



rivm

Report 610790012/2010

S. Bader

Nederlandse interventie- niveaus bij kernongevallen

RIVM Rapport 610790012/2010

Nederlandse interventieniveaus bij kernongevallen Overzicht, achtergronden en aanbevelingen

S. Bader

Contact:
Sam Bader
Laboratorium voor Stralingsonderzoek
Sam.Bader@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Directoraat Generaal Milieu, Directie Risicobeleid in het kader van het project 'Beleidsondersteuning Straling'.

© RIVM 2010

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Nederlandse interventieniveaus bij kernongevallen

Het RIVM beveelt aan de Nederlandse interventieniveaus voor maatregelen na een kernongeval in lijn te brengen met die van de omringende landen. Interventieniveaus zijn de stralingsniveaus op basis waarvan na een kernongeval maatregelen kunnen worden afgekondigd. Voorbeelden van dit soort maatregelen zijn schuilen en evacueren.

In 2008 heeft het ministerie van VROM een deel van de interventieniveaus aangepast. Dit rapport geeft een overzicht van de vigerende interventieniveaus en de onderbouwing achter deze waarden. Het RIVM doet daarnaast een aantal aanbevelingen om de interventieniveaus te harmoniseren, en stelt voor de naamgeving van enkele maatregelen zodanig aan te passen dat het onderscheid tussen deze maatregelen wordt verhelderd.

Het is belangrijk interventieniveaus internationaal af te stemmen. Als landen bij een kernongeval in het grensgebied verschillende interventieniveaus hanteren kunnen ze ook verschillende maatregelen afkondigen. Het harmoniseren van interventieniveaus is een eerste stap. Het verdient aanbeveling ook andere uitgangspunten van de kernongevallenbestrijding te harmoniseren. Een voorbeeld is de wijze waarop de omvang wordt bepaald van zones waarvoor maatregelen worden afgekondigd.

Als Nederland de interventieniveaus in lijn wil brengen met die van de omringende landen, betekent het dat enkele Nederlandse interventieniveaus moeten worden verlaagd.

Trefwoorden: kernongevallen, maatregelen, interventieniveaus, evacuatie, schuilen

Abstract

Dutch intervention levels for nuclear accidents

The RIVM recommends adjusting Dutch intervention levels for protective actions following nuclear accidents with the aim of bringing them in line with those used in surrounding countries. Intervention levels are those radiation dose levels on which the decisions are based for taking protective measures after nuclear accidents. Such measures include sheltering in appropriate places and evacuation of the affected population.

The Dutch Ministry for Ministry of Spatial Planning, Housing and the Environment modified a number of the intervention levels in 2008. This report reviews the current intervention levels and the reasoning underlying these values. The RIVM also presents a number of recommendations for adapting the current terminology, with the aim of clarifying the differences between measures, and for harmonizing the intervention levels.

International harmonization of intervention levels is important: countries that use different intervention levels are bound to deploy different measures. This is problematic, especially in border regions. Harmonization of the intervention levels is the first step in reaching a broader international agreement on the basic principles of nuclear emergency preparedness. This report also recommends that other basic principles are harmonized as well, such as the method that is used to determine the size of intervention zones.

If the Dutch government decides to bring the intervention levels of the Netherlands in line with those of the surrounding countries, it will be necessary to lower a number of intervention levels currently in place.

Key words: nuclear accidents, protective measures, intervention levels, evacuation, sheltering

Inhoud

Samenvatting		6
1	Inleiding	7
1.1	Achtergrond	7
1.2	Doelstelling	7
1.3	Leeswijzer	8
2	Directe maatregelen - nieuwe interventieniveaus	9
2.1	Huidige situatie	9
2.2	Uitgangspunten	9
2.2.1	Rekenmethoden interventieniveaus	9
2.2.2	Dosisconcepten	10
2.2.3	EPAL-werkgroep	10
2.2.4	Dosisreductie door schuilen	10
2.2.5	ICRP 103	10
2.3	Evacuatie	11
2.3.1	Preventieve evacuatie	11
2.3.2	Evacuatie na pluimpassage	12
2.3.3	Niet-urgente evacuatie	13
2.3.4	Terminologie evacuatie	13
2.4	Schuilen	13
2.5	Jodiumprofylaxe	14
2.5.1	Jodiumprofylaxe kind	14
2.5.2	Jodiumprofylaxe volwassene	15
2.6	Overige directe maatregelen	15
2.6.1	Huidontsmetting	15
2.6.2	Relocatie en terugkeer	16
2.7	Vergelijking met interventieniveaus in Duitsland en België	16
3	Indirecte maatregelen	18
3.1	Maximaal toelaatbare niveaus voor levensmiddelen en diervoeders	18
3.2	Afgeleide interventieniveaus indirecte maatregelen	19
4	Conclusies en aanbevelingen	20

Samenvatting

In 2008 zijn in Nederland nieuwe interventieniveaus vastgesteld voor directe maatregelen bij kernongevallen. Ten opzichte van het Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding uit 1989 zijn sommige interventieniveaus gewijzigd en andere gelijk gebleven. Dit rapport geeft een overzicht van alle vigerende Nederlandse interventieniveaus bij kernongevallen, voor zowel directe als indirecte maatregelen. Bovendien worden per maatregel de overwegingen gegeven die het Ministerie van VROM heeft gehanteerd bij de wijziging van interventieniveaus.

In dit rapport wordt verder betoogd dat het raadzaam is om op enkele punten in het stelsel van interventieniveaus wijzigingen door te voeren om de consistentie te verbeteren en recht te doen aan recente internationale ontwikkelingen. Dit komt tot uitdrukking in enkele technische aanbevelingen en enkele algemene aanbevelingen.

De technische aanbevelingen hebben betrekking op de consistentie van het gebruik van interventietrajecten en evaluatietijden. Sommige interventieniveaus zijn gewijzigd op basis van uitgangspunten die voor andere interventieniveaus niet zijn gehanteerd. Aanbevolen wordt om dit recht te trekken. Voor andere interventieniveaus wordt aangeraden ze uit het systeem te halen.

Eén van de algemene aanbevelingen gaat over de terminologie van de maatregel(en) evacuatie. Er zijn nu drie typen evacuatie gedefinieerd, maar er is verwarring ontstaan over de naamgeving. Het is daarom zinvol om de terminologie rond de maatregel(en) evacuatie te herzien.

Ten slotte: de nieuwe interventieniveaus voor evacuatie na pluimpassage en jodiumprofylaxe zijn een factor vier hoger dan de waarden die in de ons omringende landen worden gebruikt. In Europees verband wordt gestreefd naar harmonisatie van interventieniveaus bij kernongevallen, omdat verschillen in uitgangspunten vooral in grensgebieden tot problemen kunnen leiden. Om verschillende redenen zijn de meeste Nederlandse argumenten voor deze verschillen onder druk komen te staan.

Als de Nederlandse overheid de interventieniveaus wil harmoniseren met die van de omringende landen, zullen de interventieniveaus voor evacuatie na pluimpassage en jodiumprofylaxe in de toekomst omlaag moeten naar de niveaus die gebruikt (gaan) worden in België en Duitsland. Het verder verlagen van de interventieniveaus bij een gelijkblijvende maatrap leidt wel tot (veel) grotere maatregelzones.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Bij een kernongeval of ander grootschalig nucleair of radiologisch incident kan radioactief materiaal in de atmosfeer terechtkomen. Om de blootstelling van de bevolking aan deze radioactiviteit te beperken moeten maatregelen worden getroffen zoals schuilen en evacuatie.

Interventieniveaus zijn de dosiswaarden waarbij overwogen moet worden om maatregelen te nemen om de bevolking te beschermen. Interventie is pas doelmatig als de voordelen van een maatregel opwegen tegen de te verwachten nadelen van de maatregel zelf en de nadelen van de stralingsdosis. Voor elke maatregel zijn daarom andere interventieniveaus vastgesteld [1].

Er wordt onderscheid gemaakt tussen directe en indirecte maatregelen. Directe maatregelen hebben betrekking op belastingspaden zoals inhalatie van besmette lucht en externe straling vanuit wolk of bodem, waarbij de mens direct wordt blootgesteld. Indirecte maatregelen betreffen indirecte processen zoals besmetting van melk na het grazen van vee op besmet grasland.

Interventieniveaus zijn gebaseerd op beleidskeuzen, waarbij naast de radiologische risico's ook pragmatische en maatschappelijke overwegingen een rol spelen.

In 1988 zijn in het Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding (NPK) interventieniveaus vastgesteld voor directe en indirecte maatregelen op basis van internationale aanbevelingen. Sinds die tijd zijn sommige inzichten over interventieniveaus veranderd, wat aanleiding heeft gegeven tot het herzien van de interventieniveaus.

De belangrijkste wijzigingen die zijn doorgevoerd hebben betrekking op de directe maatregelen en zijn gebaseerd op de volgende ontwikkelingen:

- Er is oorspronkelijk voor enkele maatregelen een interventietraject afgesproken, ofwel een hoge en een lage waarde van een interventieniveau. Uit oefeningen is echter gebleken dat dit niet praktisch is. Het blijkt te veel tijd te kosten om een beslissing te nemen over de keuze voor een interventieniveau binnen het interventietraject. Bovendien hanteerden verschillende partijen in de kernongevallenbestrijding afwijkende interventieniveaus [2].
- De tijdsperiode waarover de stralingsdoses worden berekend, is in de meeste gevallen verlengd van 24 naar 48 uur na start lozing om rekening te houden met het langdurige verloop van een aantal ongevalsscenario's.
- Internationaal zijn de interventieniveaus, vooral voor jodiumprofylaxe en evacuatie, naar beneden bijgesteld. De bestrijding van een kernongeval wordt vereenvoudigd als de interventieniveaus van verschillende landen zijn geharmoniseerd.

1.2 Doelstelling

Dit rapport heeft als doel om een overzicht te geven van de nu vigerende Nederlandse interventieniveaus bij kernongevallen en inzicht te geven in de inhoudelijke onderbouwing van deze niveaus. Deze overwegingen zijn in het licht geplaatst van huidige inzichten en recente internationale

ontwikkelingen. Bovendien worden aanbevelingen gedaan voor verbeteringen van het stelsel van interventieniveaus.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 presenteert de vigerende interventieniveaus voor directe maatregelen, laat zien welke wijzigingen zijn doorgevoerd en op welke grond dit is gebeurd. Er wordt verder per maatregel geëvalueerd wat gedaan kan worden om het stelsel van Nederlandse interventieniveaus intern consistent te maken en aan te laten sluiten bij de interventieniveaus die in Duitsland en België gehanteerd worden. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van interventieniveaus voor indirecte maatregelen en hoofdstuk 4 sluit af met conclusies en aanbevelingen.

2 Directe maatregelen - nieuwe interventieniveaus

2.1 Huidige situatie

Op 23 maart 2008 is een brief naar de Tweede Kamer gestuurd [2] waarin de belangrijkste veranderingen in het stelsel van interventieniveaus zijn vastgelegd. In deze brief worden de meeste interventieniveaus uit het NPK [1] niet genoemd. Als er vanuit wordt gegaan dat de niet genoemde interventieniveaus uit het NPK [1] ongewijzigd zijn gebleven, dan bevat onderstaande tabel een overzicht van de vigerende interventieniveaus voor directe maatregelen.

Tabel 1. Overzicht vigerende interventieniveaus directe maatregelen. Dosiswaarden zijn in mSv.

Maatregel	Evaluatietijd	E	Hth	Hhuid	Hlong	Hrbm
Preventieve evacuatie	24 uur	1000	5000	3000	4000	1000
Evacuatie na pluimpassage	48 uur	200				
	24 uur		1500		2000	
Niet-urgente evacuatie	1 jaar	50-250				
Schuilen	48 uur	10				
	24 uur		50-500			
Jodiumprofylaxe kind	48 uur		100			
Jodiumprofylaxe volwassene	48 uur		1000			
Huidontsmetting	24 uur			50		
Huidontsmetting en medische behandeling	24 uur			500		
Relocatie	50 jaar	50-250				
Terugkeer	50 jaar	50-250				

In deze tabel is E effectieve dosis, Hth schildklierdosis, Hhuid huiddosis, Hlong longdosis en Hrbm rodebeenmergdosis.

De terminologie die in dit rapport gebruikt wordt voor de maatregelen is de huidige terminologie, zoals gehanteerd in het nieuwe responsplan [3] en de Tweedekamerbrief [2]. Eén van de aanbevelingen in Hoofdstuk 4 betreft het herzien van de terminologie voor evacuatie.

In dit hoofdstuk worden eerst enkele algemene uitgangspunten besproken. Vervolgens worden per maatregel de wijzigingen en bijbehorende onderbouwingen gepresenteerd. Ten slotte wordt een vergelijking van de interventieniveaus van Nederland, Duitsland en België gegeven.

2.2 Uitgangspunten

2.2.1 Rekenmethoden interventieniveaus

In het NPK [1] zijn de interventieniveaus voor schuilen en evacuatie na pluimpassage bepaald op basis van de nota Omgaan met Risico's van Straling van de Ministeries van VROM en SZW [4]. Daarin zijn voor verschillende soorten maatregelen referentiewaarden voor het individuele overlijdensrisico vastgesteld. Voor ingrijpende maatregelen zoals evacuatie, bedroegen deze waarden 10^{-3} tot 10^{-2} per jaar, voor minder ingrijpende maatregelen zoals schuilen 10^{-4} tot 10^{-3} per jaar. Met behulp van het

toenmalige, door het Ministerie van VROM gehanteerde risicogetal voor fatale kanker van 2.5% per Sv zijn de interventietrajecten uitgekomen op 5-50 mSv en 50-500 mSv voor respectievelijk schuilen en evacuatie. Voor andere maatregelen zijn vergelijkbare redeneringen gevolgd.

Sinds 1990 zijn de inzichten over risico's en het risicogetal voor fatale tumoren veranderd. Bovendien is steeds duidelijker geworden dat interventieniveaus waar mogelijk moeten worden afgestemd op de niveaus van de ons omringende landen. De nieuwe waarden van de interventieniveaus zijn daarom op een andere argumentatie gegrondvest dan de oude waarden.

2.2.2 Dosisconcepten

Interventieniveaus zijn de dosisniveaus waarbij overwogen moet worden om maatregelen te nemen om de bevolking te beschermen. Dit dosisniveau kan op verschillende manieren worden uitgerekend. In ICRP 103 [5] staan de termen 'vermeden dosis' en 'verwachte dosis' gedefinieerd. De vermeden (*averted*) dosis is de dosis die door het nemen van de maatregel vermeden wordt. De verwachte (*projected*) dosis is de dosis die opgelopen wordt als de maatregel niet wordt genomen. Hoewel in een aantal landen de vermeden dosis als uitgangspunt voor interventieniveaus wordt genomen, is zowel in Nederland als in België en Duitsland de verwachte dosis de basis voor de berekeningen.

2.2.3 EPAL-werkgroep

Enkele jaren geleden is een Europese werkgroep opgericht die zich ten doel heeft gesteld de uitgangspunten van kernongevallenbestrijding in de betrokken landen te harmoniseren. In deze werkgroep zitten vertegenwoordigers van onder meer Nederland, Duitsland, België, Frankrijk, Oostenrijk en Zwitserland. Deze EPAL (Emergency Preparedness and Action Levels)-groep heeft een aantal documenten opgesteld over vooral de harmonisatie van interventieniveaus. Een voorbeeld is het EPAL-rapport [16] over harmonisatie van de maatregel jodiumprofylaxe in Duitsland, Frankrijk, Zwitserland, Luxemburg en België.

2.2.4 Dosisreductie door schuilen

In het Radiologisch Handboek Hulpverleningdiensten [6] en het rapport Jodiumprofylaxe bij Kernongevallen [7] wordt als vuistregel gehanteerd dat de maatregel schuilen - bij een urenlange passage van een radioactieve wolk - gemiddeld genomen voor een 50% reductie van de dosis zorgt. Het huidige Nederlandse beleidsstandpunt is dat bij de evaluatie van de maatregelen evacuatie en jodiumprofylaxe verondersteld kan worden dat de bevolking schuilt. In Duitsland [12] en België [13] wordt dit standpunt niet ingenomen. Ook het rapport van de EPAL-werkgroep (zie vorige paragraaf) over harmonisatie van interventieniveaus [16] geeft aan dat bij de evaluatie van jodiumprofylaxe, de maatregel schuilen niet mag worden verondersteld. Daarom wordt aanbevolen om dit standpunt kritisch tegen het licht te houden.

2.2.5 ICRP 103

Het huidige stelsel van interventieniveaus is grotendeels gebaseerd op de uitgangspunten van ICRP 60 [8] uit 1991. Interventieniveaus zijn hier scherpe dosisgrenzen, waarboven interventies zijn gerechtvaardigd en waaronder geen verdere interventies nodig zijn [9]. In ICRP 103, verschenen in 2007, wordt gesproken van referentieniveaus en wordt onder meer gesteld dat bij het nemen van elke maatregel gekeken moet worden naar de rechtvaardiging van deze maatregel. Bovendien benadrukt ICRP 103 dat, ook als de dosis onder het referentieniveau blijft, er gestreefd moet worden naar optimalisatie van de maatregelen ter bescherming van de bevolking. Het ICRP stelt bij "*emergency exposure situations*" een band van referentieniveaus voor, waarbinnen overheden één waarde per maatregel moeten kiezen die dient als richtsnoer voor het nemen van maatregelen.

In dit rapport worden de interventieniveaus nog beschouwd in het licht van de uitgangspunten van ICRP 60. In toekomstige aanpassingen van de uitgangspunten van de kernongevallenbestrijding kan het raadzaam zijn aan te sluiten bij de nieuwe uitgangspunten van de ICRP, vooral als deze brede internationale navolging hebben gekregen.

2.3 Evacuatie

Evacuatie wordt gezien als een ingrijpende maatregel en kan in verschillende fasen van een kernongeval worden afgekondigd. Daarom is onderscheid gemaakt tussen preventieve evacuatie, evacuatie na pluimpassage en niet-urgente evacuatie.

Bij de beoordeling van evacuatie wordt de verwachte dosis uitgerekend. Hierbij wordt verondersteld dat de bevolking schuilt.

2.3.1 Preventieve evacuatie

Als de situatie dermate ernstig is dat de bevolking hoe dan ook weg moet uit het bedreigde gebied, wordt de maatregel preventieve evacuatie afgekondigd. Dit gebeurt bij voorkeur voordat de wolk overtrekt, maar kan zelfs bij een langdurige lozing tijdens het overtrekken noodzakelijk worden geacht. Preventieve evacuatie is van toepassing als deterministische, acute effecten verwacht worden.

De term “preventieve evacuatie” is ongelukkig gekozen, omdat evacuatie ook in andere gevallen een preventief karakter heeft. Alternatieve formuleringen zijn onmiddellijke evacuatie of urgente evacuatie.

Voor de maatregel preventieve evacuatie bestaan interventieniveaus voor de effectieve dosis, de schildklierdosis, de rodebeenmergdosis, de longdosis en de huiddosis. Deze niveaus moeten worden gezien als drempelwaarden voor deterministische effecten [19]. Ze zijn waarschijnlijk afgeleid van de actieniveaus voor deterministische effecten uit de Basic Safety Standards [10]. Alleen de waarde voor de longdosis wijkt hiervan af. In de Basic Safety Standards [10] bedraagt deze 6 Gy, tegenover 8 Gy in het oorspronkelijke NPK en 4 Gy in recentere documenten. Al in 1991 [19] en in een Tweedekamerbrief uit 1992 [11] wordt verwezen naar “studies na Tsjernobyl” waarin een drempeldosis van 4 Gy voor de longen meer van toepassing zou zijn. Een precieze referentie hiervan is niet gevonden.

Overigens is de evaluatietijd voor de orgaandoses bij preventieve evacuatie nog 24 uur. Dit is inconsistent met andere maatregelen, omdat het argument waarmee besloten is om de evaluatietijd te verlengen bij andere interventies hier onverminderd van toepassing is. Het advies luidt om deze evaluatietijd op 48 uur na de start van de lozing te zetten.

Het lijkt zinvol om nader onderzoek te doen naar de positie van deze maatregel in de kernongevallenorganisatie. Er zijn weinig realistische scenario's waarbij de interventieniveaus voor preventieve evacuatie overschreden worden. Bovendien wordt in het buitenland deze maatregel (bijna) niet gehanteerd. Het document *Short-term Countermeasures in Case of a Nuclear or Radiological Emergency* [12] uit 2003 geeft een overzicht van interventieniveaus bij evacuatie in verschillende landen. Nederland is het enige land in die lijst dat aparte waarden voor deze vorm van evacuatie opgeeft.

2.3.2 Evacuatie na pluimpassage

Volgens de Tweedekamerbrief [11] wordt, wat voorheen eerstedagevacuatie werd genoemd, altijd uitgevoerd nadat de radioactieve wolk is gepasseerd. Deze maatregel wordt daarom evacuatie na pluimpassage genoemd [3].

Deze term dekt, evenals preventieve evacuatie niet geheel de lading. Er is een scenario denkbaar dat evacuatie wel wordt uitgevoerd, wanneer de berekende dosis tussen 200 en 1000 mSv zal liggen, en de wolk pas na 6 uur over zal trekken. Een betere benaming dan evacuatie na pluimpassage is daarom vroege evacuatie

Voor deze maatregel is ten opzichte van het NPK het volgende veranderd:

In plaats van een interventietraject van 50 tot 500 mSv effectieve dosis volwassene voor de eerste 24 uur na start lozing geldt nu een interventieniveau van **200 mSv effectieve dosis** volwassene voor de eerste 48 uur na start lozing.

De evaluatietijd is verlengd omdat in veel kernongevallenscenario's tegenwoordig wordt uitgegaan van een complexe en langdurige lozing. Met een evaluatietijd van 48 uur zal in deze gevallen het grootste deel van de verwachte dosis worden meegenomen.

In paragraaf 2.2 staat hoe in het NPK de keuzes voor interventieniveaus zijn gemaakt. Het nieuwe interventieniveau voor evacuatie is op vergelijkbare wijze te onderbouwen: met het nu gehanteerde percentage van 5% per Sv uit ICRP 60 [8] voor individueel overlijdensrisico, komt een risico van 10^{-2} overeen met 200 mSv.

In Duitsland geldt een interventieniveau van 100 mSv [12] en in België een interventietraject van 50 tot 150 mSv [13]. Met de aanname van schuilen moet een Duits (en Belgisch) interventieniveau van 100 mSv vergeleken worden met een Nederlands interventieniveau van 400 mSv.

In de Tweedekamerbrief [2] wordt gemotiveerd waarom in Nederland een hoger interventieniveau voor evacuatie gerechtvaardigd is. Hierin wordt betoogd dat evacuatie in het dichtbevolkte Nederland als een zeer ingrijpende maatregel moet worden gezien [11]. Als bevolkingsdichtheid hierbij het enige argument is, gaat dit echter waarschijnlijk ook op voor de omgeving van kerncentrale Doel, die tegen de stad Antwerpen aanligt. Dit maakt de onderbouwing van de factor vier verschil in interventieniveaus wel minder sterk.

Daartegenover staat dat, hoewel moet worden gestreefd naar harmonisatie van de interventieniveaus, kan worden gesteld dat dit bij evacuatie minder van toepassing is, omdat een evacuatiegebied vaak niet grensoverschrijdend zal zijn. Dit standpunt wordt ook genoemd in de Tweedekamerbrief [2].

Echter, de standaard-evacuatiezone voor kerncentrale Doel (uit het Belgische Nucleaire Noodplan [13]) bedekt een cirkel van 10 kilometer rond de kerncentrale, waarbinnen ook Nederlandse woonkernen als Nieuw-Namen en Ossendrecht vallen. Er zijn dus wel degelijk situaties waarin ook evacuatiezones grensoverschrijdend zijn, wat maakt dat ook hier harmonisatie een wenselijk streven is.

Voor harmonisatie is het wenselijk om in de toekomst het interventieniveau voor evacuatie aan te laten sluiten bij dat van België en Duitsland en te verlagen tot 100 mSv zonder schuilen.

Er gelden ook voor evacuatie na pluimpassage interventieniveaus voor de schildklierdosis en de longdosis. Aanbevolen wordt om deze interventieniveaus uit het systeem te halen. Voor de schildklierdosis geldt dat de maatregel jodiumprofylaxe de bevolking al beschermt tegen schadelijke effecten voor de schildklier. Voor het interventieniveau van 2000 mSv voor de longdosis geldt

bovendien dat het interventieniveau voor de effectieve dosis (van 200 mSv), uitgaande van de weefselweegfactor van 0,12 uit ICRP 103 [5], altijd eerder wordt overschreden. Dit maakt het apart hanteren van een longdosis overbodig.

2.3.3 Niet-urgente evacuatie

Niet-urgente, of late evacuatie is aan de orde als de lozing voorbij is, maar uit berekeningen en metingen een persistent hoog dosistempo blijkt door (met name) externe straling van op de grond gedeponerd materiaal. Het is de bedoeling dat niet-urgente evacuatie niet later dan twee weken na de lozing wordt uitgevoerd.

Bij niet-urgente evacuatie hoort een interventietraject van 50-250 mSv effectieve dosis (evaluatieperiode 1 jaar) dat is niet veranderd ten opzichte van het NPK. De reden dat hier een interventietraject wordt gehandhaafd is dat er in de periode na de calamiteit voldoende tijd is om te bepalen of niet-urgente evacuatie wenselijk of noodzakelijk is. De specifieke situatie is dan bepalend voor de keuze van het interventieniveau.

2.3.4 Terminologie evacuatie

Zoals genoemd in de vorige paragrafen, wordt aanbevolen de terminologie rond evacuatie te herzien. Een alternatieve formulering is:

- onmiddellijke evacuatie
(evacuatie zelfs tijdens pluimpassage, om deterministische effecten te voorkomen - in plaats van preventieve evacuatie)
- vroege evacuatie
(i.e. evacuatie om (ernstige) stochastische effecten te voorkomen – bij voorkeur vóór, maar anders kort na pluimpassage - in plaats van eerstedagevacuatie of evacuatie (voor of) na pluimpassage)
- niet-urgente evacuatie
(i.e. evacuatie ruim na de lozing, als de externe straling door gedeponerd materiaal tot een aanzienlijk dosistempo aanleiding geeft - in plaats van niet-urgente evacuatie)

2.4 Schuilen

Schuilen is het binnenshuis verblijven met ramen en deuren gesloten. Het wordt ten opzichte van evacuatie en jodiumprofylaxe gezien als een relatief weinig ingrijpende maatregel, hoewel ook schuilen aanzienlijke sociale en economische consequenties heeft.

Voor de maatregel schuilen is ten opzichte van het NPK het volgende veranderd:

In plaats van een interventietraject van 5 tot 50 mSv effectieve dosis volwassene voor de eerste 6 uur na start lozing geldt nu een interventieniveau van **10 mSv effectieve dosis** volwassene voor de eerste 48 uur na start lozing.

Deze wijziging is doorgevoerd vanuit het streven om van interventietrajecten naar interventieniveaus over te gaan. Daarnaast is hiermee het interventieniveau *de facto* gelijkgetrokken met die van de ons omringende landen. In Duitsland geldt eveneens een interventieniveau van 10 mSv [12] en in België een interventietraject van 5 tot 15 mSv [13].

De evaluatietijd is verlengd ten opzichte van het NPK omdat in veel kernongevallenscenario's tegenwoordig wordt uitgegaan van een langdurige lozing [14]. Met een evaluatietijd van 48 uur zal in deze gevallen het grootste deel van de verwachte dosis worden meegenomen.

Voor de maatregel schuilen geldt ook een interventietraject voor de schildklierdosis. Aanbevolen wordt om dit interventietraject uit het systeem te halen. Net als bij evacuatie na pluimpassage kan worden gesteld dat met de maatregel jodiumprofylaxe de bevolking al wordt beschermd tegen schadelijke effecten voor de schildklier.

2.5 Jodiumprofylaxe

Jodiumprofylaxe is het toedienen van stabiel jodium om te voorkomen dat de schildklier radioactief jodium opneemt dat kan worden ingeademd bij het voorbijtrekken van een wolk radioactief materiaal. Het interventieniveau voor jodiumprofylaxe heeft louter betrekking op de schildklierdosis.

Jodiumtoediening is niet geheel zonder risico's: lichte allergische reactie kunnen voorkomen en er bestaat zelfs een zeer kleine kans op ernstige bijwerkingen [7]. Echter, onderzoek onder de bevolking van Polen na de ramp in Tsjernobyl heeft geleerd dat bij geen van de 10,5 miljoen kinderen die jodiumpillen hebben geslikt ernstige bijwerkingen voorkwamen, en dat van de 7 miljoen volwassenen slechts 2 mensen niet-fatale, maar ernstige bijwerkingen hadden [15].

Inname van radioactief jodium verhoogt de kans op het krijgen van schildklierkanker bij kinderen. Bij volwassenen is de toename van de kans op schildklierkanker door radioactief jodium zeer gering, en bij mensen boven de 40 jaar is geen verhoogd risico op schildklierkanker aangetoond [7]. Er bestaan daarom verschillende interventieniveaus voor volwassenen en kinderen. Er is bovendien afgesproken dat jodiumprofylaxe wordt ontraden bij mensen die ouder zijn dan 45 jaar, omdat daar de nadelen van de maatregel waarschijnlijk groter zijn dan de voordelen. [16].

2.5.1 Jodiumprofylaxe kind

Voor de maatregel jodiumprofylaxe kind is ten opzichte van het NPK het volgende veranderd:

In plaats van een interventieniveau van 500 mSv schildklierdosis voor kinderen voor de eerste 24 uur na start lozing geldt nu een interventieniveau van **100 mSv schildklierdosis** kind voor de eerste 48 uur na start lozing.

Bij de berekening van deze dosis moet worden verondersteld dat het kind schuilt.

De evaluatietijd is verlengd omdat in veel kernongevallenscenario's tegenwoordig wordt uitgegaan van een complexe en langdurige lozing. Met een evaluatietijd van 48 uur na start lozing zal in deze gevallen het grootste deel van de verwachte dosis worden meegenomen.

Met het verlagen van het interventieniveau van 500 mSv naar 100 mSv wordt aansluiting gevonden bij aanbevelingen van onder meer de IAEA [10], hoewel met de aanname van schuilen het interventieniveau feitelijk op 200 mSv ligt. Het interventieniveau wijkt nu af van wat in Duitsland en België wordt gebruikt. Dat is onwenselijk, omdat bij een calamiteit het moeilijk te communiceren is dat bij gelijke omstandigheden in het ene land wel en in het andere land niet wordt opgeroepen tot jodiumprofylaxe.

Eén van de gemeenschappelijke uitgangspunten uit een document [16] van de EPAL-werkgroep (zie ook paragraaf 2.2.3) luidt

- “ten bate van de harmonisatie wordt voor de kritieke groep (kinderen tot 18 jaar) één interventieniveau voor de vijf landen afgesproken. Dit niveau is 50 mSv (verwachte) schildklierdosis, zonder schuilen, berekend voor een tijdstip dat ligt op het eind van de lozing of zeven dagen na de start van de lozing.”

Het Nederlandse interventieniveau wijkt hier een factor vier van af, omdat in Nederland schuilen wordt verondersteld. Uit correspondentie met het Ministerie van VROM, afdeling CM [17] blijkt dat de uitgangspunten van de werkgroep in de betrokken landen geïmplementeerd gaan worden. Het lijkt daarom zinvol dat in de toekomst Nederland zich hierbij aansluit en het interventieniveau van 50 mSv zonder schuilen overneemt.

Ten slotte: in de Tweedekamerbrief uit 2008 [2] is het argument gebruikt dat inwoners van Duitsland kampen met een tekort aan jodium. Daarom zou de kans op schildklierkanker voor een inwoner van Duitsland groter zijn dan voor een persoon die genoeg jodium binnenkrijgt (zoals in Nederland), en om die reden zou het interventieniveau in Nederland hoger moeten zijn. Uit een publicatie van de WHO [18] blijkt echter dat het jodiumtekort in Duitsland in het verleden wel bestond, maar dat hier tegenwoordig geen sprake meer van is. Hiermee komt het argument dat rechtvaardigt dat in Nederland het interventieniveau voor jodiumprofylaxe hoger zou moeten zijn dan in Duitsland, onder druk te staan.

2.5.2 Jodiumprofylaxe volwassene

Voor de maatregel jodiumprofylaxe volwassene is ten opzichte van het NPK het volgende veranderd:

In plaats van een evaluatietijd van 24 uur moet een evaluatietijd van 48 uur gehanteerd worden. Het interventieniveau **1000 mSv schildklierdosis volwassene** blijft gehandhaafd.

Bij de berekening van deze dosis moet worden verondersteld dat de volwassene schuilt. In vergelijkingen met interventieniveaus die andere landen hanteren (zonder schuilen), moet daarom de waarde 2000 mSv worden beschouwd.

De evaluatietijd is verlengd omdat in veel kernongevallenscenario's tegenwoordig wordt uitgegaan van een complexe en langdurige lozing. Met een evaluatietijd van 48 uur zal in deze gevallen het grootste deel van de verwachte dosis worden meegenomen.

2.6 Overige directe maatregelen

2.6.1 Huidontsmetting

Bij een besmetting van de huid met radioactiviteit moet de huid worden ontsmet door te douchen of zich te wassen. Bij hoge besmettingsniveaus moet ontsmetting door de brandweer worden uitgevoerd. De interventieniveaus voor huidontsmetting kwamen in het oorspronkelijke NPK nog niet voor. Ze zijn al wel te vinden in het document *Overheidsrespons bij nucleaire ongevallen* [19]. Door de brandweer werd het interventietraject 50-500 mSv al in de praktijk uitgevoerd, dit is nu geformaliseerd.

In de nieuwe situatie zijn de interventieniveaus de volgende: beneden de 50 mSv kunnen de besmette personen direct naar huis om daar zelf de besmetting te verwijderen door te douchen en de haren te wassen. Tussen 50 en 500 mSv huiddosis wordt huidontsmetting door de brandweer toegepast, boven 500 mSv wordt deze maatregel bovendien gevolgd door een medische controle. De huiddosis wordt berekend voor de eerste 24 uur na de start van de lozing omdat wordt aangenomen dat mensen zich na 24 uur wel gewassen hebben.

2.6.2 Relocatie en terugkeer

Relocatie houdt in dat bewoners van besmet gebied elders permanent worden gevestigd, als de dosisniveaus (door externe straling van gedeponeed materiaal) boven een bepaalde waarde uitkomen [19]. Hiervoor bestaat een interventietraject (50-250 mSv effectieve dosis opgelopen in de eerste 50 jaar), dat niet is gewijzigd. De reden dat hier een interventietraject wordt gehandhaafd is dat er voldoende tijd is om te bepalen of relocatie noodzakelijk dan wel mogelijk is. De specifieke situatie is dan bepalend voor de definitieve keuze van het interventieniveau.

De maatregel terugkeer wordt op grond van dezelfde berekeningen als bij relocatie afgekondigd, met dien verstande dat hierbij gekeken wordt of het gebied wel veilig is om terug te keren voor eenmaal geëvacueerde bewoners. Ook hiervoor bestaat een interventietraject (50-250 mSv effectieve dosis opgelopen in de eerste 50 jaar), dat niet is gewijzigd.

Het is de vraag of de maatregel relocatie in praktische zin zoveel verschilt van de maatregel niet-urgente evacuatie. In andere landen [12] wordt de maatregel niet-urgente evacuatie niet apart beschouwd. In de meeste van die landen [12] wordt bovendien ook hier een interventieniveau gehanteerd in plaats van een interventietraject.

Aanbevolen wordt om onderzoek te doen naar de plaats van de maatregelen niet-urgente evacuatie en relocatie in de uitgangspunten van de kernongevallenbestrijding. Eén optie is om niet-urgente evacuatie te hernoemen naar tijdelijke relocatie.

2.7 Vergelijking met interventieniveaus in Duitsland en België

In Tabel 2 staat een vergelijking van interventieniveaus voor schuilen, evacuatie na pluimpassage en jodiumprofylaxe die geldig zijn voor Nederland, Duitsland en België. De waarden voor de buurlanden zijn verkregen uit [13] en [12].

Tabel 2. Interventieniveaus (mSv) in Nederland, Duitsland en België.

Maatregel	Nederland	Nederland zonder schuilen	Duitsland	België
Evacuatie na pluimpassage	200	400	100	50-150
Schuilen	10	10	10	5-15
Jodiumprofylaxe kind	100	200	50	10-50
Jodiumprofylaxe volwassene	1000	2000	250	50-100

Een interventieniveau bij een maatregel waarbij schuilen is verondersteld, moet met twee worden vermenigvuldigd om vergeleken te kunnen worden met een interventieniveau waarbij schuilen niet wordt verondersteld. Dat maakt, bijvoorbeeld, dat er een factor vier verschil bestaat tussen het interventieniveau voor evacuatie na pluimpassage voor Nederland en Duitsland.

De interventieniveaus voor schuilen zijn nu voor Nederland, België en Duitsland (nagenoeg) hetzelfde. Voor evacuatie en jodiumprofylaxe zijn de werkelijke waarden van de Nederlandse interventieniveaus een factor vier hoger dan die in Duitsland en België. Vooral nu het erop lijkt dat die landen onderling de interventieniveaus op elkaar afstemmen kan het zinvol zijn om in de toekomst hierbij aansluiting te zoeken door de interventieniveaus te verlagen.

Dit zal echter consequenties hebben voor de maatregelzones. Verder verlagen van de interventieniveaus leidt namelijk bij een gelijkblijvende maatrap tot (veel) grotere maatregelzones: een verlaging met een factor vier leidt tot grofweg een toename met een factor 2,5 van de straal van de maatregelzones.

3 Indirecte maatregelen

Naast directe maatregelen bestaan indirecte maatregelen, die de dosis door inname van radioactief besmet voedsel of water moeten beperken. De meeste indirecte maatregelen worden beoordeeld aan de hand van de besmetting of activiteit van nucliden ingedeeld in vier nuclidegroepen:

- Groep Sr. Strontiumisotopen, met name Sr-89 en Sr-90.
- Groep I. Jodiumisotopen, met name I-131.
- Groep alfa. Alfastraling emitterende isotopen, met name Pu-239 en Am-241.
- Groep overig. Alle andere nucliden met een halfwaardetijd van meer dan 10 dagen, met name Cs-134 en Cs-137.

3.1 Maximaal toelaatbare niveaus voor levensmiddelen en diervoeders

Bij maatregelen die de voedselketen betreffen, zijn de interventieniveaus gebaseerd op de *Maximaal toelaatbare niveaus voor levensmiddelen en diervoeders* die in Europees verband in een aantal Euratomverordeningen zijn opgesteld. Deze niveaus zijn in Tabel 3 weergegeven.

Tabel 3. Maximaal toelaatbare niveaus voeding (Bq/kg) of (Bq/l).

Voedingsmiddelen	Groep Sr	Groep I	Groep alfa	Groep overig
Babyvoeding [20]	75	150	1	400
Verse melkproducten [21]	125	500	20	1000
Minder belangrijke levensmiddelen [22]	7500	20000	800	12500
Andere behalve minder belangrijke levensmiddelen [21]	750	2000	80	1250
Vloeibare levensmiddelen [20]	125	500	20	1000
Diervoeders [23]	nvt	nvt	nvt	1250-5000

In het Responsplan versie 1.0 [3] is deze tabel ook opgenomen. Daarin zijn enkele fouten geslopen:

- In het responsplan staat bij diervoeders 125-5000, dit moet volgens Euratom 770/90 zijn: 1250-5000.
- In het responsplan staat: “andere minder belangrijke levensmiddelen”; in Euratom 3954/87 staat: Other foodstuffs except minor foodstuffs.

Daarnaast moeten aanvullend op de tabel de volgende opmerkingen worden gemaakt:

- Een lijst van minder belangrijke levensmiddelen is opgenomen in [21]. Denk bijvoorbeeld aan knoflook, kaviaar en gember.
- Voor diervoeding hangt het niveau af van de diersoort: voor varkens geldt 1250 Bq/kg, voor gevogelte, lammeren en kalveren 2500 Bq/kg, en voor overige dieren 5000 Bq/kg.

In de tabel van het oorspronkelijke NPK [1] ontbraken sommige waarden omdat bij publicatie de onderhandelingen in Europa daarover nog niet waren afgerond. In het document *Overheidsrespons bij nucleaire ongevallen* uit 1991 [19] zijn de meeste gegevens al wel overgenomen uit Europese regelgeving.

3.2 Afgeleide interventieniveaus indirecte maatregelen

De interventieniveaus voor indirecte maatregelen zijn alle afgeleid van de waarden in de bovenstaande tabel. Deze zijn niet veranderd ten opzichte van het NPK [1]. In Tabel 4 worden deze interventieniveaus weergegeven.

Tabel 4. Afgeleide interventieniveaus indirecte maatregelen.

Maatregel	Groep Sr	Groep I	Groep alfa	Groep overig
Drinkwater (Bq/l)	125	500	20	1000
Graasverbod (Bq/m ²)	nvt	5000	nvt	nvt
Sluiten kassen (Bq/m ³)	375	1000	40	625
Berekening begroeid land (Bq/l)	15	40	2	25
Berekening onbegroeid land (Bq/l)	50	nvt	2	800
Gebruik zuiveringsslib (kBq/kg droge stof)	50	nvt	2	800

Voor de interventieniveaus gelden in het kort de volgende aandachtspunten:

- Drinkwater

De maatregel “sluiten innamepunten drinkwater” wordt gebaseerd op de maximaal toelaatbare niveaus voor drinkwater, die gelijk zijn gesteld aan de maximaal toelaatbare niveaus voor melkproducten.

- Graasverbod

Koeien die radioactief besmet gras eten gaan radioactief besmette melk geven. Om dit te voorkomen worden boven bepaalde bodembesmettingsniveaus boeren opgeroepen hun koeien op stal te zetten. Voor melk geldt een maximaal toelaatbaar niveau voor I-131 van 500 Bq/l. Daarnaast wordt ervan uitgegaan dat er een factor tien bestaat tussen de besmetting van weidegrond (Bq/m²) en melk (Bq/l) [1]. Om deze redenen is het interventieniveau eind jaren tachtig op 5000 Bq/m² I-131 gezet. Ter vergelijking, de gemiddelde jodiumbesmetting in Nederland na de ramp in Tsjernobyl bedroeg 11,4 kBq/m² [24].

- Sluiten kassen

Bij het overtrekken van de wolk, kan door tijdig sluiten van kassen worden voorkomen dat de groenten die daarin worden verbouwd, besmet raken. Bij het opstellen van de bijbehorende interventieniveaus zijn aannames gemaakt die worden vermeld in het NPK [1].

- Berekening van onbegroeid en begroeid (wei)land

Met besmet beregeningswater mag slechts tot een bepaald besmettingsniveau het land worden besproeid. Deze waarden zijn lager dan voor drinkwater, omdat per oppervlakte-eenheid de bodem meer water ontvangt. Omgerekend is per kilogram voedsel 50 liter beregeningswater nodig.

- Uitrijden zuiveringsslib

Slib dat afkomstig is uit afvalzuiveringsinstallaties in de industrie wordt incidenteel gebruikt als meststof. Om te voorkomen dat het land wordt bemest met besmet slib zijn ook hier interventieniveaus vastgesteld. Deze waarden zijn bepaald voor het meest kwetsbare gewas, te weten peulvruchten.

4 Conclusies en aanbevelingen

Door het verlagen van de interventieniveaus ten opzichte van de waarden uit het NPK is een belangrijke stap gezet richting een duidelijk en consistent stelsel van interventieniveaus en harmonisatie met de waarden van de buurlanden. In dit rapport wordt betoogd dat op enkele punten nog wijzigingen overwogen kunnen worden om de consistentie te verbeteren en recht te doen aan recente internationale ontwikkelingen. In de volgende aanbevelingen komen deze verbeteringen naar voren:

1a. Voor interventieniveaus die niet in de Tweedekamerbrief [2] zijn genoemd wordt aanbevolen de evaluatietijd op 48 uur te zetten en af te zien van interventietrajecten. Dit om aan te sluiten bij de interventieniveaus die wel expliciet in de Tweedekamerbrief zijn genoemd.

1b. Aanbevolen wordt om de volgende interventieniveaus uit het systeem van interventieniveaus te halen: het interventieniveau voor de schildklierdosis bij schuilen en evacuatie na pluimpassage en voor de longdosis bij evacuatie na pluimpassage.

1c. Aanbevolen wordt om de terminologie rond de maatregel(en) evacuatie te herzien.

2a. Aanbevolen wordt om onderzoek te doen naar de positie van de maatregel preventieve evacuatie in de huidige kernongevallenorganisatie.

2b. Er zijn weinig concrete verschillen tussen de maatregelen niet-urgente evacuatie en relocatie. Aanbevolen wordt om onderzoek te doen naar de plaats van de maatregelen niet-urgente evacuatie en relocatie in de uitgangspunten van de kernongevallenbestrijding.

3a. Er moet kritisch gekeken worden naar het huidige beleidsstandpunt dat bij evaluatie van de maatregelen evacuatie en jodiumprofylaxe wordt verondersteld dat de bevolking schuilt. Er wordt aanbevolen om dit op de buurlanden af te stemmen.

3b. De nieuwe interventieniveaus voor evacuatie na pluimpassage en jodiumprofylaxe zijn een factor vier hoger dan de waarden die in de omringende landen worden gebruikt, als rekening wordt gehouden met het beleidsstandpunt dat bij de dosisberekening de aanname geldt dat mensen schuilen. In de Tweedekamerbrief worden argumenten gegeven waarom deze verschillen bestaan. Om verschillende redenen zijn de meeste argumenten onder druk komen te staan.

Als de Nederlandse overheid de interventieniveaus wil harmoniseren met die van omringende landen, zullen de interventieniveaus voor evacuatie na pluimpassage en jodiumprofylaxe in de toekomst omlaag moeten naar de niveaus die gebruikt (gaan) worden in België en Duitsland. Het verder verlagen van de interventieniveaus bij een gelijkblijvende maatrap leidt wel tot (veel) grotere maatregelzones. Harmonisatie van interventieniveaus is een eerste stap. Het verdient aanbeveling om ook andere uitgangspunten van de kernongevallenbestrijding internationaal af te stemmen, zodat landen bij een kernongeval met gelijke omstandigheden komen tot dezelfde maatregelen.

Nieuwe tabel met interventieniveaus na implementatie aanbevelingen 1a-1c.

In hoofdstuk 2 zijn in Tabel 1 de vigerende interventieniveaus voor directe maatregelen gegeven. Daarin zijn de in de Tweedekamerbrief van 20 maart 2008 [2] gerapporteerde veranderingen opgenomen en aangevuld met de interventieniveaus die niet expliciet zijn gewijzigd.

In Tabel 5 is weergegeven hoe de tabel met interventieniveaus voor directe maatregelen eruit komt te zien als aanbevelingen 1a tot en met 1c van dit rapport worden overgenomen.

Tabel 5. Overzicht interventieniveaus voor directe maatregelen na implementatie aanbevelingen 1a-1c. Dosiswaarden zijn in mSv.

Maatregel	Evaluatietijd	E	Hth	Hhuid	Hlong	Hrbm
Onmiddellijke evacuatie	48 uur	1000	5000	3000	4000	1000
Vroege evacuatie	48 uur	200				
Schuilen	48 uur	10				
Jodiumprofylaxe kind	48 uur		100			
Jodiumprofylaxe volwassene	48 uur		1000			
Huidontsmetting	24 uur			50		
Huidontsmetting en medische behandeling	24 uur			500		
Niet-urgente evacuatie	1 jaar	50-250				
Relocatie en terugkeer	50 jaar	50-250				

Literatuur

1. Brief van de Minister van VROM aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal. Nationaal Plan voor de Kernongevallenbestrijding, 21015, nr 1-3, 13 februari 1989 (1989)
2. Brief van de Minister van VROM aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal. Kernongevallenbestrijding, 21015, nr 16. 23 maart 2008 (2008)
3. Responsplan Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding, versie 1.0 augustus 2009. VROM-Inspectie (2009)
4. Brief van de Minister van VROM aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal. Normstelling ioniserende straling voor arbeid en milieu. Omgaan met risico's van straling. 21483 nr 1. 19 maart 1990. (1990)
5. ICRP Publication 103: Recommendations of the ICRP, Annals of the ICRP Volume 37/2-4 (2007)
6. Radiologisch Handboek Hulpverleningsdiensten, Ministerie van BZK (2004)
7. Leenders MEC, Kok YS, Reinen HAJM, Zuur C. Jodiumprofylaxe bij kernongevallen. RIVM-Rapport 348804004 (2004)
8. ICRP Publication 60: Recommendations of the ICRP, Annals of the ICRP Volume 21/1-3 (1991)
9. Weiss W. Towards a coherent conceptual framework for emergency preparedness/response and rehabilitation - the application of the new ICRP recommendations given in ICRP 103. Journal of Environmental Radioactivity, Vol 100 p 1002-1004 (2009)
10. International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources IAEA Safety Series No. 115 (1996)
11. Brief van de Minister van VROM aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal. Kernongevallenbestrijding, 21015, nr 12. 11 mei 1992 (1992)
12. Short-term Countermeasures in Case of a Nuclear or Radiological Emergency. Nuclear Emergency Agency, OECD (2003)
13. Koninklijk besluit tot vaststelling van het nucleair en radiologisch noodplan voor het Belgisch grondgebied. Nucleair Noodplan België, dd 17 oktober 2003 (2003)
14. Bader S, Slaper, H. Inventarisatie en classificatie van maatregelzones bij kernongevallen. RIVM-rapport 610790003 RIVM Bilthoven (2008)
15. Guidelines for iodine prophylaxis following nuclear accidents. World Health Organization, Geneva (1999)
16. Trans-border harmonization of iodine prophylaxis and linked protective actions in the first hours of a nuclear accident. EPAL-Report. July 2007 92007)
17. Persoonlijke correspondentie Ministerie van VROM, afdeling Crisismanagement.
18. Iodine deficiency in Europe, World Health Organization, Geneva (2007)
19. Syllabus Overheidsrespons bij nucleaire ongevallen, Ministerie van VROM, 13 november 1991 (1991)
20. Wijziging van de verordening tot vaststelling van maximaal toelaatbare niveaus van radioactieve besmetting van levensmiddelen en diervoeders ten gevolge van een nucleair ongeval of ander stralingsgevaar. Euratom nr 2218/89 (1989).
21. Verordening tot vaststelling van maximaal toelaatbare niveaus van radioactieve besmetting van levensmiddelen en diervoeders ten gevolge van een nucleair ongeval of ander stralingsgevaar Euratom nr. 3954/87 (1987).
22. Verordening van de Commissie tot vaststelling van maximaal toelaatbare niveaus van radioactieve besmetting in minder belangrijke levensmiddelen. Euratom nr. 944/89 (1989).

23. Verordening betreffende toelaatbare niveaus van radioactieve besmetting van diervoeders.
Euratom nr. 770/90 (1990).
24. De radioactieve besmetting ten gevolge van het kernreactor ongeval in Tsjernobyl.
Coördinatie-commissie voor de metingen van radioactiviteit en xenobiotische stoffen (1986).

RIVM
Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl