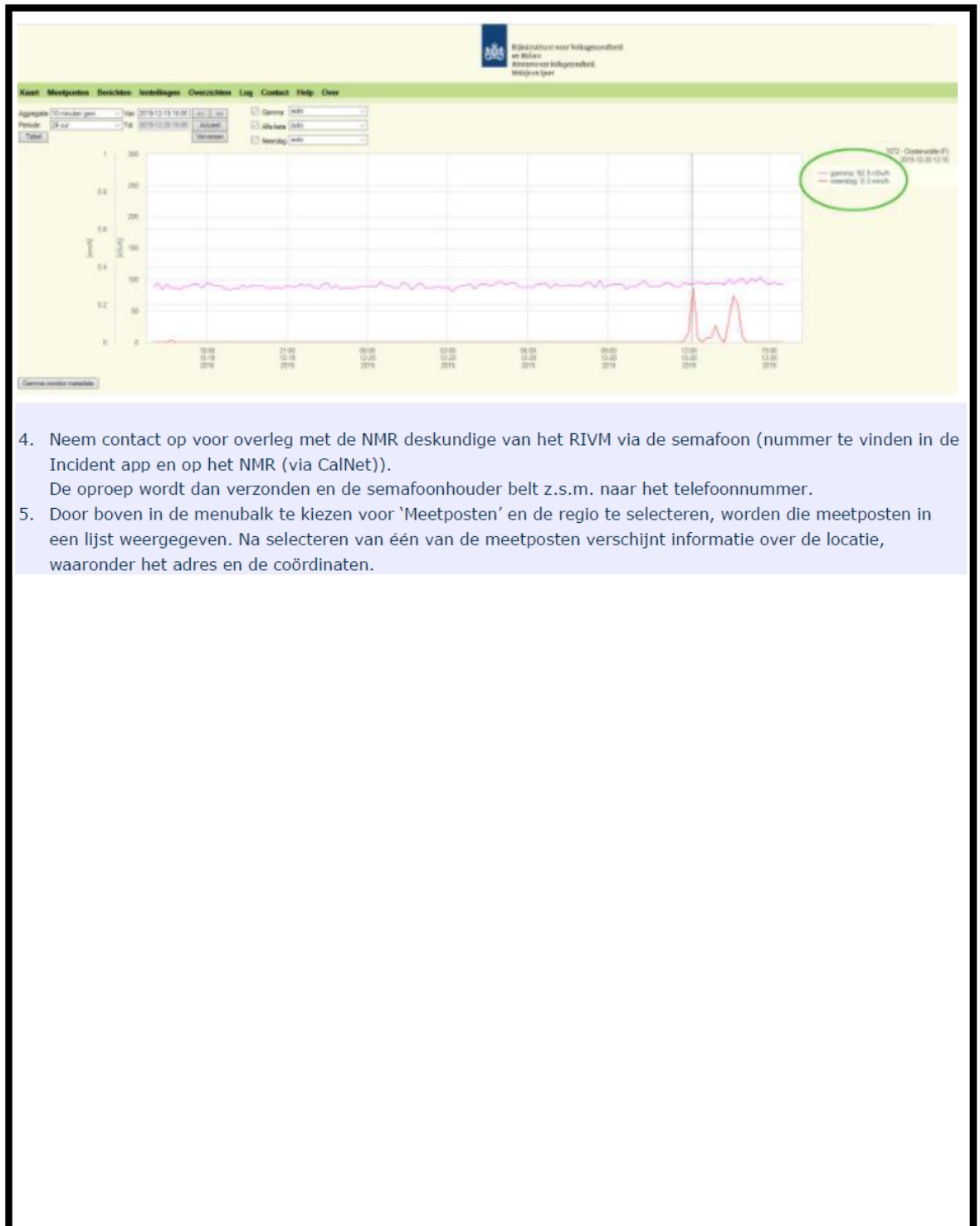
Wachtwoord

Het Alarmenvenster (rechtsboven) geeft aan welke meetposten in alarm zijn. Het startscherm geeft ook de Kaart weer. Als de meetposten blauw gekleurd zijn, zijn er geen actuele meetwaarden binnen. Ga eventueel naar Tijdstip en klik op het pijltje naar links tot de kleur van de meetposten verandert. Groen betekent "normaal" stralingsniveau.



Rood betekent stralingsniveau hoger dan 200 nSv/h (RIVM alarm). Paars betekent stralingsniveau hoger dan 2000 nSv/h, dit is het alarmeringsniveau voor de brandweer.

2. De AGS bevestigt het alarm door bij Alarmeren, op de knop "Bevestigen" te klikken, hierdoor stopt het binnenkomen van het alarm bij de meldkamer. De tekst van het alarm verandert dan van vetgedrukte in gewone tekst.
3. Dubbelklik op de Kaart op de meetpost in alarm, een grafiek met de meetwaarden van de laatste 24 uur verschijnt. Door in de grafiek te klikken en de muis heen en weer te bewegen, wordt de meetwaarde van het betreffende tijdstip rechts naast de grafiek getoond.



6. Er kunnen ook meerdere meetposten geselecteerd worden. Houd de 'Ctrl' toets ingedrukt en kies de gewenste meetposten met de 'muis'. Met de button 'Grafiek' aan de linkerkzijde kun je dan een grafiek maken van meerdere meetposten.

Meetposten

Sortering:
 Plaatsnaam
 Id

Meetpost categorieën:
 NMR
 NMR Extra
 MONET

Monitoren:
 geen filtering

Regio:
 Zeeland

Meetpost groep:
 -

Grafiek (max 40)
 Start data acquisitie

Defensiealarm
 Configureer gamma monitor
 Configureer alfabet monitor
 Meetpost info
 Beheer meetpost groepen

1258 - Armemuiden
 1260 - Baarland
 1261 - Bievlief
 1209 - Brunisse
 1211 - Bugh-Hasmestede
 1257 - Driewegen
 1207 - Goes
 1256 - Heerenhoek 's
 1259 - Heinkenszand
 1197 - Hulst
 1252 - IJzendijke
 1215 - Middelburg
 1265 - Nieuw Namen
 1255 - Nieuworp
 1262 - Nummer Een
 1263 - Rilland
 1253 - Ritthem
 1201 - Sluis
 1199 - Terneuzen
 1202 - Vlissingen
 1254 - Vlissingen Haven
 1212 - Vrouwenpolder
 1216 - Westkapelle
1213 - Yerseke
 1029 - Zierikzee

Meetpost 1213 - Yerseke

Locatie
 Adres: Burenpolderweg 2
 Coördinaten: RD 62.204, 390.516 (51.496019° N 4.050855° E)
 Locatie: Brandweerkazerne
 Provincie: Zeeland
 Brandweerregio: Zeeland
 Opmerking: 110718 coördinaten gewijzigd naar positie aan het hek bij de weg RT.

Gamma meting		Gamma monitor	
Laatste rapport	vr 2019-12-20 15:40	Naam	GZ1201
Gamma	92.8 nSv/h	Type	SAPHYMO_DACC
Alarmering	Ingeschakeld	Laatste acquisitie	vr 2019-12-20 15:44
Alarm niveau	Geen alarm	Acquisitie	Ingeschakeld
Laatste alarm		Laatste onderhoud	d 2019-11-12 16:43
		Conditie	Normaal
		IP-adres	172.26.14.210

7. Overleg met het RIVM of het wenselijk is om een meetploeg naar de NMR-meetpost te sturen voor controle en meting. In het geval van een bevestigd alarm kan met het RIVM overlegd worden hoe verder te handelen.
8. Bij vertrek naar de locatie is het aan te bevelen de stralingsmeetinstrumenten aan te zetten.

Aandachts-kaart RA Nuclidetabel

WERKBLAD STRALING
bijlage bij Stralingsincidenten veiligheidsregio's: Achtergrondinformatie

Aandachts-kaart RA Nuclidetabel

WERKBLAD STRALING
bijlage bij Stralingsincidenten veiligheidsregio's: Achtergrondinformatie

Vuistregels en formules

10 halveringsstijden geeft een verzakking van 1000 bronnen wordt deze dan als niet meer aanwezig beschouwd.

Activiteit in Becquerel:
1 Bq = 1 desintegratie per seconde

Halveringsstijd: $A_0 = A_t \times (1/2)^N$
of $A_0 = A_t \times 2^N$ (t_{1/2})
Met: A_0 = activiteit op tijdstip t
 A_t = Activiteit op tijdstip t = 0
N = aantal halveringsstijden
 $T_{1/2}$ = halveringsstijd

1 TBq = 1000 GBq / 1 GBq = 1000 MBq
1 MBq = 1000 kBq

γ-bron

Halveringskijde voor 1 MeV:
lood: 1 cm, beton: 5 cm, water: 10 cm

Equivalentie dosistempo (A in MBq):
 $R(10) = I_{\gamma(10)} \times A_{\gamma}^2$
voor onbekende γ-straler: $I_{\gamma(10)} = 0,5$

Effectieve dosistempo puntbron μSv/h:
 $E_t(1m) \sim 1/8 \times A \times E$
met $E = 0,5-5$ MeV
voor E onbekend: $D = 2 \times A$
γ-bron met A = 1 MBq geeft:
1 μSv/u op 50 cm afstand
0,25 μSv/u op 1 meter

β-bron

Dracht in matene met dichtheid p:
 $R \approx 0,5 E_{\max} / p$ ($E_{\max} > 0,3$ MeV)

Dikte afschermsmateriaal:
 $d > 0,5 E_{\max} / p$

Equivalentie dosistempo voor r < de maximale dracht (A in MBq):
 $H_r \approx 10 \times A / r^2$

Effectieve dosistempo puntbron μSv/h:
 $E_t(1m) \sim 10 \times A \times 0,01 \times \text{blootgesteld oppervlak (cm}^2\text{)} / \text{totale huidoppervlak [30000 cm}^2\text{]}$ voor $E_{\max} > 0,3$ MeV

β-bron met A = 1 MBq geeft:
1 mSv/u op 10 cm afstand of 1 μSv/u op 1 meter

β-bron met A = 1 MBq geeft:
0,14 μSv/u op 1 meter afstand.

Tabel 83.1 Overzicht stralingsniveau en etiket

cat.-grote	etiket	maximale stralingsniveau (r op:)	categorie etiket	transport-index (T ₁) ¹⁾
7A		openvlek: $R \leq 5$ μSv/u 1 meter: $R = 0$ μSv/u	I-KWIT 1 rode I	T ₁ = 0 ²⁾
7B		openvlek: 5 μSv/u < R ≤ 500 μSv/u of 0,005 mSv/h < H ≤ 0,5 mSv/u 1 meter: 10 μSv/u	II-GEEL 2 rode II	0 < T ₁ < 1
7C		openvlek: 500 μSv/u < R ≤ 2000 μSv/u of 0,5 mSv/h < H ≤ 2 mSv/u 1 meter: 100 μSv/u	III-GEEL 3 rode III	1 < T ₁ < 10
7D		openvlek: 2 mSv/h < H ≤ 10 mSv/u 2 meter: 100 μSv/u	III-GEEL ³⁾	T ₁ > 10

1) T₁ = transportindex = dosistempo μSv/u · 10 op 1 meter afstand van verpakking en R = gemiddelde dosistempo (10% of minder is, dan moet worden afgerond op 0.
2) De Transportindex moet naar boven worden afgerond op 1 (alle etiketten). behalve wanneer het getal 0 is.
3) Niet toepasbaar op vloeistoffen en gasvormige bronnen.

Tabel 7.1 Overzicht van stralingsmeters en sondes

meetbreuk	toepassing	alarmniveau	beschikbaarheid ¹⁾
AD1/5 (inter)	normaal gebruik	dosistempo: 25 μSv/u dosis: 2 mSv	TS ²⁾ , VE, AGS
AD-15	straling, hoog stralingsniveau voor extreme stralingsituaties	dosistempo: 0,1 mSv/u = 100 μSv/u	AGS
AD-18	straling, grote gevoeligheid voor laag stralingsniveau; bv. oplossen van bronnen	dosistempo: 1 μSv/u	VE, AGS
AD-17	oefen-, lage gevoeligheid/meteropname, besmettingsmeting	aantal tellen/counts: 1 cps	VE, AGS
AD-k	oefen-, grote gevoeligheid/meteropname, besmettingsmeting, sneller zoeken	aantal tellen/counts: 25 cps	AGS
ADOS	persoondosimeter	dosistempo: 30 μSv/u dosis: 2 mSv	VE, AGS

1) TS = teleradiometrie, VE = Veiligheidsmeting (voorheen meetploeg), AGS = Adviseur gevaarlijke stoffen.
2) De Transportindex moet naar boven worden afgerond op 1 (alle etiketten). behalve wanneer het getal 0 is.
3) Niet toepasbaar op vloeistoffen en gasvormige bronnen.

Meting omgevingsdosisequivalent = goede maat voor effectieve dosistempo door externe bestraling.
Meefout bij kalibratie op ¹³⁷Cs (662 keV): 30%, onderschatting max. 35%.
Meting AD1: alleen externe bestraling dus zonder eventuele inhalatiedosis.
Voor STC-COON nuclidemix: veilige correctiefactor voor mensen zonder adembescherming is 20.
Let op: de respons van de AD-15 en AD-18 zijn energie-afhankelijk.

Tabel 89.2 Normen voor besmetting van handen, kleding en voorwerpen voor reguliere situaties.

α-stralers ¹⁾	β- en γ-stralers ¹⁾
4,0 Bq/cm ²	4,0 Bq/cm ²
40 Bq	1000 Bq
0,4 Bq/cm ²	4,0 μBq/cm ²

handen: gemiddeld per hand
kleding en voorwerpen: directe meting²⁾

1) Het niveau voor α-stralers is 10 maal lager dan voor β- en γ-stralers, omdat α-stralers na inhalatie of ingestie, vele malen meer schade kunnen aanrichten. Het is ook mogelijk om een voorwerp te doen over een bepaald oppervlak. Het kan rekening met het afgegeven oppervlak en een vermenigvuldigingsfactor van 10% houd ook rekening met het met een veegevoerd artikel het afgegeven doel van de besmetting bepaald kan worden.
2) Het niveau voor α-stralers is 10 maal lager dan voor β- en γ-stralers, omdat α-stralers na inhalatie of ingestie, vele malen meer schade kunnen aanrichten. Het is ook mogelijk om een voorwerp te doen over een bepaald oppervlak. Het kan rekening met het afgegeven oppervlak en een vermenigvuldigingsfactor van 10% houd ook rekening met het met een veegevoerd artikel het afgegeven doel van de besmetting bepaald kan worden.
3) Het niveau voor α-stralers is 10 maal lager dan voor β- en γ-stralers, omdat α-stralers na inhalatie of ingestie, vele malen meer schade kunnen aanrichten. Het is ook mogelijk om een voorwerp te doen over een bepaald oppervlak. Het kan rekening met het afgegeven oppervlak en een vermenigvuldigingsfactor van 10% houd ook rekening met het met een veegevoerd artikel het afgegeven doel van de besmetting bepaald kan worden.

Tabel 89.3 Interventieniveaus voor besmetting in radiologische noodsituaties

α-stralers	β- en γ-stralers
0,4 Bq/cm ² 5 s ⁻¹	4 Bq/cm ² 5 s ⁻¹
-/-	AD-17 zonder kap, 1 cm huidosis per cm ² norm afgeleid van 1 Cs AD-17 zonder kap, 10 cm 50 s ⁻¹ 20 μSv/u AD1 op 1 meter AD1 op 10 cm
1000 mSv in 24 uur 12.000 Bq/cm ² ¹⁾ 5000 s ⁻¹	1000 mSv in 24 uur 9600 Bq/cm ² 5000 s ⁻¹
5000 s ⁻¹	5000 s ⁻¹

1) Dit interventieniveau is gebaseerd op een longdosis na inhalatie van een opgelopen dosis gedurende 24 uur. De dosis is opgelopen door een hulpverlener (diers en inzet met adembescherming). Na de inzet wordt de besmetting door resuspensie ingedamd (bestraling wordt dus niet verplaatst). De methode is omslachtig en de uitkomst twijfelachtig maar deze schatting is de enige die op dit moment beschikbaar is.

Tabel 89.4 Te nemen maatregelen voor het verwijderen van besmetting

besmetting categorie	gemeenschappelijk maatregelen	maatregelen
NIET	Cat. 1 besmetting < DREMPEL	personen kunnen vertrekken
LICHT	Cat. 2 DREMPEL < besmetting < LAAG	personen kunnen zichzelf schoonsmaken (doechten, haren en kleding wassen)
MIDDEL	Cat. 3 LAAG < besmetting < HOOG	verwijderen besmetting op locatie, besmetting van de bron, wettelijke bepaling van de bron, wettelijke bepaling wordt ingenomen, besmettingscontrole
ZWAAR	Cat. 4 besmetting > HOOG	verwijderen besmetting verwijderbaar als voor cat. 3, onder begeleiding van zwaar besmette kleding apart afvoeren

Let op: uitwendig vervuilde slachtoffers die ter plaatse schoongemaakt zijn, kunnen vervoerd worden naar het ziekenhuis. Eventueel goed bedekken met lakens o.l.d.

Tabel 89.1 Uitleg Radionuclidetabel

Nuclide: twee nucliden = moeder/dochter combinatie.
Sterretje achter naam = radioactieve (sub)reeks.
Toepassingsgebied: kruisjes bij toepassingsgebieden.
Halfwaardetijd: in begrijpelijke eenheden.
Vervaltijde: α, β, γ, EC, γ, de wijze van verval met energie; voor β's is dat de maximale energie; ($E_{\max} = E_{\max} / 3$). EC onder β+ elektronvangst.
Externe bestraling: energie, voor luchtconcentratie en exposure voor oppervlaktebesmetting naar effectieve dosistempo.
Inhalatie: energie voor geinhaleerde activiteit naar effectieve dosis en radiotoxiteitsklasse.
Ingestie: energie voor ingenomen activiteit (via voedsel en drinkwater) naar effectieve dosis.
Huid: H _{max} dosisequivalent-tempo voor oppervlaktebesmetting naar huiddosistempo.
Automess AD-17: omrekenfactoren (met en zonder afschermkap) van gemeten telsnelheid naar oppervlaktebesmetting.
Automess AD-k: omrekenfactoren (voor de standen α, βγ met en zonder afschermkap) van gemeten telsnelheid naar oppervlaktebesmetting.

WERKBLAD STRALING
 bijlage bij Stralingsincidenten veiligheidsregio 's: Achtergrondinformatie

Aandachtskaart RA Nucleidentabel		WERKBLAD STRALING											
nucleide	naam-stoomgetal	toepassingsgebied						halfwaardetijd		energie		[LSv m ³ /Mbu]	broncristalle
		natuurlijke bron	zware stralingsbron	industriële ovens	radiofarmaca	nucleair ongeval	vrije bom	T _{1/2} (afgeerd)	MeV	makimite energie	β ⁻		
H-3	Tritium	x	x	x	x	x	12 j	19					
C-14	Koolstof-14	x					5730 j	156	634	511	0,17		
F-18	Fluor-18	x					110 min						
P-32	Fosfor-32	x					14,3 d	1710					
Cl-36	Chloor-36	x					300 000 j	710					
K-40	Kalium-40	x					1,3 miljard j	1312	1461		0,021		
Co-60	Kobalt-60	x	x	x	x		5,3 j	318	1333		0,36		
Ni-63	Nikkel-63	x					96 j	66					
Ga-67	Gallium-67	x					3,3 d		EC: 393		0,025		
Se-75	Selenium-75	x	x	x	x		120 d	EC: 280	0,072				
Rb-81/Kr-81m	Rubidium-81/Krypton-81m	x					4,6 u	1050	511		0,11		
Kr-85	Krypton-85	x					11 j	687	514		3,7E-04		
Kr-88/Rb-88	Krypton-88/Rubidium-88	x					2,8 u	1233	2392		0,21		
Sr-89	Strontium-89	x					50 d	1491					
Sr-90/Y-90	Strontium-90/Yttrium-90	x	x	x	x		29 j	2284					
Mn-99/Tc-99m	Molibdeen-99/Technetium-99m	x					66 u	1214	740		0,046		
Ru-103	Ruthenium-103	x					39 d	226	497		0,081		
Ru-106/Rh-106	Ruthenium-106/Rhodium-106	x					373 d	3541	512		0,034		
Rh-111	Rhodium-111	x					3 d	EC: 245	0,088				
I-123	Jodium-123	x					13 u	EC: 159	0,046				
I-125	Jodium-125	x	x	x	x		60 d	EC: 35	0,034				
I-131	Jodium-131	x	x	x	x		8 d	606	365		0,066		
Te-132/I-132	Telluurium-132/Jodium-132	x					3,3 d	2140	1399		0,39		
I-133	Jodium-133	x					21 u	1527	530		0,099		
I-135	Jodium-135	x					6,6 u	2186	1280				
Xe-133	Xenon-133	x					5,2 d	346	81		0,016		
Xe-135	Xenon-135	x					9 u	909	250				
Cs-134	Cesium-134	x					2 j	658	796		0,25		
Cs-137/Ba-137m	Cesium-137/Barium-137m	x	x	x	x		30 j	1173	662		0,093		
Ba-140/La-140	Barium-140/Lantaan-140	x					13 d	1677	537		0,37		
Ce-144/Pr-144	Cerium-144/Praseodymium-144	x					285 d	2996	134		4,5E-03		
Yb-169	Ytterbium-169	x	x	x	x		32 d	EC: 198			0,066		
Re-186	Rhenium-186	x					90 u	1077	137		0,004		
Ir-192	Iridium-192	x					74 d	(672) EC: 468	0,14				
Tl-201	Thallium-201	x					73 u	EC: 167	0,018				
Ra-226*	Radium-226	x	x	x	x		1600 j	4,8			0,26		
Th-232*	Thorium-232	x	x	x	x		14 miljard j	4,0			0,36		
U-238*	Uranium-238	x					4,5 miljard j	4,2			0,26		
Pu-239	Plutoonium-239	x					24 000 j	5,2			1,0E-03		
Am-241	Americium-241	x	x	x	x		432 j	5,5			0,017		

WERKBLAD STRALING
 bijlage bij Stralingsincidenten veiligheidsregio 's: Achtergrondinformatie

Aandachtskaart RA Nucleidentabel		WERKBLAD STRALING											
nucleide	naam-stoomgetal	toepassingsgebied						halfwaardetijd		energie		[LSv m ³ /Mbu]	broncristalle
		natuurlijke bron	zware stralingsbron	industriële ovens	radiofarmaca	nucleair ongeval	vrije bom	T _{1/2} (afgeerd)	MeV	makimite energie	β ⁻		
H-3	Tritium	x	x	x	x	x	12 j	19					
C-14	Koolstof-14	x					5730 j	156	634	511	0,17		
F-18	Fluor-18	x					110 min						
P-32	Fosfor-32	x					14,3 d	1710					
Cl-36	Chloor-36	x					300 000 j	710					
K-40	Kalium-40	x					1,3 miljard j	1312	1461		0,021		
Co-60	Kobalt-60	x	x	x	x		5,3 j	318	1333		0,36		
Ni-63	Nikkel-63	x					96 j	66					
Ga-67	Gallium-67	x					3,3 d		EC: 393		0,025		
Se-75	Selenium-75	x	x	x	x		120 d	EC: 280	0,072				
Rb-81/Kr-81m	Rubidium-81/Krypton-81m	x					4,6 u	1050	511		0,11		
Kr-85	Krypton-85	x					11 j	687	514		3,7E-04		
Kr-88/Rb-88	Krypton-88/Rubidium-88	x					2,8 u	1233	2392		0,21		
Sr-89	Strontium-89	x					50 d	1491					
Sr-90/Y-90	Strontium-90/Yttrium-90	x	x	x	x		29 j	2284					
Mn-99/Tc-99m	Molibdeen-99/Technetium-99m	x					66 u	1214	740		0,046		
Ru-103	Ruthenium-103	x					39 d	226	497		0,081		
Ru-106/Rh-106	Ruthenium-106/Rhodium-106	x					373 d	3541	512		0,034		
Rh-111	Rhodium-111	x					3 d	EC: 245	0,088				
I-123	Jodium-123	x					13 u	EC: 159	0,046				
I-125	Jodium-125	x	x	x	x		60 d	EC: 35	0,034				
I-131	Jodium-131	x	x	x	x		8 d	606	365		0,066		
Te-132/I-132	Telluurium-132/Jodium-132	x					3,3 d	2140	1399		0,39		
I-133	Jodium-133	x					21 u	1527	530		0,099		
I-135	Jodium-135	x					6,6 u	2186	1280				
Xe-133	Xenon-133	x					5,2 d	346	81		0,016		
Xe-135	Xenon-135	x					9 u	909	250				
Cs-134	Cesium-134	x					2 j	658	796		0,25		
Cs-137/Ba-137m	Cesium-137/Barium-137m	x	x	x	x		30 j	1173	662		0,093		
Ba-140/La-140	Barium-140/Lantaan-140	x					13 d	1677	537		0,37		
Ce-144/Pr-144	Cerium-144/Praseodymium-144	x					285 d	2996	134		4,5E-03		
Yb-169	Ytterbium-169	x	x	x	x		32 d	EC: 198			0,066		
Re-186	Rhenium-186	x					90 u	1077	137		0,004		
Ir-192	Iridium-192	x					74 d	(672) EC: 468	0,14				
Tl-201	Thallium-201	x					73 u	EC: 167	0,018				
Ra-226*	Radium-226	x	x	x	x		1600 j	4,8			0,26		
Th-232*	Thorium-232	x	x	x	x		14 miljard j	4,0			0,36		
U-238*	Uranium-238	x					4,5 miljard j	4,2			0,26		
Pu-239	Plutoonium-239	x					24 000 j	5,2			1,0E-03		
Am-241	Americium-241	x	x	x	x		432 j	5,5			0,017		

Eigenschappen en afscherming

Tabel S1.1 Overzicht eigenschappen stralingssoorten

soort straling	massa	lading	max. energie [MeV]	max. dracht			soort gevaar ¹⁾	afscherming
				lucht	weefsel	aluminium		
alfa α	zwaar, 7300x massa elektron of 4x massa proton	2+ ${}^4_2\text{He}^{2+}$	7,7	7 cm	60 μm	5 μm	inademing en direct uitwendig contact ²⁾	papier
bèta β ³⁾	licht, 1/1836 ^e deel proton	1+ of 1- positron e^+ elektron e^-	2,3 ⁴⁾	10 m	13 mm	5 mm	inademing en direct uitwendig contact, externe straling	perspex, aluminium
halveringsdikte								
				lood	beton	water		
gamma γ	geen	0 fotonen, elektromag- netisch	foto-elektrisch: < 100 keV compton: < 5 MeV paarvorming: 1,022 MeV (2x 511 keV)	1 cm	5 cm	10 cm	externe straling, bij open bron ook inademing en direct uitwen- dig contact	beton, lood
röntgen rö	geen			1 cm	5 cm	10 cm	externe straling	beton, lood
neutro- nen n	zwaar 1x massa proton	0 ongeladen deeltjes	thermisch: 0,01 – 0,3 eV middel: 0,3 eV – 0,2 MeV snel: 0,2 – 20 MeV				externe straling	water, polyethleen

- 1) **let op:** de gevaren *inademing en direct uitwendig contact* gelden voor een open bron en contact met de radioactieve stof.
 2) voor α -deeltjes is effect van direct uitwendig contact gering, tenzij de stof in het lichaam komt door inademing of resuspensie; bij inwendige besmetting (vaak longen) is effect 20x groter dan eenzelfde dosis β - of γ -straling
 3) alleen voor β -deeltjes, niet voor de eventueel gevormde fotonen 4) als praktische bovengrens is de maximale β -energie van ⁹⁰Y genomen.

Gezondheidseffecten en drempeldosis

Tabel 4.1 Vroege of acute effecten die optreden na bestraling van het hele lichaam

dosis [Gy]	effect
0,2-1	geen ziekteverschijnselen, vermindering van het aantal witte bloedlichaampjes
1-2	verminderde weerstand, vermoeidheid, braken, diarree, herstel na enkele weken
2-3	ernstige stralingsziekte door beschadiging van o.a. beenmerg
3-4	ernstige stralingsziekte, stertekans binnen een maand zonder medische behandeling maximaal 50%
4-10	beenmergsyndroom: er kunnen geen nieuwe bloedcellen aangemaakt worden in het beenmerg, omdat deze cellen ernstig beschadigd of dood zijn, in bijna alle gevallen sterfte binnen een maand zonder medische behandeling
10-50	maag-darm syndroom: er kan geen nieuw slijmvlies in de darmen aangemaakt worden, omdat deze cellen ernstig beschadigd of dood zijn, sterfte binnen een week
>50	centraal zenuwstelsel syndroom: de zenuwcellen sterven en kunnen niet vervangen worden, sterfte binnen enkele uren tot dagen

Tabel S4.1 Drempeldosis voor weefsels en organen

weefsel en deterministisch effect	drempeldosis bij kortdurende blootstelling [Gy]
testes - tijdelijke steriliteit - blijvende steriliteit	0,15 3,5 – 6
eierstokken - steriliteit	2,5 – 6
ooglenzen - aantoonbare vertroebeling (begin van staar) - verminderd gezichtsvermogen (staar)	0,5 – 2,0 5,0
beenmerg - onderdrukking van de bloedvorming	0,5

Stochastisch

De kanscoëfficiënt voor fatale kanker: 0,05 Sv⁻¹.
 Als hulpverlener tijdens interventie effectieve dosis oploopt van 50 mSv: is extra risico 0,25 op 100 om op termijn aan kanker te overlijden.

Maatregelen bevolking

Tabel S9.1 Interventieniveaus directe maatregelen voor de bevolking uit het LCP-S.

maatregel	Tijd ^{a)}	Interventie- waarde [mSv]	grootte	opmerking
Schullen	7 dgn	10	Effectieve dosis	
Jodiumprofylaxe kinderen < 18 jaar	7 dgn	50	Equivalente dosis schildklier	via inhalatie, geen ingestie.
Jodiumprofylaxe volwassenen ≤ 40 jaar	7 dgn	250	Equivalente dosis schildklier	via inhalatie, geen ingestie
Onmiddellijke evacuatie ^{b)}	48 u	1000	Effectieve dosis	Evacuatie, zelf tijdens pluimpassage mogelijk. Om (ernstige) deterministische effecten te voorkomen
Evacuatie	7 dgn	100	Effectieve dosis	Ter beperking van stochastische effecten. Bij voorkeur vóór, maar anders kort ook na pluimpassage mogelijk
Tijdelijke relocatie	1 jaar	100	Effectieve dosis	Dosis in het eerste jaar, inclusief dosis tgv pluimpassage
Relocatie	1 jaar	20	Effectieve dosis	Periode vanaf terugkeer, 20 mSv per (elk) jaar

a) Tijd is de periode direct na aanvang van de lozing waarover de potentiële dosis wordt berekend.

b) Voor onmiddellijke evacuatie zijn ook interventieniveaus op basis van equivalente orgaandosiswaarden gedefinieerd: $H_{th} = 5000$ mSv, $H_{thm} = 1000$ mSv, $H_{long} = 4000$ mSv en $H_{huid} = 3000$ mSv.

Zinnvolle maatregelen voor de stralingsbescherming van niet-hulpverleners zijn:

- Ontruimen en afzetten: houd publiek op ruime afstand en zet gebied af.
- Afscherming maken: tref noodmaatregelen.
- Voorlichting en communicatie.

Aanvullend bij vrijkomen radioactieve stoffen: **open bron**

- Voorkomen besmetting vanuit de besmette omgeving op personen.
- Voorkomen verspreiding: voorkom contact tussen besmette mensen onderling, opdarren besmetting, onnodig bewegen door het gebied, zoals lopen of rijden met voertuigen.
- Besmettingscontrole: controleer mensen op mogelijke besmetting en zorg voor het verwijderen van evt. besmetting en nazorg. Denk aan eerste screening.
- Verwijderen besmetting: grote groepen mensen kunnen schoongemaakt worden in zwembaden of sporthallen. Of zet de GOE in.

Aanvullend bij radioactieve bron in **brand**:

Ramen en deuren sluiten: bij vermoeden van verspreiding van radioactieve stoffen.

Besmettingscontrole omgeving

Noodzakelijk omdat inademen van radioactieve deeltjes die opdarren (resuspensie) meestal het dominante blootstellingspad is. Er zijn geen interventieniveaus vastgesteld.

Aandachtspunten zijn:

- denk bij controle van voertuigen aan wielkasten en banden maar vooral aan het vervangen van luchtfilters!
- voor het verwijderen van radioactieve besmetting uit de omgeving zijn landelijke teams beschikbaar voor technische en medische interventie.
- defensie is gespecialiseerd in het schoonmaken van de infrastructuur.

De te nemen maatregelen zijn afhankelijk van de ernst en omvang van het incident.

Weefselfactoren

Tabel 2.1 Stralings- en weefselweegfactoren (Bbs, 2017)

straling	stralingsweegfactor w_R
α -deeltjes	20
β -deeltjes	1
γ -straling	1
weefsel of orgaan T	weefselweegfactor w_T voor elk orgaan:
1. rood beenmerg	0,12
2. dikke darm	0,12
3. longen	0,12
4. maag	0,12
5. borstweefsel	0,12
6. overige weefsels/organen	0,12
1. geslachtsorganen	0,08
1. blaas	0,04
2. lever	0,04
3. slokdarm	0,04
4. schildklier	0,04
1. huid	0,01
2. botoppervlak	0,01
3. hersenen	0,01
4. speekselklieren	0,01
TOTAAL	1,00

Tabel S2.1 Uitgebreid overzicht stralingsweegfactoren

straling	stralingsweegfactor w_R
α -deeltjes, splijtingsfragmenten, zware kernen	20
β -deeltjes, alle energieën	1
γ -straling, röntgen	1
Neutronen	
$E_n < 1$ MeV	$2,5+18,2 \exp(-\ln(E_n)^2 /6)$
$E_n = 1 \dots 50$ MeV	$5,0+17,0 \exp(-\ln(2E_n)^2 /6)$
$E_n > 50$ MeV	$2,5+3,25 \exp(-\ln(0,04E_n)^2 /6)$
protonen	2

Grootheden en eenheden

Tabel S2.2 Conversie van Amerikaanse/Engelse eenheden naar SI eenheden

eenheid van	US/UK	SI	opmerking / uitleg
radioactiviteit: Activiteit A	Curie: 1 Ci	≡ 37GBq	≈ aantal desintegraties per seconde van 1 gram ²²⁶ Ra*
exposie X ¹⁾	1 R	≡ 2,58x10 ⁻⁴ C/kg	R = röntgen, de totale hoeveelheid elektrische lading die door γ- of röntgenstraling in kg lucht ontstaat
geabsorbeerde dosis D	100 rad 1 Röntgen	= 1 Gy = 1 J/kg = 8,7 mGy	hoeveelheid geabsorbeerde energie die door straling op 1 kg materie wordt overgedragen
dosistempo \dot{D}		μGy/u	dosistempo per tijdseenheid
dosisequivalent en equivalente dosis H _T : ²⁾ H _T = w _R x D	100 rem H = 1 mSv	= 1 Sv = H _T = 1 mSv	hoeveelheid ioniserende straling geabsorbeerd per massa-eenheid bestraald materiaal vermenigvuldigd met de stralingsweefactor, w _R
equivalente dosistempo \dot{H}_T		μSv/u	equivalente dosistempo per tijdseenheid; N.B. dosistempometers zijn gekalibreerd op γ-straling
effectieve dosis E E = Σ w _T x H _T = Σ w _T Σ w _R D _{T,R}		Sv	equivalente dosistempo keer de weefselweefactor, w _T : = optelsom van alle lootstellingspaden voor het hele lichaam van alle typen straling voor 1 nuclide, alleen voor stochastische effecten. = maat voor chronische bestraling door inwendige besmetting, gecorrigeerd voor gevoeligheid organen
effectieve volgdozis E _T		Sv	E _{inh} = A _{inh} × e ₅₀ ^{lnh} , A _{inh} is hoeveelheid ingeademde activiteit in Bq. Niet alle gegevens bekend: neem meest conservatieve (dus grootste) e ₅₀ ^{lnh} (zie <i>Radionuclidentabel</i>)
exposie en omgevings- dosisequivalent	X = 1 μR	≈ H*(10) = 10 nSv	

- 1) Exposie X is maat voor hoeveelheid lading (onder één teken) die door ioniserende straling wordt vrijgemaakt
- 2) Gelijkwaardigheid geldt voor α-, β- en γ-straling. De voorloper van de equivalente dosis, H_T, was dosisequivalent, H. Deze grootheid is iets anders gedefinieerd dan de equivalente dosis, maar kan voor de meeste praktijkgevallen daaraan gelijkgesteld worden. De voorloper van de effectieve dosis, E, was effectief dosisequivalent, H_E (ook wel als H_{eff} weergegeven). De definitie van effectief dosisequivalent lijkt sterk op die van effectieve dosis, maar er zijn – soms behoorlijke – getalsmatige verschillen tussen de oude [ICRP77] en nieuwe [ICRP91] weefselweefactoren. Uitkomsten van oude en nieuwe berekeningen kunnen significant verschillen.

Bijlage 1 Afkortingenlijst

Deze afkortingenlijst bevat de afkortingen die voorkomen in *Stralingsincidenten veiligheidsregio's: Achtergrondinformatie* en in *Stralingsincidenten veiligheidsregio's: Basisinformatie voor operationeel leidinggevenden*.

Algemeen

AD	alarmdosimeter
ADOS	alarmdosimeter
ADR	Accord Européen relatif au transport international de marchandises Dangereuses par Route
AGS	Adviseur Gevaarlijke Stoffen
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
ANVS	Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming
AP	anterior-posterior (geometrie)
BZK	Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
CBRN	Chemisch, Biologisch, Radiologisch, Nucleair
CEAG	Coördinatiecentrum Expertise Arbeidsomstandigheden en Gezondheid
CETmd	Crisis Expert Team milieu drinkwater
CETsn	Crisis Expert Team straling en nucleair, met daarin opgenomen RGEN
CKV	Centrum voor Kernongevallenbestrijding
CoPI	Commandoteam Plaats Incident
COVRA	Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval
CVE	coördinator verkenningseenheid
DDA	dienstdoend ambtenaar
DNA	desoxyribonucleïnezuur
DTPA	di-ethyleentriaminepenta-azijnzuur
EPZ	Elektriciteits-Produktiemaatschappij Zuid-Nederland
ERIC	emergency response intervention card
Ext	externe straling
GAGS	Gezondheidskundig Adviseur Gevaarlijke Stoffen
GEVI	gevaarsidentificatienummer
GGD	Gemeentelijke Gezondheidsdienst
GHOR	Geneeskundige Hulpverleningsorganisatie in de Regio
GMK	gemeenschappelijke meldkamer
GOE	grootschalige ontsmettingseenheid
GRIP	gecoördineerde regionale incidentbestrijdingsprocedure
IAEA	International Atomic Energy Agency
IBC	intermediate bulk container
IBGS	incidentbestrijding gevaarlijke stoffen
ICRP	International Commission on Radiological Protection
ICRU	International Committee on Radiation Units (ICRU)
lenW	Infrastructuur en Waterstaat
IFV	Instituut Fysieke Veiligheid
ILT	Inspectie Leefomgeving en Transport
Ing	ingestie of inslikken

Inh	inhalatie of inademen
IRBT	Interregionaal Beleidsteam (overlegvorm)
IRI	Interfacultair Reactor Instituut (TU Delft)
IROT	Interregionaal Operationeel Team (overlegvorm)
KEW	Kernenergiewet
LCP-S	Landelijk Crisisplan Straling
LD	letale dosis
LD ₅₀	letale dosis waarbij 50% van de blootgestelde personen overlijdt
LMRV	Landelijk meetnet radioactiviteit in voedsel
LNT	linear-no-threshold
LSA	lage specifieke activiteit (Low specific activity)
NCS	Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten
NCTV	Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding en Veiligheid
NDO	niet-destructief onderzoek
NMR	Nationaal Meetnet Radioactiviteit
NRG	Nuclear Research and consultancy Group
NVWA	Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit
PA	posterior-anterior (geometrie)
PET	positron emission tomography
PWR	pressurized water reactor
RA	radioactiviteit/radioactief
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RGEN	Radiologisch en Gezondheidskundig Expertise Netwerk
ROT	regionaal operationeel team (overlegvorm)
RTG	radionuclide thermoelectric generator
RVS	roestvast staal
RWS	Rijkswaterstaat
SCRAM	security rods axe man
SCO	surface contaminated object
SD	stralingsdeskundige
SED	Site Emergency Director
STC-CON1	geconstrueerde standaard bronterm
SITRAP	situatierapportage
SZW	Sociale Zaken en Werkgelegenheid
TI	transportindex
TS	tankautospuit
UN	United Nations (in UN-nummer)
Urenco	Uranium Enrichment Company
UV	ultraviolet
VE	verkenningseenheid
VR	veiligheidsregio
WVI	waakvlaminstituut
WFSR	Wageningen Food Safety Research

Grootheden en eenheden

A	activiteit (eenheid: Bq)
A	massagetal (geen eenheid)
Bq	Becquerel
C	Coulomb
C_{gem}	gemiddelde concentratie
Ci	Curie (= $3,7 \times 10^{10}$ Bq) (oude eenheid)
cps	counts / tikken per seconde
d	dikte afschermingsmateriaal (eenheid: centimeters)
D	dosis (eenheid: Gy)
\dot{D}	dosistempo (eenheid: Gy/u)
DCC	dosiskonversiecoëfficiënt (eenheid: Sv/Bq)
E	energie (eenheid: eV)
E	effectieve dosis (eenheid: Sv)
$E(\tau)$	effectieve volg dosis (eenheid: Sv)
e_{50}	dosiskonversiecoëfficiënt (eenheid: Sv/Bq)
eV	elektronvolt (= $1,60219 \times 10^{-19}$ J)
Gy	Gray
H	dosisequivalent (oud)
$H_P(d)$	persoonsdosisequivalent op d mm
H_T	equivalente dosis
\dot{H}_T	equivalent orgaandositempo
H_{huid}	gemeten besmettingsniveau op de huid
$H_T(\tau)$	equivalente volg dosis (eenheid: Sv)
$H^*(10)$	omgevingsdosisequivalent op 10 mm indringdiepte
$\dot{H}^*(10)$	omgevingsdosisequivalenttempo op 10 mm indringdiepte
h of hr	hour
j	jaar
J	joule
kg	kilogram
km	kilometer
min	minuten
MWe	Megawatt elektriciteit: eenheid voor elektrische uitgangsvermogen van energiecentrales
MWth	Megawatt thermisch: eenheid voor totale warmtevermogen van kernreactoren (ongeveer een factor 3 hoger dan MWe)
n	aantal radionucliden
N	aantal neutronen
N_A	getal van Avogadro
r	afstand van de bron (eenheid: meters)
R	dracht (eenheid: (centi)meters)
R	Röntgen (= $2,58 \times 10^{-4}$ C/kg)
rad	eenheid geabsorbeerde dosis (= 1 Gy)
rem	eenheid van 'equivalente dosis' (= 1 Sv)
rö	röntgen

s	seconde
s ⁻¹	per seconde en ks ⁻¹ = 1000 cps
Sv	Sievert
t	tijdstip t
T _½	halfwaardetijd
u	uur
V	ademventilatievoud (eenheid: m ³ /u)
w _R	stralingsweegfactor
w _T	weefselweegfactor
X	exposie (eenheid: R)
y	yield / opbrengst
z	indringdiepte (eenheid: centimeters)
Z	aantal protonen (geen eenheid)
α	alfa
β	bèta
Δt	tijdsinterval / periode
Φ	aantal passerende fotonen
γ	gamma
Γ _{H⁺(10)}	bronconstante (eenheid: μSv.m ² /MBq.u)
λ	vervalconstante (eenheid: s ⁻¹)
μ	lineieke verzwakkingscoëfficiënt
$\bar{\nu}$	antineutrino
ρ	soortelijke dichtheid van materie (eenheid: g/cm ³)

Chemisch

Am	americium	P	fosfor
Ba	barium	Pb	lood
Be	beryllium	Po	polonium
Bi	bismuth	Pr	praseodymium
C	koolstof	Pu	plutonium
Ce	cerium	Ra	radium
Cm	curium	Rb	rubidium
Co	kobalt	Re	renium
Cl	chloor	Rh	rhodium
Cs	cesium	Rn	radon(-222) en thoron(-220)
Eu	europium	Ru	ruthetium
F	fluor	S	zwavel
Ga	gallium	Sb	antimoon
H	waterstof	Se	selenium
He	helium	Si	silicium
HF	waterstoffluoride	Sr	strontium
I	jodium	Tc	technetium
In	indium	Te	tellurium
Ir	iridium	Th	thorium
K	kalium	U	uranium
Kr	krypton	UF ₆	uraanhexafluoride

La lantaan
 Li lithium
 Mo molybdeen
 Ni nikkel
 Np neptunium

UO₂F₂ uranoylfluoride
 Y yttrium
 Yb ytterbium
 Xe xenon
 Zr zirkonium

H 1 (1,01)																	He 2 (4,00)																												
Li 3 (6,94)	Be 4 (9,01)											B 5 (10,81)	C 6 (12,01)	N 7 (14,01)	O 8 (15,99)	F 9 (18,99)	Ne 9 (18,99)																												
Na 11 (22,99)	Mg 12 (24,30)											Al 13 (26,98)	Si 14 (28,08)	P 15 (30,97)	S 16 (32,06)	Cl 17 (35,45)	Ar 18 (39,95)																												
K 19 (39,10)	Ca 20 (40,08)	Sc 21 (44,95)	Ti 22 (47,88)	V 23 (50,94)	Cr 24 (51,99)	Mn 25 (54,94)	Fe 26 (55,85)	Co 27 (58,93)	Ni 28 (58,69)	Cu 29 (63,55)	Zn 30 (65,38)	Ga 31 (69,72)	Ge 32 (72,59)	As 33 (74,92)	Se 34 (78,96)	Br 35 (79,90)	Kr 36 (83,80)																												
Rb 37 (85,47)	Sr 38 (87,62)	Y 39 (88,90)	Zr 40 (91,22)	Nb 41 (92,91)	Mo 42 (95,94)	Tc 43 (98,91)	Ru 44 (101,07)	Rh 45 (102,90)	Pd 46 (107,87)	Ag 47 (107,87)	Cd 48 (112,41)	In 49 (114,82)	Sn 50 (118,69)	Sb 51 (121,76)	Te 52 (127,60)	I 53 (126,90)	Xe 54 (131,29)																												
Cs 55 (132,90)	Ba 56 (137,33)	La 57 (138,90)	Hf 72 (178,49)	Ta 73 (180,95)	W 74 (183,85)	Re 75 (186,21)	Os 76 (190,20)	Ir 77 (192,22)	Pt 78 (195,08)	Au 79 (196,97)	Hg 80 (200,59)	Tl 81 (204,38)	Pb 82 (207,29)	Bi 83 (208,98)	Po 84 (209,99)	At 85 (209,99)	Rn 86 (222,02)																												
Fr 87 (223,02)	Ra 88 (226,02)	Ac 89 (227,03)	Rf 104 (261,10)	Db 105 (262,11)	Sg 106 (263,12)	Bh 107 (264,12)	Hs 108 (277,13)	Mt 109 (268,14)	Ds 110 (268,14)	Rg 111 (280*)	Cn 112 (285*)			Fl 114 (289*)			Lv 116 (297*)																												
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Ce 58 (140,11)</td> <td>Pr 59 (140,91)</td> <td>Nd 60 (144,24)</td> <td>Pm 61 (146,92)</td> <td>Sm 62 (150,36)</td> <td>Eu 63 (151,96)</td> <td>Gd 64 (157,25)</td> <td>Tb 65 (158,93)</td> <td>Dy 66 (162,55)</td> <td>Ho 67 (164,93)</td> <td>Er 68 (167,26)</td> <td>Tm 69 (168,93)</td> <td>Yb 70 (173,04)</td> <td>Lu 71 (174,97)</td> </tr> <tr> <td>Th 90 (232,04)</td> <td>Pa 91 (231,04)</td> <td>U 92 (238,03)</td> <td>Np 93 (237,04)</td> <td>Pu 94 (244,06)</td> <td>Am 95 (243,06)</td> <td>Cm 96 (247,07)</td> <td>Bk 97 (247,07)</td> <td>Cf 98 (251,08)</td> <td>Es 99 (252,08)</td> <td>Fm 100 (257,10)</td> <td>Md 101 (258,10)</td> <td>No 102 (259,10)</td> <td>Lr 103 (262,11)</td> </tr> </tbody> </table>																		Ce 58 (140,11)	Pr 59 (140,91)	Nd 60 (144,24)	Pm 61 (146,92)	Sm 62 (150,36)	Eu 63 (151,96)	Gd 64 (157,25)	Tb 65 (158,93)	Dy 66 (162,55)	Ho 67 (164,93)	Er 68 (167,26)	Tm 69 (168,93)	Yb 70 (173,04)	Lu 71 (174,97)	Th 90 (232,04)	Pa 91 (231,04)	U 92 (238,03)	Np 93 (237,04)	Pu 94 (244,06)	Am 95 (243,06)	Cm 96 (247,07)	Bk 97 (247,07)	Cf 98 (251,08)	Es 99 (252,08)	Fm 100 (257,10)	Md 101 (258,10)	No 102 (259,10)	Lr 103 (262,11)
Ce 58 (140,11)	Pr 59 (140,91)	Nd 60 (144,24)	Pm 61 (146,92)	Sm 62 (150,36)	Eu 63 (151,96)	Gd 64 (157,25)	Tb 65 (158,93)	Dy 66 (162,55)	Ho 67 (164,93)	Er 68 (167,26)	Tm 69 (168,93)	Yb 70 (173,04)	Lu 71 (174,97)																																
Th 90 (232,04)	Pa 91 (231,04)	U 92 (238,03)	Np 93 (237,04)	Pu 94 (244,06)	Am 95 (243,06)	Cm 96 (247,07)	Bk 97 (247,07)	Cf 98 (251,08)	Es 99 (252,08)	Fm 100 (257,10)	Md 101 (258,10)	No 102 (259,10)	Lr 103 (262,11)																																

Figuur B1.1 Periodiek systeem van de elementen