

---

# Principes van stralingsbescherming

De aanbevelingen van de ICRP vergeleken met 'Omgaan met risico's van straling'

---

Advies van een commissie van de Gezondheidsraad

Vertaling, onder verantwoordelijkheid van het secretariaat van de Gezondheidsraad,  
van het advies 'Principles of radiation protection'.

---

aan

de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid

---

1994/28, Den Haag, 31 December 1994

---



---

# Inhoud

---

Samenvatting, conclusies en aanbevelingen 85

---

1 Inleiding 91

1.1 ‘Omgaan met risico’s van straling’ 91

1.2 Politieke discussie en adviesaanvraag 92

1.3 Gezondheidsraadadvies Stralingsrisico’s 92

1.4 Commissie en advies 93

---

2 Algemene begrippen 95

2.1 Gezondheidseffecten 95

2.2 Beschrijving van de stralingsblootstelling 96

2.3 Risico 98

2.4 Blootstelling van werkers, patiënten en de algemene bevolking 99

2.5 Andere begrippen 100

---

3 Reikwijdte 105

---

4 Bescherming door preventie 109

---

5 Individuele limieten voor dosis en risico 113

---

6 Bescherming door interventie 119

---

---

7	Beroepsmatige blootstelling	121
7.1	Inperking	121
7.2	Beschermingskader	121
7.3	Waarde van de dosislimieten	123

---

8	Evaluatie	125
8.1	Wetenschappelijk inzicht	125
8.2	Toelaatbaarheid van stralingsrisico	127
8.3	Vergelijking van limieten in termen van dosis	128
8.4	Slotopmerkingen	130

---

	Literatuur	133
--	------------	-----

---

	Bijlagen	135
A	Adviesaanvraag van de minister van VROM aan de voorzitter van de Gezondheidsraad	137
B	Samenstelling van de commissie	139
C	De ICRP en haar aanbevelingen	141
D	Stralingsrisico in maat en getal	145
E	Effectieve dosis	149

---

---

## Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

---

In het voorliggende advies vergelijkt een commissie van de Gezondheidsraad, samengesteld uit deskundigen uit Nederland, Zweden en de VS, de uitgangspunten voor de bescherming van de bevolking tegen ioniserende straling voorgesteld door de International Commission on Radiological Protection (ICRP) met die van de Nederlandse regering. Het advies is een reactie op een verzoek van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

De meest recente aanbevelingen van de ICRP voor de stralingsbescherming dateren van 1990. Het Nederlandse beleid is beschreven in de nota 'Omgaan met risico's van straling' uit 1990 en is verder verduidelijkt in de gelijknamige vervolgotitie uit 1993 en in latere brieven van de regering aan de Tweede Kamer. De commissie duidt het Nederlandse stralingsbeschermingsbeleid verder aan als 'OmRS'.

De commissie laat in haar advies ongevalsituaties buiten beschouwing. Op verzoek van de voorzitter van de Gezondheidsraad gaat ze kort op beroepsmatige blootstelling aan straling in.

---

### **Beschermingskader**

De benadering die de ICRP voorstelt ter bescherming van de algemene bevolking tegen ioniserende straling, past in een meeromvattend, consistent kader voor de stralingsbescherming, waaronder ook bescherming tegen blootstelling op de werkplek en bij medisch onderzoek of behandeling ressorteert. De ICRP beoogt de gezondheid te beschermen tegen schadelijke effecten van ioniserende straling zonder nuttige

---

toepassingen van stralingsbronnen onnodig te belemmeren. De nota OmRS beschrijft het stralingsbeschermingsbeleid als onderdeel van het milieurisicobeleid van de Nederlandse regering. Bescherming van de gezondheid dient tot stand te komen door de kans op overlijden door het toepassen van stralingsbronnen te beperken tot onder vastgestelde limietwaarden (milieukwaliteitsdoelstellingen). Bescherming tegen beroepsmatige blootstelling aan straling wordt slechts kort besproken in de nota OmRS.

---

## Rechtvaardiging, optimalisatie en limieten

Sommige menselijke activiteiten kunnen de blootstelling van de bevolking aan straling doen toenemen en vereisen daarom nadere aandacht. ICRP beveelt als eerste stap voor het beslissen over de maatschappelijke toelaatbaarheid van zulke praktijken (ICRP spreekt van ‘practices’) aan om na te gaan of de voordelen opwegen tegen de maatschappelijke en economische kosten. Alleen praktijken die netto-voordeel opleveren en aldus zijn gerechtvaardigd, zouden mogen worden toegestaan of gecontinueerd onder de voorwaarde dat de stralingsbeschermingsmaatregelen zijn geoptimaliseerd. Dat laatste houdt in dat de individuele stralingsdoses, het aantal blootgestelde personen en de kans op ongevalsblootstelling zo laag als redelijkerwijs mogelijk is (ALARA), rekening houdend met economische en maatschappelijke factoren. De ICRP stelt voor om de bescherming te optimaliseren met zogeheten dosisbeperkingen (ICRP spreekt van ‘dose constraints’) als randvoorwaarden om te voorkomen dat rechtvaardiging en optimalisatie leiden tot een ontoelaatbare ongelijkheid in individuele risico’s. Ze zijn een weerslag van wat als ‘good radiological protection practice’ dient te worden beschouwd en kunnen daarom verschillen tussen brede categorieën van activiteiten of groepen blootgestelde personen. De individuele dosislimiet, die de ICRP stelt op een effectieve dosis van 1 millisievert per jaar, dient als referentie voor het afleiden van dosisbeperkingen met betrekking tot blootstelling van de algemene bevolking. Deze limiet heeft betrekking op de totale blootstelling van alle praktijken die binnen het beschermingskader vallen.

Ook OmRS hanteert de begrippen rechtvaardiging, optimalisatie en limieten, maar dan in een andere betekenis. Vanuit milieubeleids oogpunt zijn activiteiten niet gerechtvaardigd indien ze doelstellingen van het milieubeleid frustreren. Daarnaast mag de kans op overlijden veroorzaakt door de activiteit, het zogeheten ‘individuele risico’, een waarde van 1 per 1 000 000 per jaar van blootstelling niet overschrijden. Deze waarde is verkregen door het maximaal toelaatbare risiconiveau van 1 per 100 000 per jaar voor blootstelling aan straling van alle relevante bronnen, te delen door 10. Het maximaal toelaatbare risiconiveau van een enkele bron komt volgens OmRS overeen met een effectieve dosis van 0,04 millisievert per jaar en het maximaal

toelaatbare risiconiveau voor alle bronnen met een effectieve dosis van 0,4 millisievert per jaar. Onder het maximaal toelaatbare niveau dient het stralingsrisico verder te worden beperkt door middel van optimalisatie, waartoe de overheid, in principe, nadere randvoorwaarden kan stellen als onderdeel van de vergunningverlening.

De grondslag voor de 'rechtvaardiging' van een praktijk, zoals de ICRP die voorstelt, verschilt wezenlijk van die van OmRS. Volgens de ICRP vereist rechtvaardiging het in beschouwing nemen van de voordelen van de praktijk. In OmRS is de maximaal toelaatbare risiconiveau het primaire beoordelingscriterium en spelen de voordelen van de praktijk geen rol bij de rechtvaardiging.

Men zou het maximaal toelaatbare risiconiveau per bron ook kunnen opvatten als een eerste stap om de blootstelling van de bevolking aan straling van een bepaalde activiteit in te perken. De ICRP hanteert met dat doel de dosisbeperkingen. Waar in OmRS de bronlimiet eenzelfde waarde heeft voor alle bronnen, laat de aanpak van de ICRP juist differentiatie van dosisbeperkingen per groep van activiteiten toe.

Met haar milieurisicobeleid beoogt de Nederlandse overheid onder meer gelijke beschermingsniveaus te bieden voor blootstelling aan uiteenlopende milieufactoren. Dat wordt gerealiseerd door identieke maximaal toelaatbare risiconiveaus aan te geven voor de diverse factoren. Maar het stellen van gelijke grenswaarden voor de kans op overlijden garandeert geen gelijke bescherming, vanwege de zeer uiteenlopende aard van de factoren, zoals straling, kankerverwekkende en niet-kankerverwekkende stoffen en de mogelijkheid van industriële ongevallen, en de ermee verbonden uiteenlopende gezondheidseffecten.

Afhankelijk van de wijze waarop de beschermingssystemen van de ICRP en OmRS worden uitgewerkt, kunnen beide benaderingen leiden tot beschermingsniveaus die door de betrokken partijen adequaat worden geacht. De commissie wijst er op dat zowel het beschermingssysteem van de ICRP voor 'public exposure' als dat van OmRS voor milieublootstelling slechts betrekking heeft op een klein deel van de stralingsblootstelling van de bevolking, zeker in termen van de collectieve dosis. De grootste bijdrage tot de blootstelling is afkomstig van natuurlijke bronnen en feitelijk niet te beïnvloeden.

---

### **Grootte van de limieten**

De ICRP onderbouwt de voorgestelde dosislimiet van 1 millisievert per jaar op twee manieren. Allereerst heeft zij nagegaan welke gezondheidsschade wordt veroorzaakt door voortdurende blootstelling tot aan de limiet. Ze concludeert dat die mogelijke schade, wat betreft aard en verdeling over de tijd, niet onaanvaardbaar is voor een individu. Het tweede argument hangt samen met de niveaus van de natuurlijke achtergrondstraling. De geografische variaties in die niveaus (waarbij radon buiten

---

beschouwing blijft) zijn van de orde van grootte van één millisievert per jaar en hebben niet geleid tot waarneembare schade in grote bevolkingsgroepen.

Het begrip 'individueel risico' (per jaar) uit de nota OmRS is gerelateerd aan chronische, levenslange blootstelling aan straling. Daardoor heeft het niet de betekenis van de extra kans op overlijden later in het leven ten gevolge van blootstelling in een bepaald jaar, zoals in het 'externe-veiligheids'beleid. Men zou kunnen stellen dat OmRS in feite de extra kans om aan kanker te overlijden in samenhang met levenslange stralingsblootstelling van functionele toepassingen en niet-nucleaire industrieën beperkt tot 1 op de 1000 en in samenhang met een enkele bron tot 1 op de 10 000. Deze 'levensrisico' limieten komen dan dus overeen met dosislimieten van, respectievelijk, 0,4 millisievert per jaar en 0,04 millisievert per jaar, als men uitgaat van een levensduur van de mens van 100 jaar. (Was men uitgegaan van het risicogetal van de ICRP dan hadden de overeenkomstige waarden respectievelijk 0,2 en 0,02 millisievert per jaar bedragen.)

Volgens OmRS dient de individuele dosis van elke stralingsbron kleiner te zijn dan 0,04 millisievert per jaar. In nadere richtlijnen heeft de overheid gesteld dat onder een waarde van 0,0004 millisievert per jaar optimalisatie om de stralingsblootstelling te verminderen voor haar geen prioriteit meer heeft. Het introduceren van dosisbeperkingen, zoals de ICRP heeft voorgesteld, biedt meer flexibiliteit dan de benadering van OmRS, omdat er meer ruimte is om te beslissen over de meest geëigende instrumenten om een evenwicht te bereiken tussen de gezondheidswinst door vermindering van de stralingsblootstelling en de kosten van die vermindering.

---

### **Het risicobegrip en het ontstaan van kanker**

De commissie heeft de verschillen tussen de twee benaderingen van de stralingsbescherming ook gezien tegen de achtergrond van de resultaten van onderzoek dat gedurende de laatste twee decennia is verricht. Het gaat daarbij om het risicobegrip en om het verband tussen de stralingsdosis en het optreden van kanker. In het kader van besluitvorming over de toelaatbaarheid van menselijke activiteiten, is 'risico' een begrip met een verscheidenheid aan kenmerken. Het inperken ervan tot, bijvoorbeeld, de kans op overlijden tengevolge van een bepaalde activiteit, is een te grote vereenvoudiging en zou belangrijke elementen in het besluitvormingsproces kunnen verdoezelen.

Een belangrijk gezondheidseffect verbonden met blootstelling aan straling is kanker. Ten behoeve van stralingsbeschermingsdoeleinden neemt men aan dat zelfs kleine stralingsdoses de kans op kanker later in het leven evenredig met de dosis doen toenemen. Volgens de huidige inzichten leidt blootstelling aan straling niet onvermijdelijk tot kanker. Het is een van de factoren die, te zamen met andere, een

---



kwaadaardige tumor kan veroorzaken. Men kan straling daarom omschrijven als een milieufactor die de gevoeligheid voor kanker vergroot. Kanker is een ziekte die zich vooral op hogere leeftijd manifesteert; de leeftijdsverdeling van de extra kankersterfte in een aan straling blootgestelde bevolking blijkt niet aanzienlijk te verschillen van de leeftijdsverdeling van de 'normale' kankersterfte.

De commissie is van mening dat de ICRP met deze bevindingen expliciet rekening houdt bij het onderbouwen van het voorgestelde beschermingskader en OmRS niet.

---

## **Samengevat**

In de onderstaande tabel vat de commissie de belangrijkste verschillen tussen de beide benaderingen om de algemene bevolking tegen ioniserende straling te beschermen samen.

Deze tabel geeft een opsomming van de belangrijkste verschillen tussen het kader voor de stralingsbescherming van de algemene bevolking dat de ICRP in 1990 heeft voorgesteld, en dat van de Nederlandse regering. De getallen in de vierde kolom verwijzen naar de paragrafen in het advies waar een en ander uitgebreider wordt besproken.

	ICRP	Nederlandse regering (OmRS)	
doelstelling	bescherming van de bevolking tegen stralingsrisico's <sup>a</sup>	bescherming van de bevolking tegen de risico's van industriële ongevallen en milieufactoren, waaronder straling	2.5, 8.2
	het verkrijgen van voordelen van stralingsbronnen moet niet onnodig worden belemmerd	de blootstelling moet worden beperkt met behulp van milieukwaliteitsdoelstellingen	
uitgangspunten <sup>b</sup>	een praktijk is gerechtvaardigd als ze netto-voordeel oplevert, dat wil zeggen als de voordelen groter zijn dan de kosten	een praktijk is alleen gerechtvaardigd als de stralingsblootstelling kleiner is dan een dosislimiet die overeenkomt met een maximaal toelaatbaar risiconiveau voor een enkele bron	4
	optimalisatie van de stralingsbescherming (ALARA)	optimalisatie van de stralingsbescherming (ALARA) onder een dosislimiet voor een enkele bron	
	individuele dosislimiet om te waarborgen dat de blootstelling van een individu door alle praktijken geen ontoelaatbaar niveau bereikt		
veronderstelde extra kans om aan kanker te overlijden per eenheid van (effectieve) dosis	5 procent per sievert	2,5 procent per sievert	5
methode om de dosis te beperken	optimalisatie met dosisbeperkingen die afhangen van de aard van de praktijk	gelijke dosislimiet voor elk bron; daaronder optimalisatie met mogelijk nadere dosisbeperkingen	4, 5
grootte van de dosislimiet	1 millisievert per jaar voor alle praktijken te zamen; dosisbeperkingen die afhangen van de aard van de praktijk, zijn kleiner dan deze waarde	0,04 millisievert per jaar voor elke bron <sup>c</sup>	5
onderbouwing van de dosislimiet	1 millisievert per jaar leidt, volgens modelberekeningen, niet tot een ontoelaatbaar risico en is minder dan de geografisch spreiding in de dosis van natuurlijke stralingsbronnen	0,04 millisievert per jaar wordt geacht overeen te komen met een extra kankersterfte van 1 per 1 000 000 per jaar van blootstelling (gemiddeld over de bevolking, bij chronische blootstelling)	5, 8.3

<sup>a</sup> Het beschermingssysteem van de ICRP voor 'public exposure' is onderdeel van een meeromvattend, samenhangend systeem ter bescherming tegen beroepsmatige, medische en andere vormen van stralingsblootstelling.

<sup>b</sup> Voor menselijk handelen dat de stralingsblootstelling van de bevolking doet stijgen; de ICRP spreekt in dat verband van praktijken, de nota 'Omgaan met risico's van straling' van functionele toepassingen en niet-nucleaire industrieën.

<sup>c</sup> Deze limiet moet waarborgen dat de effectieve dosis veroorzaakt door alle functionele toepassingen en niet-nucleaire industrieën een waarde van 0,4 millisievert per jaar niet overschrijdt; deze waarde wordt geacht overeen te komen met een maximaal toelaatbaar risiconiveau van 1 per 100 000 per jaar.

# Inleiding

---

## 1.1 ‘Omgaan met risico’s van straling’

Net als in andere landen ontstond in Nederland de belangstelling voor bescherming tegen ioniserende straling in de jaren twintig. Zo bracht in 1926 de Gezondheidsraad aan de Nederlandse regering een advies uit over stralingsnormen (GR26). In 1969 werd de Kernenergiewet van kracht en sindsdien is alle regelgeving voor bescherming tegen ioniserende straling op deze wet gebaseerd. Deze regelgeving sloot, tot op heden, nauw aan bij de zogeheten Euratom-basisnormen voor de stralingsbescherming, een richtlijn van de Europese Unie.

In 1987 wisselde de regering met de Tweede Kamer van gedachten over haar stralingsbeschermingsbeleid. Aanleiding daarvoor vormde een wijziging van het Besluit stralenbescherming Kernenergiewet, die noodzakelijk was in verband met wijziging van de Euratom-basisnormen. Deze laatste wijziging voorzag in aanpassing van de basisnormen aan de aanbevelingen van de International Commission on Radiological Protection (ICRP) van 1977 (ICRP77). De regering zegde aan de Kamer toe om haar stralingsbeschermingsbeleid opnieuw te bezien en de samenhang ervan met het milieurisicobeleid te versterken. Die toezegging resulteerde in de beleidsnota ‘Omgaan met risico’s van straling’ (OmRS), gepubliceerd in 1990 (TK90). In de nota blijven medische stralingstoepassingen buiten beschouwing. Een beleidsnota over die toepassingen werd gepubliceerd in 1989 (TK89b).

---

---

## 1.2 Politieke discussie en adviesaanvraag

In de nota OmRS beschrijft de regering het beleid voor bescherming tegen ioniserende straling op het werk en in het milieu. Voor blootstelling aan straling in het milieu, dat wil zeggen niet verbonden met een medisch onderzoek of behandeling en buiten een ‘inrichting’ \*, greep de nota terug op de in de beleidsnotitie ‘Omgaan met risico’s’ (OmR, TK89a) geformuleerde uitgangspunten.

Het milieurisicobeleid van de Nederlandse regering, en niet in de laatste plaats het onderdeel over stralingsbescherming, vormde onderwerp van discussie binnen en buiten het parlement. In brieven en notities aan de Tweede Kamer heeft de regering het beleid nader toegelicht en op onderdelen gewijzigd. Voor de bescherming tegen ioniserende straling is de ‘Vervolgotitie Omgaan met risico’s van straling’ van belang (TK93a).

Voor beroepsmatige blootstelling aan straling wordt in de nota OmRS verwezen naar de beschermingsprincipes van de Arbeidsomstandighedenwet.

In het parlement is herhaaldelijk gevraagd naar de samenhang tussen het Nederlandse stralingsbeschermingsbeleid en internationaal aanvaarde regels en beschermingsprincipes. In de vervolgotitie werd, als antwoord daarop, een beknopte vergelijking tussen het Nederlandse beleid en het stralingsbeschermingssysteem van de ICRP gegeven, maar dat stelde niet alle Kamerleden tevreden. Daarop vroeg de minister van VROM de Gezondheidsraad om:

te adviseren over de wetenschappelijke aspecten van de door de Gezondheidsraad aan te geven belangrijkste verschilpunten tussen de systematiek van stralenbescherming zoals deze in het ICRP-advies nr 60 wordt aanbevolen en de uitwerking zoals deze in ORS-kader voor wat betreft de milieuaspecten heeft plaatsgevonden.

De brief met de adviesaanvraag van de minister is opgenomen in bijlage A.

---

## 1.3 Gezondheidsraadadvies Stralingsrisico’s

De Gezondheidsraad heeft verscheidene adviezen uitgebracht over de mogelijke gezondheidseffecten van blootstelling aan ioniserende straling en over uitgangspunten en maatregelen op het terrein van de stralingsbescherming. Het laatst verschenen advies dateert van 1991 (GR91). Dat advies bevat een overzicht van de

---

\* De omschrijving van blootstelling in het milieu in het Nederlandse beleid (‘environmental exposure’) verschilt van de omschrijving die de ICRP geeft van ‘public exposure’. Zie hoofdstuk 2.

---

wetenschappelijke kennis van effecten van straling op de gezondheid. Daarnaast worden grootheden voor het bepalen en beheersen van stralingsrisico's besproken.

---

## 1.4 Commissie en advies

Ter beantwoording van de adviesaanvraag van de minister heeft de voorzitter van de Gezondheidsraad een commissie van deskundigen uit Nederland, Zweden en de Verenigde Staten ingesteld. Hij vroeg de commissie om ook aandacht te besteden aan de bescherming van werkers. De samenstelling van de commissie is vermeld in bijlage B.

In het volgende hoofdstuk (2) gaat de commissie in op enkele algemene begrippen in de stralingshygiëne. In de daarop volgende hoofdstukken (3 - 6) passeren verscheidene aspecten van bescherming van de bevolking tegen de gezondheidseffecten die zijn verbonden met blootstelling aan ioniserende straling, de revue en vergelijkt de commissie de benadering van de ICRP met die van de Nederlandse regering.\* In hoofdstuk 7 bespreekt zij beroepsmatige blootstelling. Zij sluit het advies af met enkele algemene conclusies (hoofdstuk 8).

---

### ICRP en OmRS

De commissie gebruikt het acroniem 'ICRP' (zonder lidwoord) om de aanbevelingen van de International Commission on Radiological Protection van 1990 aan te duiden (ICRP-Publikatie 60; ICRP91). Als zij de Commission zelf bedoelt ('de ICRP'), dan blijkt dat uit de context. Informatie over de taak van de ICRP en de ontwikkeling van haar aanbevelingen is opgenomen in bijlage C.

'OmRS' verwijst naar het huidige stralingsbeschermingsbeleid van de Nederlandse regering, zoals dat is beschreven in de nota 'Omgaan met risico's van straling' (TK90) en de 'Vervolgotitie Omgaan met risico's van straling' (TK93a), inclusief de latere wijzigingen die voortvloeiden uit het overleg tussen de regering en het parlement, in het bijzonder voor wat betreft het afschaffen van het zogeheten verwaarloosbaar-risicoconcept in het stralingsbeschermingsbeleid. Onderdelen van dit beleid zijn nog niet officieel van kracht, omdat daarvoor nog wijzigingen van het Besluit stralenbescherming Kernenergiewet nodig zijn.

---

\* De commissie heeft kennis genomen van de vergelijking in de 'Vervolgotitie Omgaan met risico's van straling', maar bespreekt die verder niet.

---



## **Algemene begrippen**

---

Stralingsbescherming richt zich op de bescherming van mensen tegen de schadelijke effecten van ioniserende straling. In dit hoofdstuk bespreekt de commissie enkele algemene begrippen op het gebied van de stralingsbescherming. Voor een uitvoeriger behandeling verwijst zij naar een eerder advies van de Gezondheidsraad (GR91) en een publikatie van de ICRP (ICRP91).

---

### **2.1 Gezondheidseffecten**

Veel is bekend over de wisselwerking tussen ioniserende straling en biologisch weefsel en over de mechanismen die leiden tot gezondheidsschade. De kennis op dit gebied is echter niet volledig. Desondanks hebben nationale en internationale commissies van deskundigen op het gebied van de radiobiologie en de stralingsbescherming gemeend op basis van de beschikbare gegevens stralingsbeschermingsprincipes en -maatregelen te kunnen aanbevelen.

Omdat de wisselwerking tussen straling en biologisch weefsel ingewikkeld is, zijn modellen nodig om de wisselwerking en haar gevolgen te beschrijven. Deze modellen gaan uit van veronderstellingen om de mogelijke gezondheidseffecten van stralingsblootstelling te bepalen. Een van die veronderstellingen is dat de gevolgen van blootstelling aan straling in twee groepen kunnen worden ingedeeld.

De eerste groep omvat:

- de toename van de kans dat de blootgestelden leukemie of een andere vorm van kanker krijgen

- de toename van de kans op erfelijke afwijkingen bij het nageslacht van de blootgestelden.

Bij deze respons van het organisme hangt de kans op het optreden van het effect, een vorm van kanker of een erfelijke afwijking, samen met de grootte van de blootstelling aan straling. De effecten noemt men 'stochastisch'. Dezelfde effecten kunnen ook op andere wijze worden teweeggebracht: een stochastisch effect is niet als een gevolg van de stralingsblootstelling herkenbaar.

Er zijn onvoldoende aanwijzingen om te veronderstellen dat voor stochastische effecten de blootstelling een drempel heeft waaronder de respons nul is. Daarom neemt men aan dat de extra kans op een stochastisch effect evenredig is met de stralingsblootstelling voor elke waarde van de blootstelling. Daar de omvang van de meeste vormen van blootstelling aan straling, uitgezonderd die van toepassingen van straling in de radiotherapie, vergeleken bij de natuurlijke stralingsblootstelling van de bevolking relatief gering zijn, is een lineair verband tussen blootstellingsniveau en de kans op een effect voor beschermingsdoeleinden een verantwoorde benadering.

De tweede groep gevolgen van blootstelling aan straling omvat de zogeheten deterministische effecten. Deze doen zich pas voor boven een blootstellingsdrempel die verschilt van effect tot effect. De ernst van het effect neemt toe met toenemende stralingsblootstelling. Voorbeelden van deterministische effecten zijn: zogeheten stralingsziekte, cataract, tijdelijke en permanente onvruchtbaarheid, en ontwikkelingsstoornissen na blootstelling van de foetus.

Uit epidemiologisch onderzoek volgt dat blootstelling van de foetus de verstandelijke vermogens van het latere kind negatief zou kunnen beïnvloeden. Of dit effect als stochastisch of deterministisch is te beschouwen, is onduidelijk.

---

Blootstellingsniveaus die tot overschrijding van de effectdrempels aanleiding kunnen geven, komen normaal gesproken niet voor op de werkplek of in het milieu en kunnen vrijwel altijd worden vermeden. Daarom richten beschermingsmaatregelen op het werk en in de woonomgeving zich primair op stochastische effecten

---

## **2.2 Beschrijving van de stralingsblootstelling**

### Geabsorbeerde dosis

De geabsorbeerde dosis is de fundamentele blootstellingsmaat voor het beschrijven van blootstelling-responsrelaties. Voor stralingsbeschermingsdoeleinden, dat wil

---



zeggen voor blootstelling aan *lage doses straling met een laag dosistempo\**, kan worden volstaan met de geabsorbeerde orgaandosis: de in het orgaan geabsorbeerde stralingsenergie gedeeld door de orgaanmassa. Bij uniforme blootstelling van het lichaam is de geabsorbeerde dosis in alle organen en in het lichaam als geheel ongeveer gelijk. De SI-eenheid van geabsorbeerde dosis heeft de speciale naam gray (Gy).

### Equivalente dosis

Het verband tussen geabsorbeerde dosis en respons hangt af van de fysische eigenschappen van de straling. Voor stralingsbeschermingsdoeleinden is het in het algemeen verantwoord om geabsorbeerde doses van verschillende soorten straling bij elkaar te tellen na vermenigvuldiging met een factor (groter dan of gelijk aan 1) die de relatieve biologische effectiviteit van de straling tot uitdrukking brengt. Dat resulteert in de grootte 'equivalente dosis'. De SI-eenheid van equivalente dosis heeft de speciale naam sievert (Sv).

### Effectieve dosis

De ICRP heeft ten behoeve van de stralingsbescherming het gebruik van de grootte 'effectieve dosis' aanbevolen (ICRP91). Bij homogene bestraling van het lichaam is de effectieve dosis gelijk aan de equivalente dosis in het gehele lichaam. Voor inhomogene bestraling definieert de ICRP de effectieve dosis als een gewogen som van equivalente doses per orgaan (zie bijlage E). De weegfactoren brengen de gevoeligheid van de diversen organen en de ernst van de verschillende gezondheidseffecten (kanker en erfelijke afwijkingen) tot uitdrukking. De eenheid van effectieve dosis is dezelfde als die van equivalente dosis: sievert. De commissie gebruikt in dit advies 'de effectieve dosis' als maat voor blootstelling aan straling. Bij blootstelling aan lage doses straling met een laag dosistempo is - zoals de commissie al aangaf - de stochastische respons naar veronderstelling evenredig met de effectieve dosis.

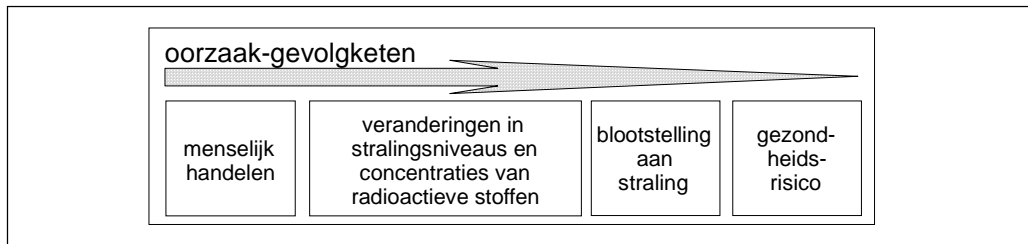
### Collectieve dosis

De totale gezondheidsschade in een bevolkingsgroep is evenredig met de collectieve effectieve dosis, de som van de effectieve doses van de bestraalde personen. De eenheid van collectieve dosis is de sievert (vaak geschreven als persoon-sievert).

---

\* Stralingsdoses en dosistempi die gebruikelijk voorkomen op de werkplek en in het milieu; het gaat om geabsorbeerde doses kleiner dan 200 milligray en geabsorbeerde-dosistempi kleiner dan 3 milligray per uur (UN88).

---



*Figuur 1* Oorzaak-gevolgketen voor stralingsrisico.

## 2.3 Risico

### Oorzaak-gevolgketens en kans op gezondheidsschade

‘Risico’ heeft betrekking op de kans op schade aan de gezondheid van mensen, aan ecosystemen en aan goederen, in samenhang met de ernst en omvang van de schade. Het is een begrip met een verscheidenheid van kenmerken en komt goed overeen met het begrip ‘detriment’, zoals de ICRP dat in haar jongste aanbevelingen omschreef (ICRP91; voor een bespreking van de begrippen risico en risicokenmerken verwijst de commissie naar Vle90 en Nor92).

Ten behoeve van risicobeheersing wordt vaak gewerkt met het concept ‘oorzaak-gevolgketen’ (figuur 1). Stralingsrisico vindt zijn oorzaak in menselijke activiteiten die stralingsniveaus en concentraties van radioactieve stoffen uit natuurlijke bron kunnen beïnvloeden en bestaande stralingsniveaus verhogen door toepassing van stralingsbronnen en door het lozen van radioactieve stoffen in het milieu. Blootstelling van mensen aan straling treedt op via diverse belastingspaden, die op de werkplek eenvoudig van karakter kunnen zijn, maar in het natuurlijk milieu vaak zeer ingewikkeld. Uiteenlopende activiteiten, dat wil zeggen uiteenlopende oorzaak-gevolgketens, kunnen belastingspaden gemeenschappelijk hebben, bijvoorbeeld het transport van radioactieve stoffen via lucht of oppervlaktewater. Aan de andere kant, en de commissie wil dat benadrukken, wordt het totale risico dat is verbonden met een bepaalde oorzaak-gevolgketen, door meer factoren dan alleen blootstelling aan straling bepaald.

De commissie beperkt zich in dit advies tot gezondheidsdetriment dat wordt veroorzaakt door blootstelling aan straling ten gevolge van vroeger, huidig en toekomstig menselijk handelen. Zij volgt daarin de ICRP en de nota OmRS.

## Kwantitatieve risicoschatting

Bij de meeste activiteiten die tot blootstelling aan straling leiden, zullen geen deterministische effecten optreden (een uitzondering is radiotherapie, die juist het teweegbrengen van deterministische effecten, te weten de vernietiging van tumoren, ten doel heeft). Daarom gaat de belangstelling vooral uit naar de stochastische effecten van straling. De extra kans op kanker ten gevolge van blootstelling aan straling hangt af van de leeftijd waarop blootstelling plaats heeft, de duur van de blootstelling, de omvang van de blootstelling en van de leeftijd waarop het effect eventueel optreedt. In bijlage D geeft de commissie voorbeelden van het verband tussen de extra kans op het optreden van kanker en blootstelling.

---

### 2.4 Blootstelling van werkers, patiënten en de algemene bevolking

In het algemeen wordt blootstelling aan straling onderscheiden in:

- beroepsmatige blootstelling
- medische blootstelling
- blootstelling van de algemene bevolking of milieublootstelling.

Beroepsmatige blootstelling hangt samen met het uitoefenen van een beroep. Aangezien straling alomtegenwoordig is, zouden volgens deze omschrijving alle werknemers ‘beroepsmatig zijn blootgesteld’, en zouden zij dus onder het regiem voor bescherming tegen straling op de werkplek vallen. De ICRP en ook de diverse overheden beperken daarom het beleid met betrekking tot stralingsbescherming op de werkplek tot vormen van bestraling die tot de verantwoordelijkheid van de bedrijfsleiding kunnen worden gerekend.\*

Medische blootstelling heeft alleen betrekking op blootstelling van mensen in samenhang met medisch onderzoek of behandeling van hen zelf. Blootstelling van medisch personeel wordt beschouwd als beroepsmatige blootstelling.

ICRP omschrijft ‘public exposure’ als alle vormen van blootstelling anders dan de beroepsmatige en de medische. Het gaat daarbij niet alleen om blootstelling veroorzaakt door wettelijk toegestane toepassingen van stralingsbronnen, maar ook om blootstelling aan straling uit natuurlijke bron die is beïnvloed door menselijke handelen, blootstelling veroorzaakt door vroegere kernwapenproeven en verhoogde blootstelling ten gevolge van onvoorziene lozingen van radioactieve stoffen in het

---

\* Daarmee is niet alle onduidelijkheid over de grens tussen beroepsmatige en niet-beroepsmatige blootstelling verdwenen. ICRP heeft aanbevolen om blootstelling van werkers veroorzaakt door opslag van materiaal dat natuurlijke radioactieve stoffen bevat, en van vliegend personeel tot de beroepsmatige blootstelling te rekenen.

---

milieu. Het grootste deel is niet te vermijden en afkomstig van natuurlijke stralingsbronnen.

Het stralingshygiënische milieubeleid van de Nederlandse overheid richt zich op 'milieublootstelling'. Deze vorm van blootstelling komt grotendeels overeen met de 'public exposure' van de ICRP. De blootstelling van mensen binnen een 'inrichting', zoals gedefinieerd in de Wet milieubeheer, valt echter niet onder het begrip milieublootstelling.

Radiodiagnostisch onderzoek brengt relatief kleine individuele doses met zich mee, zij het toegediend met een hoog dosistempo: de blootstellingsduur bedraagt in het algemeen seconden of minuten. Radiotherapie vereist veel grotere doses, eveneens met een hoog dosistempo. De beroepsmatige blootstelling kent een veel lager dosistempo en is veelal uitgesmeerd over maanden en jaren. De stralingsdoses die de bevolking uit natuurlijke en kunstmatige bronnen ontvangt, zijn nog lager, zowel in dosis als dosistempo.

### Reguliere en ongevalsblootstelling

Per definitie is reguliere blootstelling te voorzien; daarom kan ze worden beschouwd als onvermijdelijk of voldoende beperkt. Onderdeel van reguliere blootstelling vormen ook doses die samenhangen met te voorziene afwijkingen van het normale bedrijf en met ongewone voorvallen. Zeldzame, ongewenste gebeurtenissen, zoals de lozing van radioactieve stoffen bij een ongeval, en in het bijzonder die met mogelijk grote gevolgen, worden afzonderlijk beschouwd. Dit soort vormen van blootstelling noemt ICRP 'potential exposures'. In het voorliggende advies laat de commissie blootstelling ten gevolge van ongevallen en andere 'potential exposures' buiten beschouwing.

---

## 2.5 Andere begrippen

ICRP hanteert begrippen die niet in OmRS voorkomen, en omgekeerd. In deze paragraaf bespreekt de commissie de belangrijkste daarvan.

---

### ICRP

#### Detriment

Met het begrip detriment duidt ICRP aan: de mogelijke schade die samenhangt met blootstelling aan straling. Detriment heeft verscheidene kenmerken die de omvang en de ernst van de schade, en de kans op het optreden ervan uitdrukken. Om detriment te

---

kunnen kwantificeren zijn vereenvoudigingen nodig. Alleen met additionele veronderstellingen is het mogelijk detriment met een enkelvoudige maat te beschrijven. De ICRP werkt het begrip detriment alleen voor schade aan de *gezondheid* uit. Zij introduceerde het al in 1977 (ICRP77), maar in haar jongste aanbevelingen omschreef zij het op de hiervoor aangegeven wijze. Detriment komt goed overeen met het begrip risico dat de commissie in 2.3 omschreef.

De commissie gaf al aan dat de effectieve dosis samenhangt met het individuele gezondheidsdetriment: een stijging van de effectieve dosis doet het detriment toenemen. In geval van blootstelling van een bevolkingsgroep aan lage doses straling met een laag dosistempo legt ICRP een verband tussen het gezondheidsdetriment van die groep en met de collectieve effectieve dosis.

### Beschermingskader

ICRP beoogt met het door haar aanbevolen stralingsbeschermingssysteem het gezondheidsdetriment verbonden met de blootstelling aan straling in te perken tot een aanvaardbaar niveau. Die inperking heeft als randvoorwaarde dat een activiteit niet zó zeer wordt belemmerd dat de eraan verbonden voordelen zouden wegvallen. Als uitgangspunt kiest ICRP het voorkòmen van deterministische effecten door de doses tot onder relevante blootstellingsdrempels te beperken en het treffen van alle redelijke maatregelen om het optreden van stochastische effecten beperken.

---

## OmRS

### ‘Individueel risico’

De basisgrootheid voor het beperken van de gezondheidsschade door milieublootstelling aan ioniserende straling in OmRS is het ‘individueel risico’; dit begrip werd reeds geïntroduceerd in de notitie OmR (TK89a; zie ook TK85). Het is omschreven als: “de kans dat een persoon een bepaald nadelig effect ondervindt als gevolg van blootstelling aan een agens”. OmRS richt zich, voor het geval van blootstelling aan straling, op overlijden aan kanker als schadelijk effect en drukt het individueel risico uit op jaarbasis.

### Beschermingskader

Het kader van OmRS wordt gegeven door de doelstellingen van het milieuhygiënische en het arbeidshygiënische beleid: bescherming van mensen tegen de schadelijke gevolgen van menselijke activiteiten. De doelstellingen van het milieubeleid omvatten

---

ook de bescherming van dieren en planten, van ecosystemen en van goederen. Ze zijn verder uitgewerkt als (in de terminologie van de beleidsdocumenten): het sluiten van stofstromen tot kringlopen, het extensiveren van energie en het bevorderen van kwaliteit, onder andere door het voorkómen van afvalstromen en van onomkeerbare aantasting van milieufuncties. Verder mag het individuele risico dat is verbonden met stralingsblootstelling, aangegeven limietwaarden niet overschrijden. Alleen voor de laatstgenoemde doelstelling geeft OmRS een kwantitatieve uitwerking.

---

## Vergelijking

In het verleden heeft de ICRP overwogen om haar beschermingssysteem te baseren op de kans op het optreden van gezondheidseffecten in plaats van op de effectieve dosis. Maar in haar jongste aanbevelingen (ICRP91) ziet zij daar expliciet van af. Dat standpunt berust op de resultaten van onderzoek van de afgelopen twee decennia: het verband tussen dosis en risico blijkt minder eenvoudig en rechttoe-rechtaan te zijn dan men aanvankelijk dacht. Dit geldt voor beroepsmatige blootstelling en in het bijzonder voor blootstelling van de algemene bevolking, daar de mogelijke gezondheidsschade moet worden afgeleid uit gegevens over blootstellingssituaties die zeer verschillend zijn voor wat betreft dosis, dosistempo, en persoonskenmerken en leefstijl.

ICRP gaat daarom uit van de begrippen individuele en collectieve effectieve dosis. Die worden beschouwd als de relevante blootstellingsmaten en worden grofweg geïnterpreteerd in termen van de mogelijke schade aan de gezondheid (gezondheidsdetriment) op grond van de best beschikbare wetenschappelijke gegevens. Daarentegen gaat OmRS uit van het begrip individueel risico, in het algemeen uitgedrukt als de kans dat een individu overlijdt ten gevolge van blootstelling.

De beschermingskaders van ICRP en van OmRS verschillen op belangrijke punten van elkaar. ICRP beoogt de gezondheid te beschermen tegen de schadelijke gevolgen die zijn verbonden aan stralingsblootstelling, zonder nuttige toepassingen van stralingsbronnen in overdreven mate te belemmeren. OmRS ziet bescherming van de bevolking tegen straling als onderdeel van het milieubeleid en beschouwt straling en radioactieve stoffen als vormen van milieuverontreiniging die zoveel mogelijk dienen te worden geëlimineerd. Men wil daartoe de sterftekans die is toe te schrijven aan de stralingsblootstelling veroorzaakt door bepaalde bronnen en toepassingen, beperken tot onder vastgestelde grenswaarden.

ICRP richt zich op bescherming tegen straling en legt geen verband met andere risicobronnen. OmRS geeft voor verschillende milieufactoren die een bedreiging voor

de gezondheid vormen, dezelfde risicolimieten in termen van sterftekansen. Doel is het bieden van een gelijke mate van bescherming tegen elk van deze factoren.\*

---

OmRS geeft geen exacte definitie van het begrip individueel risico voor wat betreft blootstelling aan straling. De nota OmRS geeft aan dat individueel risico betrekking heeft op de extra kans dat iemand aan kanker overlijdt ten gevolge van levenslange blootstelling aan straling. Het individuele risiconiveau (per jaar), dat wordt gebruikt bij toetsing aan de risicolimieten, wordt gevonden door die kans te delen door de in jaren uitgedrukte levensduur van de mens. De grootte van individueel risico (per jaar) uit de nota OmRS moet daarom niet worden verward met de kans aan de blootstelling aan straling in een bepaald jaar toe te schrijven extra kans om later in het leven aan kanker te overlijden (die laatste omschrijving komt overeen met de oorspronkelijke definitie van 'individueel risico' in de notitie OmR). Zoals bijlage D laat zien, is die kans sterk afhankelijk van de leeftijd waarop de blootstelling plaatsvindt, terwijl het individueel risico van OmRS alleen afhangt van de effectieve dosis (en van de karakteristieken van een referentiebevolking).

---

\* De Commissie Risicomaten en risicobeoordeling van de Gezondheidsraad zal nader ingaan op de beschermingsgrondslag van het Nederlandse milieurisicobeleid. Haar advies wordt begin 1995 verwacht.

---





## Reikwijdte

---

### ICRP

ICRP beveelt aan om in het kader van stralingsbescherming zowel de stralingsdoses veroorzaakt door afzonderlijke bronnen te bepalen als na te gaan wat de individuele en collectieve blootstelling is. Een brongerichte benadering is nodig om te kunnen beslissen over de toelaatbaarheid van een bepaalde praktijk\* en heeft alleen betrekking op de door die bron veroorzaakte blootstelling van werkers en de algemene bevolking. De persoonsgerichte benadering beoogt de bijdragen van verscheidene of van alle praktijken aan de individuele effectieve dosis te bepalen.

Volgens ICRP is het nodig om de reikwijdte van het stralingsbeschermingssysteem in te perken tot bepaalde categorieën van activiteiten en bronnen. Aanbevolen wordt hoe die reikwijdte te omschrijven in termen van beheersbaarheid van bronnen en van de blootstelling. ICRP onderscheidt in dit verband twee ruime categorieën (zie ook figuur 2):

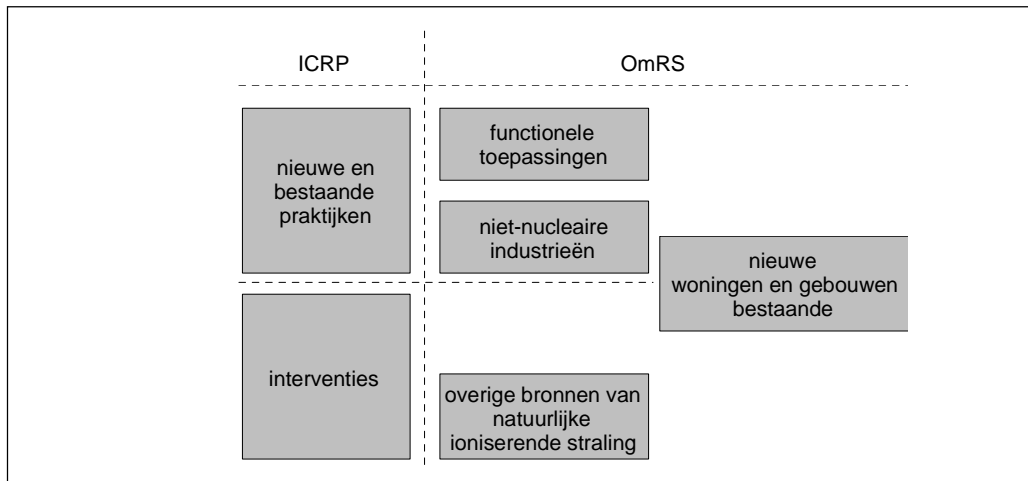
- menselijk handelen dat de stralingsblootstelling doet toenemen - praktijken
- menselijk handelen dat beoogt de stralingsblootstelling doet verminderen - interventies.

Voorbeelden van praktijken zijn wetenschappelijk onderzoek met radioactieve tracers en het opwekken van elektriciteit met behulp van kernenergie. Het treffen van

---

\* De commissie vertaalt de term 'practice' van ICRP met 'praktijk'.

---



Figuur 2 De overeenkomst tussen de indeling die ICRP geeft van menselijk handelen (praktijken en interventie), en de vier groepen stralingsbronnen van OmRS. De overeenkomst geldt bij benadering.

maatregelen om de blootstelling aan radon in bestaande woningen te verminderen is een voorbeeld van interventie (ICRP beschouwt het bouwen van nieuwe woningen als een 'practice'). Een ander voorbeeld van interventie zijn maatregelen om de blootstelling na stralingsongevallen te verminderen.

---

## OmRS

OmRS onderscheidt vier typen 'bronnen' (zie figuur 2):

- functionele toepassingen, dat wil zeggen toepassingen waarbij stralingsbronnen of radioactieve stoffen doelbewust worden gebruikt
- niet-nucleaire industrieën, dat wil zeggen activiteiten waarbij grote hoeveelheden grondstoffen met natuurlijke radionucliden worden verwerkt
- bouwen en wonen
- andere bronnen van natuurlijke ioniserende straling.

---

## Vergelijking

Zowel ICRP als OmRS stellen voor om de totale stralingsblootstelling door bepaalde categorieën van bronnen te begrenzen. Indien het gezondheidsdetriment echter evenredig is met de effectieve dosis, dan zijn de bijdragen van verschillende bronnen tot het gezondheidsdetriment onderling onafhankelijk. In dat geval zou men kunnen volstaan met het begrenzen van de kans op schade ten gevolge van elke afzonderlijke bron of stralingstoepassing. Een argument om de totale stralingsblootstelling te

---

begrenzen zou het voorkomen van deterministische effecten kunnen zijn; gegeven de door ICRP en OmRS voorgestelde beperking van stralingsdoses is dat echter nauwelijks van belang. Een ander mogelijk argument is te voorkomen dat de individuele kans op stochastische schade (kanker en erfelijke afwijkingen) te groot wordt. Die redenering zou het volgens de commissie echter wenselijk maken om de gezamenlijke bijdrage van milieufactoren tot die kans te bekijken, en niet straling afzonderlijk.

De indeling van bronnen in OmRS komt niet volledig overeen met de classificatie van ICRP. OmRS beschouwt zowel bestaande als nieuwe woningen als een speciale categorie waarvoor geen risicolimiet geldt. OmRS gaat voor woningen uit van het 'stand still'-principe, dat wil zeggen het niet verder laten toenemen van bestaande blootstellingsniveaus.\*

---

\* In een recent beleidsdocument heeft de regering een wijziging van het Bouwbesluit aangekondigd. Die wijziging moet resulteren in een vermindering van radonconcentraties in nieuwe woningen. Daarnaast wordt voorgesteld in bestaande woningen anti-radonmaatregelen te treffen (TK94).

---



## Bescherming door preventie

---

In dit hoofdstuk bespreekt de commissie het beschermingskader van ICRP voor nieuwe en bestaande praktijken en die van OmRS voor functionele toepassingen en niet-nucleaire industrieën. De sleutelwoorden van beide benaderingen zijn: preventie en beheersing. Oorzaak-gevolgketens (zie figuur 1) zijn hulpmiddelen om aangrijpingspunten voor beheersingsmaatregelen te identificeren; die maatregelen dienen bij voorkeur zo dicht mogelijk bij de bron te worden getroffen. Bij het beheersen van blootstelling aan straling dient men ook gevolgen op de lange termijn te betrekken, bijvoorbeeld de gevolgen van de lozing van langlevende radioactieve stoffen in het milieu.

---

### ICRP

Voor nieuwe en bestaande praktijken geeft ICRP de volgende drie uitgangspunten aan:

- rechtvaardiging van de praktijk
- optimalisatie van de bescherming
- dosislimieten voor individuen.

De eerste stap in het proces dat moet leiden tot een beslissing over het toestaan of voortzetten van menselijke activiteiten is het vergelijken van verschillende opties, om te bepalen welke opties meer nut dan nadeel opleveren. Het rechtvaardigingsprincipe slaat op die eerste stap en omvat het beoordelen van alle voordelen en maatschappelijke en economische kosten van de praktijk, inclusief het

---

gezondheidsdetriment verbonden met de stralingsblootstelling. Volgens ICRP is een activiteit gerechtvaardigd indien zij netto-voordeel oplevert: activiteiten die blootstelling aan straling veroorzaken, dienen niet te worden toegestaan, tenzij ze voldoende nut opleveren voor de blootgestelde personen of voor de maatschappij als geheel. ICRP geeft aan dat rechtvaardiging een algemeen principe is, dat niet uitsluitend op praktijken met blootstelling aan straling betrekking heeft.

Is een toepassing of praktijk gerechtvaardigd, dan volgt volgens ICRP optimalisatie van de stralingsbescherming: in relatie tot elke stralingsbron binnen de betrokken praktijk dienen de individuele doses, het aantal blootgestelde personen en de kans op niet-reguliere bestraling zo laag als redelijkerwijs mogelijk is te zijn, rekening houdend met economische en sociale factoren (ALARA\*). Dit houdt in dat een verdere beperking van de stralingsblootstelling alleen op zijn plaats is als de vermindering van het gezondheidsdetriment opweegt tegen de maatschappelijke en economische kosten van de extra maatregelen die nodig zijn om die vermindering te bereiken.

Tenslotte dient de effectieve dosis van de blootgestelde individuen niet groter te zijn dan de voor die individuen aanbevolen dosislimiet. In de opvatting van ICRP moet het inachtnemen van de dosislimiet voorkómen dat de individuele blootstelling aan straling van alle praktijken binnen het beschermingskader niet ontoelaatbaar hoog wordt. De dosislimiet vormt in zekere zin een randvoorwaarde bij de optimalisatie. Aangezien de dosislimiet betrekking heeft op blootstelling uit alle bronnen die binnen het beschermingskader vallen, beveelt de ICRP aan om zogeheten ‘dosisbeperkingen’\*\* toe te passen, die kleiner zijn dan de dosislimiet. De overheid zou voor brede categorieën praktijken of groepen blootgestelde personen dergelijke dosisbeperkingen moeten vaststellen. Ze moeten voldoende ruimte laten om andere gerechtvaardigde praktijken mogelijk te maken zonder dat de individuele dosislimiet wordt overschreden.

---

## OmRS

OmRS staat het toepassen van stralingsbronnen toe, indien het niet in strijd is met de doelstellingen van het milieubeleid, te weten vermindering van het gebruik van hulpbronnen, milieuverontreiniging, afvalstromen en energiegebruik, en kwaliteitsverbetering, *en* als het individuele risico van een willekeurig lid van de bevolking het maximaal toelaatbare risiconiveau niet overschrijdt. Het eerstgenoemde criteria worden kwalitatief en impliciet toegepast bij de vergunningverlening. Het laatstgenoemde criterium is kwantitatief uitgewerkt. Met de extra kans om aan kanker te overlijden ten gevolge van blootstelling aan straling van alle functionele

---

\* as low as reasonably achievable

\*\* De commissie vertaalt de term ‘dose constraint’ van ICRP met ‘dosisbeperking’.

---

toepassingen en niet-nucleaire industrieën te zamen is een (jaarlijkse) individuele risicolimiet verbonden: het maximaal toelaatbare risiconiveau. Voor een afzonderlijke bron geldt een individuele risicolimiet, het maximaal toelaatbare risiconiveau voor een bron, die een factor 10 lager ligt. Voor elke bron heeft deze risicolimiet dezelfde waarde. Volgens de oorspronkelijke nota OmRS (TK90) diende het met bestaande toepassingen verbonden risiconiveau lager te zijn dan het maximaal toelaatbare niveau en het risiconiveau verbonden met nieuwe toepassingen niet hoger dan het zogeheten verwaarloosbare risiconiveau. Dat laatste niveau was gelijk aan 1 procent van het maximaal toelaatbare niveau.

Nadat een activiteit met blootstelling aan straling volgens deze criteria is toegelaten, dient het individuele risico verder te worden verlaagd conform het optimalisatie- of ALARA-principe. Volgens de oorspronkelijke nota OmRS (TK90) diende na een bepaalde periode de optimalisatie te resulteren in een individueel risico onder het verwaarloosbare niveau. Als resultaat van nader overleg tussen regering en parlement werd het beleid op dit punt bijgesteld. Voor blootstelling aan straling is het verwaarloosbare risiconiveau thans afgeschaft (TK93b).<sup>\*</sup> Thans is het uitgangspunt dat toepassingen met een individueel risico groter dan het maximaal toelaatbare niveau niet kunnen worden toegestaan en dat verdere inperking van het risico moet volgen conform het ALARA-principe. Via de vergunningverlening kan de overheid individuele risiconiveaus of daaraan gerelateerde dosisniveaus vaststellen onder het maximaal toelaatbare niveau per bron, als randvoorwaarde voor de optimalisatie. In het kader van de vergunningverlening is een zogeheten secundair risiconiveau ingevoerd, dat even groot is als het voormalige verwaarloosbare risiconiveau. Onder het secundaire niveau heeft risicovermindering voor de overheid geen prioriteit, maar blijft de ALARA-verplichting wel op de vergunninghouder rusten (zie VROM93).

---

## Vergelijking

De aanpak van de ICRP en die van OmRS verschillen fundamenteel van elkaar. Afhankelijk van de manier waarop de aanpak wordt uitgewerkt, kunnen beide leiden tot beschermingsniveaus die voldoende hoog worden geacht door alle betrokken partijen. Zowel ICRP als OmRS hanteren de begrippen rechtvaardiging, optimalisatie en dosislimieten, zij het in verschillende betekenissen.

Bij ICRP staat het utiliteitsbeginsel voorop: een toepassing of praktijk moet niet worden toegestaan of voortgezet tenzij ze netto-voordeel oplevert. OmRS gaat, daarentegen, niet uit van de gedachte van netto-voordeel, maar gebruikt het maximaal toelaatbare (individuele) risiconiveau per bron als criterium voor rechtvaardiging. De

---

\* Dit geldt ook voor bescherming tegen industriële ongevallen ('externe veiligheid').

---

rol van het maximaal toelaatbare risiconiveau verschilt dus van de individuele dosislimiet in de aanpak van ICRP. De ICRP-limiet is een laatste veiligheidsbarrière om het individu te beschermen tegen bovenmatige stralingsblootstelling door een samenloop van toepassingen en activiteiten die elk vanuit maatschappelijk oogpunt gerechtvaardigd zijn. Het maximaal toelaatbare risiconiveau van OmRS hangt samen met milieukwaliteitsdoelstellingen; overwegingen van het aan de toepassing verbonden nut moeten wijken bij overschrijding van dat niveau.

De benadering van ICRP en die van OmRS komen redelijk overeen waar het de toepassing van het optimalisatie- of ALARA-principe betreft.\* Omdat het verwaarloosbaar risiconiveau als een vastgelegd einddoel van ALARA-inspanningen officieel is afgeschaft, komt het ook in de OmRS-benadering neer op het vinden van een optimum onder het maximaal toelaatbare risiconiveau. Het maximaal toelaatbare risiconiveau voor een bron van OmRS is gelijk voor elke bron en laat, gegeven zijn geringe waarde, aanzienlijk minder ruimte voor optimalisatie dan in de benadering van ICRP, althans in principe, het geval is. Deze conclusie volgt uit een vergelijking van de met het maximaal toelaatbare niveau overeenkomende effectieve dosis en de dosislimiet van ICRP; zie hoofdstuk 5.

In de benadering van ICRP vormen dosisbeperkingen randvoorwaarden voor de optimalisatie. Deze dosisbeperkingen moeten worden vastgesteld voor brede categorieën van praktijken of van blootgestelde groepen. Ze zijn niet noodzakelijkerwijs voor elke bron of praktijk gelijk, maar hangen af van de omstandigheden, vloeien voort uit praktijkervaringen en vormen een maat voor 'good radiological protection practice'. Het begrip dosisbeperking in de zin van 'constraint' komt als zodanig niet voor in OmRS, hoewel de overheid nadere beperkingen kan voorschrijven onder het maximaal toelaatbare risiconiveau voor een bron. Dat laatste niveau is voor alle bronnen gelijk; OmRS staat daarbij geen differentiatie naar activiteit toe.

Deze verschillen tussen ICRP en OmRS zijn kennelijk terug te voeren op een verschil in uitgangspunten. OmRS wil elk lid van de bevolking gelijke bescherming bieden tegen omgevingsfactoren (milieukwaliteit) en houdt bij het vaststellen van een minimaal beschermingsniveau met behulp van het begrip individueel risico alleen rekening met de omvang van de blootstelling aan straling. Het uitgangspunt van ICRP is dat mensen nooit meer mogen zijn blootgesteld dan is gerechtvaardigd door het netto-voordeel van de praktijk en de redelijkerwijs beschikbare technische middelen.

---

\* Veel onderzoek is verricht naar het toepassen van het ALARA-principe in de praktijk. Publikatie CEC94 geeft een overzicht.

---



## Individuele limieten voor dosis en risico

---

Discussies over kaders voor stralingsbescherming richten zich vaak op de waarde van de dosis- of risicolimieten. In dit hoofdstuk gaat de commissie op de hoogte van die limieten in.

---

### ICRP

ICRP beveelt voor blootstelling van de bevolking ('public exposure') een limiet voor de effectieve dosis aan van 1 millisievert per jaar. In uitzonderingsgevallen mag de limiet worden overschreden voor zover het gemiddelde over 5 jaar niet groter is dan 1 millisievert per jaar.\* Ter onderbouwing van de dosislimiet voert ICRP twee soorten overwegingen aan. Enerzijds wordt gekeken naar het gezondheidsdetriment van doses in de buurt van de limiet en daarnaast vergelijkt men de dosislimiet met het natuurlijke achtergrondniveau en met de spreiding in dat niveau door geografische verschillen.

Om de dosislimieten te kunnen bespreken in termen van gezondheidseffecten geeft ICRP risicogetallen voor stochastische effecten, de zogeheten nominale kanscoëfficiënten. De waarden van deze coëfficiënten staan in tabel 1. Door de collectieve bevolkingsdosis met een risicogetal te vermenigvuldigen kan men de kans op een bepaald gezondheidseffect schatten in een bevolking met een doorsnee-leeftijdverdeling die aan lage stralingsdoses is blootgesteld. ICRP beperkt het gebruik van deze risicogetallen uitdrukkelijk tot het schatten van het

---

\* Voor de ooglenzen, de huid, en de handen en voeten worden aanvullende limieten aangegeven om deterministische effecten te voorkomen.

---

*Tabel 1* Risicogetallen van ICRP voor het schatten van het gezondheidsdetriment van stralingsblootstelling, zogeheten 'nominale kanscoëfficiënten' voor stochastische effecten (ICRP91, tabel 3).

bevolkingsgroep	risicogetal per sievert effectieve dosis		
	alle vormen van kanker		ernstige erfelijke afwijkingen
	optreden	overlijden	
volwassen werkers	$4,8 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-2}$	$0,8 \times 10^{-2}$
algemene bevolking	$6,0 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-2}$

gezondheidsdetriment veroorzaakt door chronische blootstelling aan lage doses straling met een laag dosistempo voor zover het gaat om uitgangspunten en maatregelen voor stralingsbescherming te onderbouwen. De risicogetallen zijn niet bedoeld voor het nauwkeurig voorspellen van de werkelijke gezondheidsschade in blootgestelde bevolkingsgroepen. Met behulp van deze gegevens en van informatie over de leeftijdsverdeling van kankerpatiënten bespreekt ICRP verschillende aspecten van het gezondheidsdetriment. In het bijzonder wordt de verandering beschouwd in de leeftijdspecifieke sterfte in een bevolkingsgroep die levenslang aan straling is blootgesteld.

De tweede soort overwegingen heeft betrekking op een vergelijking van de aanbevolen individuele dosislimiet met de geografische spreiding in de natuurlijke-achtergrondstraling (exclusief blootstelling door inademing van radonvervalproducten); die spreiding bedraagt meer dan een factor twee. Deze vergelijking leidt tot het argument dat als grote groepen mensen gedurende hun gehele leven een extra effectieve dosis van 1 millisievert per jaar ontvangen zonder enige waarneembare schade, naar verwachting geen sprake is van ontoelaatbaar detriment als kleine groepen mensen gedurende een beperkt aantal jaren aan een dergelijke dosis worden blootgesteld.

De conclusie van ICRP is dat blootstelling tot de limiet, die overigens op slechts een klein deel van de blootstelling van de bevolking betrekking heeft, in het algemeen niet leidt tot een ontoelaatbaar stralingsrisico in de blootgestelde bevolking.

Door nieuwe en nadere gegevens over stralingseffecten kunnen de risicogetallen veranderen. De commissie concludeert dat dat in de ICRP-benadering alleen tot verandering van de dosislimieten behoort te leiden, als daardoor de onderbouwing van de limieten niet meer steekhoudend zou zijn.

---

## OmRS

OmRS voert individuele (sterfte)risicolimieten in. Het maximaal toelaatbare individuele (sterfte)risiconiveau voor blootstelling aan alle aangegeven bronnen van straling, dat wil zeggen functionele toepassingen en niet-nucleaire industrieën, is gelijk aan 1 per 100 000 of  $10^{-5}$  per jaar en het maximaal toelaatbare individuele risiconiveau per bron aan 1 per 1000 000 of  $10^{-6}$  per jaar ('jaar' betekent: blootstelling gedurende een jaar). In een bijlage bij een beleidsdocument uit 1985 gaf de regering inzicht in de grondslag van deze getallen (TK85). Voor acute slachtoffers van ongevallen met industriële installaties werd een maximaal toelaatbaar individueel risiconiveau aangegeven van 1 per miljoen per jaar voor afzonderlijke installaties en van 1 per 100 000 ( $10^{-5}$ ) per jaar voor het risico van alle installaties te zamen. Aangetoond werd dat de waarde van  $10^{-6}$  per jaar overeenkwam met 1 procent van de laagste leeftijdspecifieke normale sterfte in de Nederlandse bevolking (toen 1 per 10 000 per jaar voor kinderen in de leeftijd van 12-16 jaar). Daarnaast werd betoogd dat een niveau van  $10^{-5}$  per jaar redelijk in lijn was met de individuele dosislimiet voor blootstelling van de bevolking aan straling van 1 millisievert per jaar uitgaande van een risicogetal voor kankersterfte van  $1 \times 10^{-2}$  per sievert, die de ICRP in haar aanbevelingen van 1977 hanteerde (ICRP77).

Om bruikbaar te zijn bij de bescherming tegen straling moeten de risicolimieten worden vertaald naar effectieve-dosiswaarden. De risicogetallen die OmRS daartoe gebruikt, staan in tabel 2. In de oorspronkelijke nota OmRS werd een sterfterisicogetal van  $2,5 \times 10^{-2}$  per sievert aangehouden in afwachting van een advies van de Gezondheidsraad. In zijn advies over stralingsrisico's (GR91) beval de Raad een waarde in het traject van  $(4-7) \times 10^{-2}$  per sievert aan; die aanbeveling komt overeen met evaluaties van de UNSCEAR (UN88, UN93) en van de ICRP (ICRP91). In de vervolgotitie OmRS werd het eerder gebruikte risicogetal niet gewijzigd en bleven de afgeleide dosislimieten dus onveranderd. Dit betekent dus dat een effectieve dosis van 0,4 millisievert wordt geacht te corresponderen met de  $10^{-5}$ -limiet voor alle bronnen en een effectieve dosis van 0,04 millisievert met de  $10^{-6}$ -limiet voor een afzonderlijke stralingsbron.

In hoofdstuk 2 (slot) gaf de commissie aan dat het begrip individueel risico van OmRS betrekking heeft op levenslange blootstelling aan straling en niet kan worden beschouwd als het risico dat een individu loopt door blootstelling in een bepaald jaar. Men zou kunnen stellen dat het maximaal toelaatbare niveau voor alle bronnen (1 per 100 000 per jaar) ruwweg overeenkomt met een limiet van 1 op de 1000 voor de extra kans om aan kanker te overlijden bij levenslange, chronische blootstelling aan straling. Dat houdt een begrenzing van de effectieve levensdosis tot 40 millisievert in, als men

---

Tabel 2 Risicogetallen van OmRS voor het schatten van het gezondheidsdetriment van stralingsblootstelling voor stochastische effecten (TK90).

bevolkingsgroep	risicogetal per sievert effectieve dosis		
	alle vormen van kanker		ernstige erfelijke afwijkingen
	optreden	overlijden <sup>a</sup>	
volwassen werkers	- <sup>b</sup>	$2,5 \times 10^{-2}$	- <sup>b</sup>
algemene bevolking	-	$2,5 \times 10^{-2}$	-

<sup>a</sup> in 1991 beval de Gezondheidsraad een waarde aan van  $(4-7) \times 10^{-2}$  per sievert (GR91)

<sup>b</sup> niet aangegeven

uitgaat van het risicogetal in tabel 2. Die waarde wordt bereikt bij een effectieve dosis van 0,4 millisievert per jaar, jaar in jaar uit, en een levensduur van 100 jaar.

In de beleidsdocumenten OmR en OmRS worden de individuele risicolimieten van  $10^{-5}/10^{-6}$  per jaar, die waren ontwikkeld voor 'externe veiligheid', toegepast op de stralingsbescherming. Hoewel de commissie erkent dat het vaststellen van een beschermingsniveau voortvloeit uit een politieke beslissing, wijst zij er wel op dat het gelijkstellen van het individuele sterfterisico verbonden met industriële ongevallen en dat verbonden met stralingsblootstelling niet zonder meer leidt tot gelijke beschermingsniveaus. Het risico van industriële ongevallen verschilt zowel wat het kansaspect betreft als wat betreft het gezondheidseffect van dat van stralingsblootstelling. De commissie noemt de volgende verschillen:

- ieder die is blootgesteld geweest aan straling heeft een enigszins grotere kans om kanker te krijgen; industriële ongevallen doen zich al dan niet voor: de 'blootgestelden' worden slachtoffer of hun gezondheid blijft onaangestast\*
- industriële ongevallen leiden tot acute gezondheidseffecten en sterfte en mogelijke tot effecten op de lange termijn; lage doses straling met een laag dosistempo veroorzaken alleen gezondheidseffecten op de lange termijn (voornamelijk kanker en erfelijke afwijkingen)
- de acute gezondheidseffecten van ongevallen hangen niet, althans niet in belangrijke mate, af van persoonskenmerken, zoals leeftijd en geslacht; zoals de commissie al vermeldde hangt de stochastische respons op blootstelling aan straling af van de leeftijd bij blootstelling.

De commissie trekt de conclusie dat de betekenis van het begrip individueel risico in de milieubeleidsdocumenten voor externe veiligheid verschilt van die voor straling.

---

\* De commissie laat hier psychologische bijdragen aan het risico buiten beschouwing.

---

Dat houdt in dat het vaststellen van gelijke grenswaarden voor het ‘individueel risico’ verbonden met industriële ongevallen en voor dat verbonden met blootstelling aan straling geen gelijke bescherming garandeert. Zij meent dat deze conclusie ook buiten de ‘domeinen’ van externe veiligheid en straling geldigheid bezit.

Als nadere gegevens over de gezondheidseffecten van blootstelling straling tot wijziging van de risicogetallen leiden, dan houdt dat ‘automatisch’ een verandering van de dosislimieten in. Laat men de dosislimieten ongewijzigd, dan heeft men in feite een nieuwe beleidsbeslissing genomen over de keuze van het risicogetal binnen de aan dat getal verbonden marge van onzekerheid.\*

---

## Kanttekening

Tot besluit van dit hoofdstuk maakt de commissie nog een opmerking over het gebruik van de nominale kanscoëfficiënten of risicogetallen. Zoals ook ICRP aangeeft, zijn deze getallen bedoeld voor het onderbouwen van stralingsbeschermingssystemen. Ze zijn niet bedoeld voor het maken van een nauwkeurige schatting van de gezondheidsschade in een blootgestelde bevolkingsgroep door simpele vermenigvuldiging met de geschatte of gemeten effectieve doses.

---

\* De commissie verwijst naar het Gezondheidsraadadvies over Stralingsrisico's van 1991 (GR91) waarin de veronderstellingen voor en de onzekerheden bij het afleiden van de risicogetallen worden besproken. Belangrijke bronnen van onzekerheid zijn: het toepassen van epidemiologische gegevens van de ene bevolking (bijvoorbeeld de atoombomoverlevenden in Japan) op een andere (bijvoorbeeld de huidige bevolking in Nederland) en de veronderstellingen voor het afleiden van de extra kans op kanker bij blootstelling aan lage stralingsdoses met lage dosistempi uit gegevens die betrekking hebben op blootstelling aan hoge doses en hoge dosistempi.

---



## Bescherming door interventie

---

Interventies vormen een brede categorie van activiteiten die zijn gericht op het verminderen van de blootstelling aan straling. Interventie heeft betrekking op het verwijderen van stralingsbronnen, het ingrijpen in belastingspaden en het verminderen van het aantal blootgestelde personen. De stralingsbronnen waar het om gaat, zijn vaak moeilijk te beheersen. Voorbeelden zijn natuurlijke bronnen, al dan niet beïnvloed door menselijk handelen, zoals radon in woningen, en bronnen afkomstig uit vroegere toepassingen en praktijken, zoals de fall-out van de kernwapenproeven. Zie ook figuur 2. De commissie gaat in dit advies niet in op interventie na stralingsongevallen.

---

### ICRP

ICRP formuleert als uitgangspunten voor interventie: rechtvaardiging en optimalisatie. Ook hier betekent rechtvaardiging weer een positief antwoord op de vraag: leidt interventie tot een netto-voordeel? Een netto-voordeel houdt in dat de voordelen, in het bijzonder de gezondheidswinst, de economische en sociale kosten van het ingrijpen overtreffen, of eenvoudig gezegd: ingrijpen moet meer goed dan kwaad doen. Het primaire nut van de interventie is de vermindering van de effectieve dosis; maatstaf is de door de interventie 'vermeden' effectieve dosis. Als ingrijpen gerechtvaardigd is dan dienen de interventie maatregelen te worden geoptimaliseerd; de extra sociale en economische kosten van verdergaande maatregelen moeten in verhouding staan tot de extra vermindering van stralingsdosis. (Zie ook ICRP93.)

---

Individuele dosislimieten spelen geen rol bij interventie. Voor bepaalde situaties kan men interventieniveaus afleiden voor het nemen van beslissingen; de ICRP heeft dergelijke niveaus ook aanbevolen. Interventieniveaus verschillen echter principieel van de individuele dosislimieten en hangen alleen samen met de overwegingen van rechtvaardiging en optimalisatie. De dosislimieten hebben een geheel ander doel (zie hoofdstuk 4).

---

## **OmRS**

Volgens OmRS heeft het maximaal toelaatbare risiconiveau het karakter van een milieukwaliteitsdoelstelling. Het overschrijden van dat niveau (of het ervan afgeleide dosisniveau) moet leiden tot interventie. OmRS geeft echter ook aan dat de zogeheten bronnen van natuurlijke ioniserende straling, zoals kalium-40 in het lichaam en kosmische straling, onbeheersbaar zijn en dat geen risicoreductie mogelijk is. In het geval van bestaande woningen wordt interventie, althans in principe, noodzakelijk geacht.

---

## **Vergelijking**

De benadering van interventie door ICRP laat zich moeilijk met die van OmRS vergelijken. ICRP benadrukt de afweging van kosten tegen baten in brede zin. OmRS noemt dergelijke overwegingen niet expliciet. Het overschrijden van het maximaal toelaatbare risiconiveau van OmRS signaleert de noodzaak van interventie, terwijl volgens ICRP de dosislimiet zo'n rol per definitie niet kan spelen.



## **Beroepsmatige blootstelling**

---

### **7.1 Inperking**

De voorzitter van de Gezondheidsraad heeft de commissie gevraagd om ook in te gaan op de bescherming tegen beroepsmatige blootstelling aan straling. De bespreking van beroepsmatige blootstelling in dit advies moet noodzakelijkerwijs beperkt blijven, daar OmRS maar weinig woorden aan dit onderwerp wijdt. Een vergelijking van de uitgangspunten van ICRP met die van het Nederlandse arbeidsomstandighedenbeleid op het terrein van de stralingsbescherming zou een bestudering van diverse beleidsstukken naast die van OmRS hebben vereist, evenals een bestudering van de Euratom-basisnormen. De commissie beperkt zich in dit hoofdstuk tot het aanstippen van enkele hoofdpunten en laat praktijkmaatregelen buiten beschouwing.

---

### **7.2 Beschermingskader**

#### **ICRP**

Historisch gezien richten de aanbevelingen van de ICRP zich in de eerste plaats op de bescherming van werkers. Bescherming van de algemene bevolking werd vervolgens op analoge manier benaderd. Aangezien beroepsmatige blootstelling steeds samenhangt met praktijken, gelden dezelfde uitgangspunten als besproken in hoofdstuk 4: rechtvaardiging van de activiteit, optimalisatie van stralingsbescherming met dosisbeperkingen als randvoorwaarden en individuele dosislimieten om individuele

---

werkers in voldoende mate te beschermen. ICRP beveelt een effectieve dosislimiet aan van 20 millisievert per jaar gemiddeld over 5 jaar (100 millisievert in 5 jaar) met als nadere voorwaarde dat de jaarlijkse effectieve dosis niet groter mag zijn dan 50 millisievert.

## OmRS

De nota OmRS gaat slechts kort in op beroepsmatige blootstelling aan straling. Zij verwijst naar de algemene uitgangspunten van het arbeidshygiënische beleid, die verschillen van die van het milieubeleid. In Nederland is gekozen voor het beschermen van werkers tegen schadelijke agentia op de werkplek met behulp van wettelijke grenswaarden om schade aan de gezondheid van de werker en die van zijn of haar nageslacht te voorkomen. Volgens OmRS is die aanpak voor ioniserende straling niet mogelijk, omdat wordt uitgegaan van de veronderstelling dat met elke stralingsdosis een zekere kans op schade is verbonden. Omdat blootstelling niet altijd kan worden vermeden, dient ze te worden beperkt tot een “zo laag als mogelijk” niveau. Om dat te bereiken geeft de Arbeidsomstandighedenwet de volgende principes aan:

- het redelijkerwijsprincipe
- het aanvaarde-technologieprincipe.

Maatregelen om de blootstelling te beperken moeten worden genomen na overleg tussen werkgever en werknemers en moeten worden beoordeeld op effectiviteit, maar ook resulteren in blootstelling onder wettelijke grenswaarden. Vermindering van de blootstelling houdt zowel vermindering van de blootstelling van individuele personen in, als van het aantal blootgestelden.

In de nota OmRS worden dosislimieten gegeven die maatgevend zijn voor een voldoende beschermingsniveau. De nota noemt als argumenten voor het onderbouwen van die limieten:

- de limieten zijn het resultaat van een afweging van kosten en baten
- de limieten moeten het optreden van deterministische effecten voorkómen
- de limieten moeten overeenkomen met het risiconiveau in vergelijkbare industrietakken als het gaat om ‘blootgestelde’ werkers, en met het niveau in ‘veilige’ industrieën voor ‘niet-blootgestelde’ werkers.\*

OmRS stelt de jaarlijkse dosislimiet voor ‘blootgestelde’ werkers op 20 millisievert en voor ‘niet-blootgestelde’ werkers op 2 millisievert.

---

\* ‘Blootgestelde’ werkers staan officieel als stralingswerker geregistreerd. De overige werkers vallen in de categorie ‘niet-blootgesteld’. Ook blootstelling van de laatste groep werkers is niet altijd te vermijden.

---

## Vergelijking

De commissie concludeert dat de benadering van ICRP en die van OmRS waar het bescherming tegen beroepsmatige blootstelling aan straling betreft, veel gemeen hebben. Beide beschouwen optimalisatie en dosislimieten als hulpmiddelen voor bescherming, zij het dat OmRS meer nadruk op de dosislimieten legt dan ICRP. Dosisbeperkingen worden in OmRS niet genoemd. Voor 'rechtvaardiging' verwijst de commissie naar wat zij in hoofdstuk 4 vermeldde. De individuele dosislimiet die ICRP aanbeveelt, biedt iets meer flexibiliteit dan die van OmRS. De commissie meent echter dat in de Nederlandse praktijk het verschil niet van wezenlijk belang is.

---

### 7.3 Waarde van de dosislimieten

Indien een werknemer jaar in, jaar uit een effectieve dosis ontvangt gelijk aan de dosislimiet van ICRP, bedraagt de effectieve dosis aan het einde van zijn arbeidsleven ongeveer 1000 millisievert. Volgens ICRP komt zo'n waarde overeen met de ondergrens van een gebied waarin het gezondheidsdetriment ontoelaatbaar wordt geacht. In haar jongste aanbevelingen (ICRP91) kwam de ICRP tot deze conclusie na bestudering van het detriment verbonden met levenslange blootstelling aan uiteenlopende effectieve doses, uitgedrukt in sterfte, vermindering van levensverwachting en erfelijke afwijkingen in latere generaties.

De belangrijkste overwegingen van OmRS als grondslag van de dosislimieten zijn het voorkomen van deterministische effecten en de vergelijking met het risico in andere industrietakken. Zo'n vergelijking is niet eenvoudig, gegeven de verschillen in aard van de risico's in de diverse industrietakken. In haar aanbevelingen van 1977 (ICRP77) onderbouwde de ICRP de aanbevolen dosislimiet eveneens met zo'n vergelijking\*, maar in haar nieuwe rapport (ICRP91) zag ze uitdrukkelijk daarvan af.

---

\* Zie ook het advies van de Gezondheidsraad over deze aanbevelingen van de ICRP (GR84).

---



## Evaluatie

---

In de voorgaande hoofdstukken heeft de commissie de uitgangspunten voor de bescherming tegen ioniserende straling van ICRP en die van OmRS met elkaar vergeleken. Ze wees op enkele fundamentele verschillen tussen beide benaderingen. Hieronder gaat de commissie in op de consequenties van die verschillen.

---

### 8.1 Wetenschappelijk inzicht

Onderzoek in de afgelopen 20 jaar heeft de kennis over blootstelling aan straling en de daarmee verbonden risico's verbreed. De commissie wijst op:\*

- het risicoconcept
- het mechanisme dat ten grondslag ligt aan het ontstaan en de groei van tumoren
- het relatieve karakter van het aan stralingsblootstelling toe te schrijven kankerrisico.

Risicobegrip (zie ook hoofdstuk 2)

In de westerse samenleving is de bevolking zich er steeds meer van bewust geworden dat technologische ontwikkelingen de gezondheid van individuen kunnen bedreigen. Overheden kwamen onder druk te staan om die risico's in te perken en zochten naar mogelijkheden om risico's te kwantificeren om vervolgens normen te kunnen stellen.

---

\* Deze punten zijn meer uitgebreid besproken in het Gezondheidsraadadvies 'Stralingsrisico's' van 1991 (GR91).

---

Het gevolg was een stimulans voor wetenschappelijk onderzoek naar kenmerken van risico en naar modellen en methoden om de gezondheids effecten van concrete activiteiten of situaties te schatten. Inmiddels is duidelijk geworden dat risico een begrip is met een veelheid van kenmerken. Het inperken van het risicobegrip tot, bijvoorbeeld, de kans op overlijden is een te grote vereenvoudiging en leidt tot misverstanden en tot het negeren van elementen die een rol spelen bij beleidsbeslissingen.

ICRP neemt expliciet het multidimensionele karakter van het risicobegrip (of detriment) in aanmerking, en sluit wat dat betreft beter aan bij de resultaten van het 'risico-onderzoek' dan OmRS, waarbij overigens zowel ICRP als OmRS zich beperken tot effecten op de gezondheid.

## Kanker

Een belangrijke biologische respons op blootstelling aan lage doses straling met een laag dosistempo is de toename van de kans op kanker. Tot ongeveer 20 jaar geleden beschouwde men straling als een factor die direct kon leiden tot een tumor. Thans is er een indrukwekkende hoeveelheid wetenschappelijk bewijsmateriaal, verkregen door het gezamenlijke onderzoek van klinische onderzoekers en moleculair-biologen, waaruit blijkt dat voor de ontwikkeling van een kwaadaardig tumor verscheidene mutaties in een lichaamscel nodig zijn en vermenigvuldiging van de gemuteerde cellen. Straling lijkt een van de vele factoren te zijn die, te zamen, kanker veroorzaken. Daarom is het niet correct om te stellen dat 'straling kanker veroorzaakt'. Het is beter om straling te beschouwen als een omgevingsfactor die de gevoeligheid voor kanker vergroot. Kanker moet men in dat verband zien als een ziekte die voornamelijk op hogere leeftijd optreedt, veroorzaakt door processen en agentia die vermeerdering van het aantal cellen stimuleren of specifieke mutaties teweegbrengen in het erfelijk materiaal dat is betrokken bij de celdeling.

De praktische betekenis van deze inzichten is dat na blootstelling van een bevolkingsgroep aan straling een verhoogd optreden van kanker voornamelijk pas wordt waargenomen als de blootgestelden een hogere leeftijd hebben bereikt, dat wil zeggen een leeftijd waarop kanker ook normaal het meeste voorkomt. Het onderzoek naar de kankersterfte onder de overlevenden van de atoombomexplosies boven Hiroshima en Nagasaki heeft laten zien dat de leeftijdsverdeling van de extra kankersterfte in deze bevolkingsgroep niet in aanzienlijke mate verschilt van die van de 'normale' kankersterfte (Shi90).\*

---

\* De commissie legt er de nadruk op dat dit een empirisch gegeven is en niet wordt bepaald door de keuze voor een relatief risicomodel. In publikatie Shi90 staat: "Further observations on the effects of age ATB (at time of bomb) confirm earlier suggestive evidence that radiation-induced cancers increase significantly when the survivors reach those

---

Uit deze gegevens vloeit ook voort dat kinderen gevoeliger zijn voor straling dan volwassenen, daar bij hen in verscheidene organen het aantal cellen intensief vermeerdert in samenhang met de natuurlijke groei. Dit blijkt ook uit epidemiologisch onderzoek, onder andere uit de recente bevinding van een toegenomen optreden van schildklierkanker in gebieden in Wit-Rusland, Oekraïne en Rusland die hadden te lijden onder de fall-out van het reactorongeval van Tsjernobyl. (Analyse van de gegevens laat zien dat, gegeven de naar schatting ontvangen schildklierdoses, de toename in het optreden van schildklierkanker niet in tegenspraak is met de risicogetallen die bij de onderbouwing van het beschermingskader worden gebruikt). Bij het schatten van de kans op gezondheidseffecten door stralingsblootstelling dient daarom aan kinderen een grotere gevoeligheid te worden toegeschreven.

### Relatief risico op kanker

Voor de grondslag van stralingsbescherming is van belang dat de extra kans op kanker na blootstelling aan straling een voornamelijk relatief karakter heeft (zie vorige paragraaf), hoewel er belangrijke uitzonderingen op deze regel zijn. Na blootstelling aan straling is de extra kans op kankersterfte een bepaalde fractie van de totale leeftijdspecifieke kans op kanker. Voor veel vormen van kanker is deze fractie praktisch constant, of neemt ze met het stijgen van de leeftijd langzaam af. De omvang van de extra kankersterfte hangt wel af van de leeftijd van blootstelling; op jonge leeftijd is ze het grootst. Zie ook bijlage D.

---

De commissie is van mening dat de onderbouwing die de ICRP van haar beschermingssysteem geeft, meer rekening houdt met de in deze paragraaf beschreven, recente wetenschappelijke resultaten dan OmRS. Wel wijst ze erop dat de aanbevelingen van de ICRP zich uitsluitend richten op bescherming tegen straling, terwijl OmRS stralingsbescherming ziet als onderdeel van een algemene benadering voor bescherming tegen omgevingsfactoren.

---

## 8.2 Toelaatbaarheid van stralingsrisico

De modellen en regels voor het beslissen over de toelaatbaarheid van stralingsrisico's die ICRP aanbeveelt, verschillen van die van OmRS. ICRP veronderstelt impliciet dat een enkele instantie, bijvoorbeeld een vergunning-verlenende overheid, alle mogelijke voordelen en alle mogelijke schade verbonden met een praktijk of met interventie tegen elkaar afweegt en beslist over de maatschappelijke toelaatbaarheid van het

---

ages at which cancers normally develop.”

---

resultaat. Dosislimieten spelen geen rol als beslisregels, maar zijn uitgangspunt om blootstelling in de dagelijkse praktijk te beperken.

Daarentegen gaat OmRS uit van doelstellingen als het bewaken van de milieukwaliteit en het verminderen van milieuverontreiniging. Ioniserende straling wordt beschouwd als een schadelijk agens en een vorm van milieuverontreiniging. OmRS houdt zich met een beperkt deel van het rechtvaardigingsproces (in de betekenis van ICRP) bezig, namelijk met de mate waarin een activiteit de doelstellingen van het milieubeleid dient en of risicolimieten worden overschreden. Dat betekent dat het maximaal toelaatbare risiconiveau van OmRS de rol krijgt toebedeeld van primair beslissingscriterium voor de toelaatbaarheid van het radiologisch risico van de activiteit en daarmee voor de toelaatbaarheid vanuit milieubeleids oogpunt van de activiteit als zodanig.

Gevolg van dit verschil in benadering is dat ICRP doelbewust ruimte laat voor het toestaan van verschillende risico's verbonden met verschillende praktijken, rekening houdend met de voordelen van een activiteit. In de benadering van OmRS geldt een gelijke risicolimiet voor alle bronnen en worden voordelen niet in rekening gebracht. Daardoor kunnen voordelige activiteiten worden belemmerd.\*

---

### 8.3 Vergelijking van limieten in termen van dosis

In hoofdstuk 5 (tabel 1 en tabel 2) vermeldde de commissie de risicogetallen die ICRP en OmRS gebruiken om effectieve dosis om te rekenen in gezondheidsdetriment. In beide gevallen hebben deze getallen betrekking op levenslange blootstelling aan lage stralingsdoses met een laag dosistempo.

#### Dosisbeperkingen

De dosislimiet van de ICRP voor blootstelling van leden van de bevolking aan straling van 'kunstmatige' bronnen en toepassingen, met uitzondering van medische diagnostiek en behandeling, is gelijk aan een effectieve dosis van 1 millisievert per jaar. Volgens OmRS komt het maximaal toelaatbare risiconiveau van 1 per 100 000 per jaar overeen met een limiet voor de effectieve dosis van 0,4 millisievert per jaar (zie hoofdstuk 5). Beide getallen komen in grootte-orde overeen met de spreiding in de blootstelling aan achtergrondstraling, waarbij de bijdrage tot de effectieve dosis van ingeademde radonvervalprodukten buiten beschouwing blijft. Daar ze onderling

---

\* Uiteraard kan de regering altijd uitzonderingen maken op het algemene beleid. Dat heeft zij gedaan in relatie tot de blootstelling aan straling van familieleden van met radioactieve stoffen behandelde patiënten.

---



nauwelijks meer dan een factor 2 verschillen, kan men stellen dat, gegeven de onzekerheden in de schatting van gezondheidseffecten, het verschil gering is.\*

Het verschil in interpretatie van de limieten heeft echter grote praktische consequenties. In OmRS wordt een dosislimiet voor een enkele bron van 0,04 millisievert ingevoerd, die is te beschouwen als een eerste middel om de blootstelling veroorzaakt door die bron te beperken; onder die limiet zouden aan de optimalisatie nog nadere randvoorwaarden in de vorm van dosisniveaus kunnen worden gesteld. ICRP geeft geen 'bronlimieten' aan en wijst het vaststellen van een algemene, vaste dosisbeperking voor afzonderlijke praktijken af. Wel beveelt men het invoeren van dosisbeperkingen voor groepen praktijken of groepen blootgestelde personen aan, waarbij rekening dient te worden gehouden met de verdeling van stralingsdoses in de blootgestelde bevolkingsgroepen. Een dosisbeperking kan aanmerkelijk hoger uitvallen dan 0,04 millisievert per jaar (maar is altijd kleiner dan 1 millisievert per jaar).

### De grootte van het risicogetal

De limietwaarden voor de effectieve dosis van 0,4 en 0,04 millisievert zijn in OmRS afgeleid door de maximaal toelaatbare risiconiveaus van 1 per 100 000 en 1 per 1000 000 te delen door een risicogetal van  $2,5 \times 10^{-2}$  per sievert (tabel 2). Volgens de commissie zou bij de omrekening van risicomaten, als de kans op overlijden, naar effectieve dosis zoveel mogelijk gebruik dienen te worden gemaakt van wetenschappelijke informatie. De commissie mist in OmRS een aanwijzing voor het verwerken van de onzekerheden in de wetenschappelijke gegevens bij het afleiden van een geschikt risicogetal. Daarom zou de nominale kanscoëfficiënt van  $5 \times 10^{-2}$  per sievert van ICRP (zie tabel 1) evenzeer kunnen worden gebruikt voor het omrekenen van sterfterisico in effectieve dosis. De waarde van ICRP valt binnen het traject van  $(4-7) \times 10^{-2}$  per sievert dat in het Gezondheidsraadadvies over stralingsrisico's is aangegeven (GR91).

Met behulp van het risicogetal van ICRP leidt men af dat het maximaal toelaatbare risiconiveau voor alle bronnen te zamen van OmRS overeenkomt met een effectieve dosis van 0,2 millisievert per jaar, een waarde die aanzienlijk afwijkt van de 1 millisievert per jaar van ICRP. Het maximaal toelaatbare individuele risico voor een bron komt dan overeen met een effectieve dosis van 0,02 millisievert per jaar en eventuele dosisbeperkingen voor de optimalisatie hebben een nog lagere waarde.

Een vergelijking met de achtergrondstraling plaatst deze getallen in een zeker perspectief. In Nederland bedraagt de effectieve dosis van natuurlijke radioactieve stoffen in het lichaam (de ingeademde vervalproducten van radon uitgezonderd)

---

\* De commissie is zich er overigens van bewust dat in de politiek de gevolgen van een keuze tussen 1 en 0,4 aanzienlijk kunnen zijn.

---

gemiddeld 0,4 millisievert per jaar; de effectieve dosis van kosmische straling varieert tussen 0,1 en 0,3 millisievert per jaar en de effectieve dosis door natuurlijke radioactiviteit in de bodem van 0,02 tot 0,4 millisievert per jaar (CCR91). Deze bronnen en de doses die zij veroorzaken, zijn niet te beheersen.

### Beperking van een relatief risico

Houdt men rekening met de inzichten in het ontstaan van kanker en het verhoogd optreden van kanker na stralingsblootstelling en kiest men voor een begrenzing van de kans om aan kanker te overlijden als onderdeel van een beschermingssysteem, dan is het stellen van een relatieve sterfterisicolimiet een begaanbare weg. De commissie heeft nagegaan dat levenslange blootstelling aan een effectieve dosis van enkele millisievert per jaar de leeftijdspecifieke kans om aan kanker te overlijden in geen enkel jaar meer dan één procent laat toenemen (vergelijk ICRP91, tabel C-4a). Als men de extra kankersterfte door blootstelling aan straling op jaarbasis zou willen beperken tot 1 procent van de totale leeftijdspecifieke kankersterfte, dan komt dat overeen met het beperken van de blootstelling van de bevolking tot een effectieve dosis van 2 tot 3 millisievert per jaar. De ICRP heeft dit soort beschouwingen gebruikt ter onderbouwing van de door haar aanbevolen dosislimiet (ICRP91, figuur C.7 en figuur C.8). De commissie wijst er op dat zo'n begrenzing een andere is dan wordt beoogd met het maximaal toelaatbare risiconiveau uit de notitie OmR en de nota OmRS. Die laatste grootheid heeft betrekking, zo lijkt uit de beleidsdocumenten te volgen, op de totale kans om ten gevolge van één jaar blootstelling aan een bepaalde milieufactor te overlijden. Voor straling is deze omschrijving verder gewijzigd door middeling over alle leeftijden.

---

## 8.4 Slotopmerkingen

Het stralingsbeschermingskader van de ICRP is in de loop van de jaren veranderd. Oorspronkelijk lag de nadruk op het in acht nemen van dosislimieten. Thans staan rechtvaardiging en optimalisatie als beschermingsinstrumenten voorop. In het verleden zijn de dosislimieten stapsgewijs verlaagd, omdat nieuwe kennis over stralingseffecten beschikbaar kwam en omdat de stralingstoepassingen zich uitbreidden en meer divers werden. De stabiliteit en de samenhang, en de behoedzame ontwikkeling van het systeem hebben geleid tot het aanvaarden ervan door internationale en nationale overheden, maar ook door praktijkdeskundigen op het gebied van de stralingsbescherming.

---

Het behoort niet tot de taak van de commissie om een voorkeur voor de ene of de andere benadering uit te spreken. Daar komt nog bij dat zo'n keuze niet alleen op wetenschappelijke overwegingen kan berusten. Daar de limietwaarden van OmRS strenger zijn, zou de OmRS-benadering tot lagere effectieve doses kunnen leiden. Maar op bevolkingsniveau zijn de verschillen tussen beide systemen wat dit betreft marginaal, daar slechts een kleine fractie van de collectieve 'public exposure' of milieublootstelling onder de werking van het beschermingssysteem valt. Wenst men beschermingsniveaus te laten samenhangen met de verdeling van middelen, dan spelen veel meer factoren dan alleen de stralingsdoses een rol. Een analyse van die andere factoren, die de commissie zeker zinvol acht, valt buiten het kader van het voorliggende advies.

---

Den Haag, 31 december 1994,  
namens de commissie

(w.g.)  
dr WF Passchier,  
secretaris

prof dr L Ginjaar,  
voorzitter



---

## Literatuur

- 
- CCR91 Coördinatie-Commissie voor de metingen van Radioactiviteit en Xenobiotische stoffen (CCRX). Metingen van radioactiviteit en xenobiotische stoffen in het biologisch milieu in Nederland 1990. Bilthoven: CCRX, 1990.
- CEC94 Radiation protection optimization 'Achievements and opportunities'. Proceedings of the Fourth European Scientific Seminar held in Luxembourg, 20 to 22 April 1993. Luxembourg: Commission of the European Communities, 1994.
- GR26 Gezondheidsraad. De gevaren, verbonden aan het gebruik van röntgen- en daarmee gelijk te stellen stralen, en middelen ter voorkoming van dit gevaren. 1926.
- GR84 Gezondheidsraad. Stralingsbescherming in Nederland, de ICRP-aanbevelingen in de praktijk. Den Haag: Gezondheidsraad, 1984; publikatie nr. 1984/20.
- GR91 Gezondheidsraad. Stralingsrisico's. Evaluatie van wetenschappelijke gegevens over de gezondheidsrisico's van blootstelling aan ioniserende straling ten behoeve van normstelling. Den Haag: Gezondheidsraad, 1991; publikatie nr. 1991/22.
- ICRP59 International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (adopted September 9, 1958). London: Pergamon Press, 1959.
- ICRP66 International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (adopted September 17, 1965). London: Pergamon Press, 1966.
- ICRP77 International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (adopted January 17, 1977). ICRP Publication 26. London: Pergamon Press, 1977.
- ICRP78 International Commission on Radiological Protection. Statement of the 1978 Stockholm meeting of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP 1978; 2(1).
-

- ICRP91 International Commission on Radiological Protection. 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Annals of the ICRP 1991; 21(1-3).
- ICRP93 International Commission on Radiological Protection. Principles for intervention for protection of the public in a radiological emergency. Annals of the ICRP 1993; 22(4).
- Nor92 Nordberg-Bohm V, Clark WC, Bakshi B, e.a. International comparisons of environmental hazards. Cambridge, MA, USA: Center for Science & International Affairs, Harvard University, 1992; report 92-09.
- Shi90 Shimizu Y, Kato H, Schull WJ. Studies of the mortality of A-bomb survivors. 9. Mortality 1950-1985: Part 2. Cancer mortality based on the recently revised doses (DS86). Radiation Research 1990; 121: 120-141.
- TK85 Indicatief Meerjarenprogramma Milieubeheer 1986-1990. TweedeKamer, vergaderjaar 1985-1990, 19204, nrs 1, 2.
- TK89a Nationaal Milieubeleidsplan, notitie Omgaan met risico's. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21137, nr 5.
- TK89b Medische stralingstoepassingen doorgelicht. Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21439, nrs 1, 2.
- TK90 Omgaan met risico's van straling. Normstelling ioniserende straling voor arbeid en milieu. Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21483, nrs 1, 2 (19 maart 1990).
- TK93a Vervolgotitie Omgaan met risico's van straling. Tweede Kamer, vergaderjaar 1992-1993, 21439, nr 15. (3 februari 1993).
- TK93b Risicobenadering in het milieubeleid (verslag van een mondeling overleg op 8 december 1993). Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-1994, 22666, nr 5.
- TK94 Normstelling ioniserende straling voor arbeid en milieu. Beleidsstandpunt radon. Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-1994, 21483, nr 18 (met bijlage).
- UN88 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, effects and risks of ionizing radiation. UNSCEAR 1988 report to the General Assembly, with annexes. New York: United Nations, 1988.
- UN93 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 1993 report to the General Assembly, with scientific annexes. New York: United Nations, 1993.
- Vis94 Visser O, Coebergh JWW, Schouten LJ. Incidence of cancer in the Netherlands 1991. Utrecht: Vereniging van Integerale Kankercentra, 1994. The cancer mortality data in this report were obtained from the Netherlands Central Bureau of Statistics (CBS).
- Vle90 Vlek CAJ. Beslissen over risico-acceptatie (decision making on risk acceptance). Een psychologisch-besliskundige beschouwing over risicodefinities, risicovergelijking en beslissingsregels voor het beoordelen van de aanvaardbaarheid van riskante activiteiten. Den Haag: Gezondheidsraad, 1990; rapport A90/10, A90/10H.
- VROM93 Handleiding beleidsstandpunten stralingsbescherming. Deel I, Regulier. Den Haag: Ministerie van VROM, 1993; 15 december.
-

- 
- A Adviesaanvraag van de minister van VROM aan de voorzitter van de Gezondheidsraad
- B Samenstelling van de commissie
- C De ICRP en haar aanbevelingen
- D Stralingsrisico in maat en getal
- E Effectieve dosis
-



---

## **Bijlagen**

---

## **Adviesaanvraag van de minister van VROM aan de voorzitter van de Gezondheidsraad**

---

*Referentie: DGM/SVS18394009, brief van 6 april 1994 van de minister van VROM aan de minister van WVC (de minister van WVC heeft deze brief aan de voorzitter van de Gezondheidsraad gezonden met een begeleidende brief, gedateerd 22 april 1994, DGVgz/BMO94679)*

In 1991 heeft de Gezondheidsraad advies uitgebracht over Stralingsrisico's (rapportnummer 1991/22). In datzelfde jaar heb ik de Gezondheidsraad verzocht om advies uit te brengen inzake de risicobenadering in het milieubeleid (DGM/DS/MBS nr. 23o91005). Deze laatste aanvraag heeft nog niet geresulteerd in een advies.

Sinds 1991 heeft met de Tweede Kamer verschillende malen overleg plaatsgevonden over de nadere invulling van het risicobeleid. In het overleg met de Tweede Kamer heb ik voorgesteld om in het kader van het externe veiligheids- en stralenbeschermingsbeleid het verwaarloosbare risico niet langer te hanteren als afkapgrens voor het toepassen van het redelijkerwijs-criterium (mondeling overleg inzake risicobeleid milieu d.d. 8 december 1993).

Voornoemd overleg vond ondermeer plaats naar aanleiding van de vervolgotitie Omgaan met Risico's van Straling (Tweede Kamer, 1992-1993, 21 483, nr. 15) waarin het stralenbeschermingsbeleid overeenkomstig de nota Omgaan met Risico's van Straling (Tweede Kamer, 1989-1990, 21 483, nr 2) nader is ingevuld. In hoofdstuk 2.6 van deze vervolgotitie is een beperkte vergelijking gemaakt tussen de uitgangspunten van ORS en aanbeveling nummer 60 van de International Commission on Radiological Protection (ICRP 60, april 1991).

---

Hierbij verzoek ik de Gezondheidsraad mij, in aanvulling op de hierboven genoemde adviezen, apart te adviseren over de wetenschappelijke aspecten van de door de Gezondheidsraad aan te geven belangrijkste verschilpunten tussen de systematiek van stralenbescherming zoals deze in het ICRP-advies nummer 60 wordt aanbevolen en de uitwerking zoals deze in ORS-kader voor wat betreft de milieuaspecten heeft plaatsgevonden.

Ik stel het op prijs om het advies van de Gezondheidsraad nog in november van dit jaar te mogen ontvangen.

(w.g.)

Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieubeheer,  
JGM Alders

## Samenstelling van de commissie

- 
- Prof dr L Ginjaar, chemicus, voorzitter van de Gezondheidsraad, *voorzitter*
  - Prof dr Joh Blok, emeritus hoogleraar moleculaire biofysica
  - Drs JAG Davids, radiobioloog
  - Mw prof dr JCM van Eindhoven, chemicus, Directeur van het Rathenau Instituut en buitengewoon hoogleraar aan de Universiteit van Utrecht
  - Prof dr JMA van Engelshoven, radiodiagnost, Academisch Ziekenhuis, Universiteit Limburg
  - Ir ChrJ Huyskens, stralingsfysicus, hoofd Stralingsbeschermingsdienst, Technische Universiteit Eindhoven
  - Prof dr B Lindell, stralingsfysicus, emeritus voorzitter van de International Commission on Radiological Protection
  - Dr CB Meinhold, stralingshygiënist, voorzitter van de National Council on Radiation Protection and Measurements in de VS en vice-voorzitter van de International Commission on Radiological Protection
  - Dr CE Rasmussen, stralingsfysicus, hoofd van de Stralenbeschermingsdienst, Interfacultair Reactor Instituut, Technische Universiteit Delft
  - Dr WF Passchier, fysisch chemicus, Gezondheidsraad, *secretaris*

Mw MFC van Kan, werkzaam bij het secretariaat van de Gezondheidsraad, verzorgde de administratieve en secretariële ondersteuning. Redactionele ondersteuning gaven

---

dr WM Becker van de staf van de National Council on Radiation Protection and Measurements en drs AB Leussink van de staf van de Gezondheidsraad.

---

## De ICRP en haar aanbevelingen

De International Commission on Radiological Protection is opgericht in 1928 onder de naam International X ray and Radium Protection Committee door het Tweede Internationale Radiologiecongres. In 1950 kreeg de commissie een nieuwe structuur en naam. Zij is onafhankelijk en benoemd haar eigen leden, maar heeft een speciale binding met de vierjaarlijkse radiologiecongressen en met de International Society of Radiology .

De naam van de commissie duidt haar taak aan: het verzamelen van gegevens en het doen van aanbevelingen om de mens te beschermen tegen de schadelijke effecten van blootstelling aan ioniserende straling. Bij blootstellingsniveaus van de orde van grootte van of onder de diverse dosislimieten die de commissie heeft aanbevolen, is er weinig direct bewijs dat mensen schade ondervinden. Voor het voorspellen van de kans op schade bij lage doses zijn veronderstellingen nodig over het ontstaan van die schade. De meeste gegevens zijn verkregen bij hoge doses en veelal hoge dosistemp. De schattingen die de ICRP geeft, beogen de gevolgen van blootstelling niet te onderschatten. Deze schattingen en hun implicaties vereisen noodzakelijkerwijs, naast een wetenschappelijk oordeel gebaseerd op kennis uit diverse vakgebieden, maatschappelijke en economische oordelen. De ICRP heeft getracht om de basis van die oordelen zo inzichtelijk mogelijk te maken in het besef dat anderen op verscheidene punten een eigen oordeel zouden willen vellen (ICRP91, par 6).

---

De ICRP beveelt uitgangspunten voor de stralingsbescherming aan ter ondersteuning van het beleid van overheden op nationaal en supranationaal niveau. De vorm van wet- en regelgeving zullen door die overheden zelf moeten worden vastgesteld in overeenstemming met het gebruikelijke beleid. De aanbevelingen van de ICRP zijn gebruikt als basis voor nationale en internationale regelgeving op het gebied van de stralingsbescherming, zoals de ICRP ook zelf aangeeft (ICRP91, par 8). Dat heeft er toe bijgedragen dat nationale en supranationale regelgeving op consistente uitgangspunten is gebaseerd.

De Euratom-basisnormen, die de vorm hebben van EU-richtlijnen, zijn altijd uitgegaan van de aanbevelingen van de ICRP. Dat zelfde geldt voor de regelgeving in de lidstaten in de Europese Unie.

---

## **B De aanbevelingen van de ICRP in historisch perspectief**

In par 3.2 van het Gezondheidsraadadvies ‘Stralingsrisicos’ (GR91) zijn de aanbevelingen van de ICRP in historisch perspectief geplaatst. Die paragraaf is hieronder opnieuw afgedrukt.

Al snel na de ontdekking van ioniserende straling kwamen schadelijke gevolgen voor de gezondheid van blootstelling aan deze straling aan het licht. Dit leidde in 1928 tot oprichting van de ‘International X-ray and Radium Commission’ door het Tweede Internationale Congres over Radiologie in Stockholm. Deze commissie vormde de voorloper van de ICRP, die aanbevelingen doet ter bescherming van mensen tegen de schadelijke effecten van ioniserende straling.

Tot kort na de Tweede Wereldoorlog was de kennis over de gevolgen van blootstelling aan straling nog gering. Wel wist men dat straling het materiaal in de lichaamscellen kan beschadigen en blijvende schade bij een individu of, na bestraling van de geslachtsklieren, afwijkingen bij nakomelingen kan veroorzaken. Ook toen wees de ICRP al op een probleem bij het stellen van normen dat nog steeds de gemoederen in beweging weet te brengen: aangeven wat als verwaarloosbaar risico kan worden beschouwd. Zo schreef zij in 1954 (*British Journal of Radiology* 1955, Supplement 6): “Since, no radiation level higher than the natural background can be regarded as absolutely ‘safe’, the problem is to choose a practical level that, in the light of present knowledge, involves a negligible risk\*. Zij beval grenswaarden aan in de vorm van een maximaal toelaatbare dosis per week. Men veronderstelde dat, gegeven de lage dosistemporen waaraan werkers in de praktijk zijn blootgesteld blijvende schade zoals huidkanker tijdens het leven niet zou optreden (ICRP59).”

In haar aanbevelingen van 1958 (ICRP59) maakte de ICRP melding van het in verhoogde mate optreden van leukemie bij artsen die röntgenonderzoek uitvoerden. De toen door haar aanbevolen

---

\* Vertaling: Aangezien geen enkel stralingsniveau boven de natuurlijke achtergrond als absoluut ‘veilig’ kan worden beschouwd, is het probleem een in de praktijk te hanteren waarde aan te geven die, gegeven de huidige kennis, een verwaarloosbaar risico met zich meebrengt.

---

‘maximaal toelaatbare dosis’ van 50 milligray (5 rad) per jaar was onder andere gebaseerd op die waarneming en op het besef dat, als er voor leukemie een drempeldosis bestond, deze zeker lager zou kunnen zijn dan 7500 milligray (750 rad), de maximale dosis in het beenmerg die iemand over een periode van 50 jaar zou kunnen ontvangen (de tot dan toe aanbevolen grenswaarde voor het beenmerg was 150 millisievert per jaar). De ICRP hield in 1958 overigens ook rekening met schade aan andere organen dan de huid en het beenmerg en met de mogelijkheid van erfelijke afwijkingen door bestraling van de geslachtsklieren.

In 1965 was de kennis over de effecten van ioniserende straling toegenomen, onder meer door het beschikbaar komen van gegevens uit het onderzoek onder de overlevenden van de atoombomexplosies boven Hiroshima en Nagasaki. De ICRP schreef in haar Publikatie 9: “It must be recognized that sufficient information is not available as to the possible forms of injury that may result from irradiation of various tissues. Nevertheless, apart from the acute effects of large doses, it appears likely that the most important effects will be carcinogenesis, the production of degenerative effects such as cataracts, developmental abnormalities in foetal tissue, and hereditary defects.” (ICRP66, para. 27)\*. Tevens stelde de ICRP dat elke blootstelling aan straling een zekere kans op het optreden van die effecten met zich meebrengt. Daarom achtte ze het gewenst om, naast het inacht nemen van maximaal toelaatbare doses, elke onnodige blootstelling aan straling te vermijden en de stralingsdoses zo laag te houden als praktisch te verwezenlijken is (‘as low as is readily achievable’, ALARA).

In samenhang met de huidige discussie over normstelling in Nederland is de volgende opmerking van de ICRP van belang. Volgens de ICRP zou de te aanvaarden grenswaarde voor de stralingsdosis afgeleid kunnen worden van een aanvaard risiconiveau, indien het verband tussen stralingsdosis en effect nauwkeurig bekend zou zijn (ICRP66, para.36).

In 1977 had men de beschikking over meer gegevens uit het onderzoek onder de overlevenden van de atoombomexplosies in Japan. Toch was ook toen de dosis-effectrelatie bij blootstelling aan relatief lage doses met een laag dosistempo nog niet goed bekend. Letterlijk stelde de ICRP: “For human populations in particular, knowledge of dose-response relationships is too limited to enable confident prediction of the shapes and lopes of the curves at low doses and low dose rates ”(ICRP77a, para. 28)\*\*. Wel meende de ICRP ten behoeve van de onderbouwing van de aanbevolen stralingshygiënische normen het risico dat met een bepaalde stralingsdosis samenhangt, globaal te kunnen schatten. De ICRP liet door middel van die schatting zien, dat het bestaande systeem van normstelling, inclusief de maximaal toelaatbare doses (in 1977 als dosislimieten aangeduid), leidde tot risico’s van een omvang die naar de mening van de ICRP maatschappelijk aanvaard werd. Daartoe vergeleek zij de kans op het overlijden aan kanker door blootstelling aan ioniserende straling en de kans op het optreden van afwijkingen bij de eerste twee

---

\* Vertaling: Men moet zich realiseren dat er niet voldoende gegevens beschikbaar zijn over de mogelijke vormen van schade die het gevolg kunnen zijn van de bestraling van de diverse weefsels. Desondanks lijkt het waarschijnlijk dat, afgezien van de acute effecten bij hoge doses, de belangrijkste effecten bestaan uit het optreden van kanker, het verlies van de normale functie van organen zoals cataract, ontwikkelingsstoornissen in foetaal weefsel en erfelijke effecten.

\*\* Vertaling: In het bijzonder voor groepen mensen is de kennis over de dosis-effectrelatie te gering om op betrouwbare wijze vorm en helling van de dosis-effectcurven bij lage doses en lage dosistempi te kunnen voorspellen.

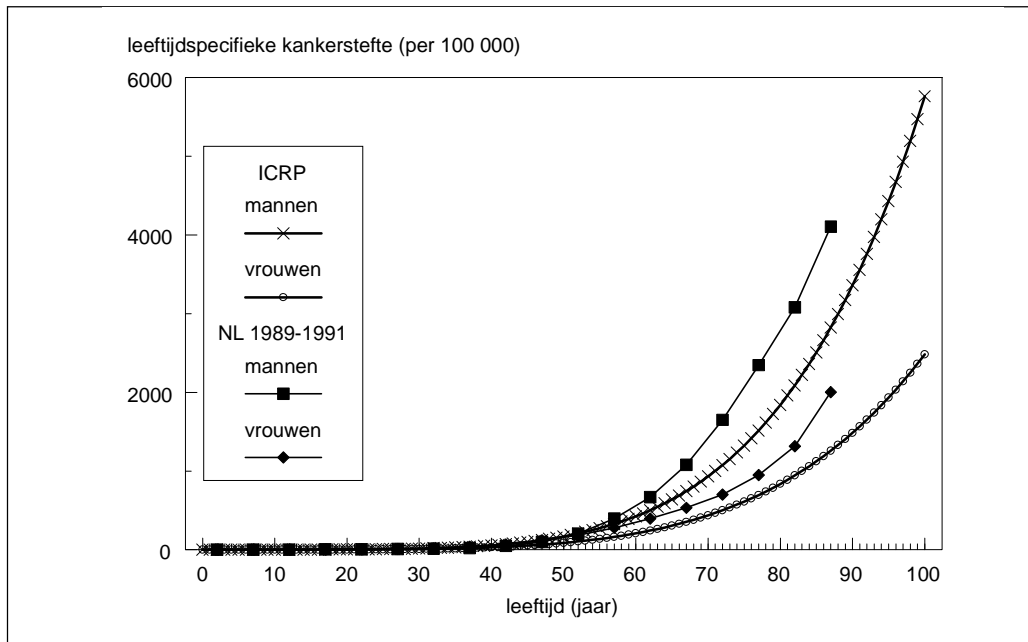
---



generaties nakomelingen, met de kans op een dodelijk ongeval door andere activiteiten (ICRP78; zie ook GR84b).

De ICRP stelde dan ook voor om de aanbevelingen uit 1965 wat hun uitwerking in de praktijk aangaat in essentie ongewijzigd te houden. Het acroniem ALARA kreeg nu de betekenis van 'as low as reasonably achievable' - 'zo laag als redelijkerwijs mogelijk'. Met de term 'redelijkerwijs' wilde de ICRP uitdrukken dat bij het streven naar een verlaging van de ontvangen stralingsdosis de daarmee gemoeide kosten moeten opwegen tegen de vermindering van het stralingsrisico (optimalisatie). Economische en sociale factoren spelen volgens de ICRP een rol bij het vinden van dat evenwicht.

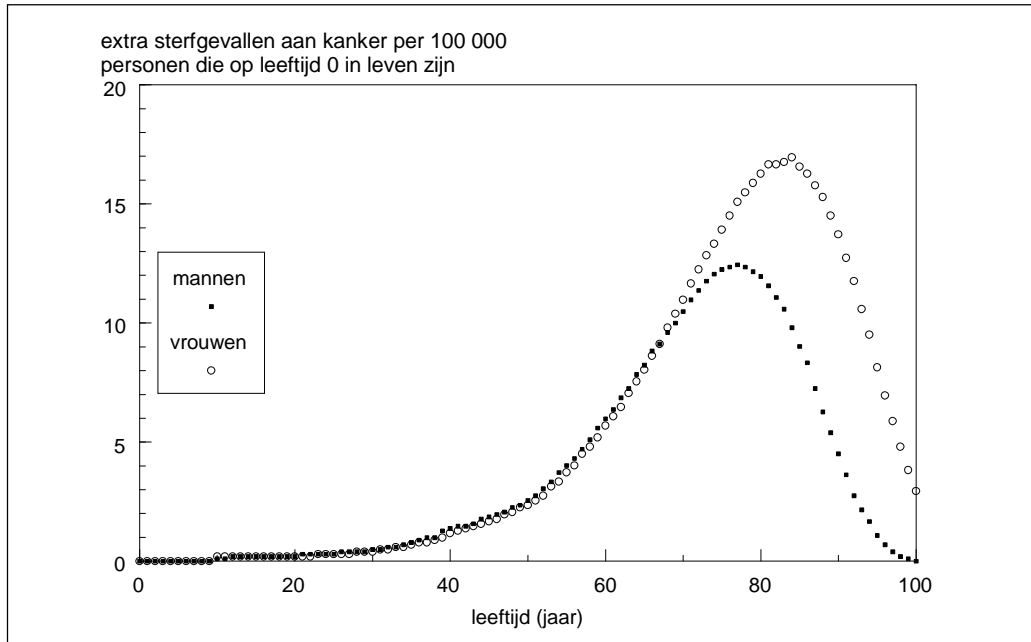
Verder beval ze een zekere aanscherping van de dosislimieten voor radiologische werkers aan door van een maximum per kwartaal en een limiet voor de over de tijd gemiddelde dosis over te gaan naar een dosislimiet per jaar. Die jaarlimiet kreeg dezelfde waarde als de tot dan toe aanbevolen limiet voor het dosisequivalent dat over de arbeidsperiode in totaal wordt ontvangen, namelijk 50 millisievert (5 rem). De beperking van de stralingsdosis bij een ongelijkmatig over het lichaam verdeelde blootstelling veranderde echter geheel in vergelijking met de eerdere aanbevelingen. Met behulp van de kennis over de mogelijke effecten na bestraling van de diverse organen rekende de ICRP de stralingsdoses bij een inhomogene bestraling om in een equivalente stralingsdosis voor een homogene bestraling; later noemde men de omgerekende grootte het effectief dosisequivalent en nog later effectieve dosis (ICRP77a, ICRP78, ICRP91).



Figuur 3 De leeftijdspecifieke kankersterfte die gebruikt is in de berekeningen van deze bijlage (uit ICRP91) en leeftijdspecifieke kankersterfte in de Nederlandse bevolking in 1989-1991 (Vis94).

Tabel 3 De extra kans om te overlijden aan kanker (per 100 000) door blootstelling aan een effectieve dosis van 1 millisievert op een bepaalde leeftijd. Demografische gegevens: Zweedse mannen, 1991.

leeftijd bij blootstelling (jaar)	levensverwachting na leeftijd bij blootstelling (jaar)	extra kankersterfte (per 100 000)		
		over het gehele leven	op leeftijd (jaar)	
			30	70
0	75	12	0,03	0,5
20	55	6	0,01	0,3
40	36	2	-	0,1
60	19	1	-	0,1



*Figuur 4* De leeftijdsverdeling van de extra kans om aan kanker te overlijden verbonden met voortdurende, levenslange blootstelling aan een effectieve dosis van 1 millisievert per jaar. De kans is weergegeven als het aantal sterfgevallen op een bepaalde leeftijd in een groep van 100 000 personen die op leeftijd 0 allen in leven zijn.

Bijlage

## D

# Stralingsrisico in maat en getal

---

Deze bijlage bevat de resultaten van berekeningen van de extra kankersterfte verbonden met blootstelling aan ioniserende straling. De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van een computerprogramma dat werd ontwikkeld door commissielid Lindell. De informatie in deze bijlage dient alleen ter illustratie van de relatie tussen stralingsblootstelling en extra kankersterfte; ze moet niet worden gebruikt voor het schatten van de gezondheidseffecten in concrete situaties.

De berekeningen zijn gebaseerd op modellen die de ICRP in bijlage C van publikatie 60 (ICRP91) geeft voor het schatten van radiologische risico's. In deze bijlage is gebruik gemaakt van het zogenoemde relatieve risicomodel voor het schatten van de kans op kanker later in het leven na blootstelling aan straling op een bepaalde leeftijd en van de referentiewaarden die ICRP geeft voor de leeftijdspecifieke 'normale' kankersterfte. Voor de tijd die verloopt tussen de blootstelling aan straling en de toename van de kans op leukemie, de latentieperiode, is 2 jaar genomen en voor de latentieperiode voor alle andere vormen van kanker 10 jaar. Bij de berekeningen zijn gegevens over de samenstelling van de Zweedse bevolking in 1991 gebruikt.

Figuur 3 maakt het mogelijk om de leeftijdspecifieke kankersterfte die in de modelberekeningen is toegepast, te vergelijken met die van de Nederlandse bevolking in 1989-1991 (Vis94). De kankersterfte stijgt sterk met het stijgen van de leeftijd. De referentiewaarden van de ICRP zijn iets geringer dan de recente getallen voor de Nederlandse bevolking, maar zo'n verschil heeft geen belangrijke invloed op het resultaat van de berekeningen.

De extra kans om te overlijden aan kanker na blootstelling aan een (eenmalige) effectieve dosis van 1 millisievert is berekend voor verschillende blootstellingsleeftijden. De resultaten zijn weergegeven in tabel 3. De getallen in de tabel laten een afname van de extra sterftkans met toenemende leeftijd bij blootstelling zien. Eveneens wordt geïllustreerd dat de extra sterfte vooral op hogere leeftijd plaatsvindt. In figuur 4 is verdeling van de extra kankersterfte in een groep van personen die continu, levenslang zijn blootgesteld aan een effectieve dosis van 1 millisievert per jaar, uitgezet als functie van de leeftijd. Boven de leeftijd van ongeveer 80 jaar neemt de extra kankersterfte weer af met de leeftijd, omdat dan het aantal personen dat nog in leven is, sterk daalt.



---

Tabel 4 Waarde van de orgaanweegfactor  $W_T$  voor de effectieve dosis (ICRP91, tabel 2).

---

orgaan $T$	$W_T$	orgaan $T$	$W_T$
geslachtsorganen	0,2	rood beenmerg	0,12
dikke darm	0,12	longen	0,12
maag	0,12	blaas	0,05
borst	0,05	lever	0,05
slokdarm	0,05	schildklier	0,05
huid	0,01	botoppervlak	0,01
rest	0,05		

---

In ICRP91, tabel 2 wordt ook aangegeven op welke manier de weegfactoren moeten worden toegepast en wat er onder de 'rest' moet worden volstaan.

---

Bijlage

## E

---

# Effectieve dosis

---

In deze bijlage bespreekt de commissie het begrip effectieve dosis. Nadere informatie over dit begrip is te vinden in de jongste aanbevelingen van de ICRP (ICRP91) en het Gezondheidsraadadvies Stralingsrisico's (GR91, bijlage H).

De grootheid effectieve dosis,  $E$ , is gedefinieerd als:

---

$$E = \sum_T w_T H_T$$

waarin  $H_T$  de equivalente dosis in orgaan  $T$  en  $W_T$  de zogeheten orgaanweegfactor aanduidt. De weegfactoren zijn op 1 genormaliseerd, dat wil zeggen:

$$\sum_T w_T = 1$$

De weegfactoren die de ICRP heeft aanbevolen staan in tabel 4. Voor elk orgaan, met uitzondering van de geslachtsorganen heeft de weegfactor betrekking op de kans om aan kanker in dat orgaan te overlijden per eenheid van equivalente orgaandosis, vermenigvuldigd met een factor die samenhangt met de mate waarin die vorm van kanker ongeneeslijk is en met een normalisatieconstante. Voor de geslachtsorganen is de weegfactor gelijk aan de kans op een erfelijke afwijking in het nageslacht van de blootgestelde persoon per eenheid van equivalente gonadendosis vermenigvuldigd met een normalisatieconstante. Vervolgens heeft de ICRP de weegfactoren afgerond op 0,01, 0,05, 0,12 of 0,2.

Bij het definiëren van het begrip effectieve dosis heeft de ICRP dus de kansen op de verschillende vormen van gezondheidsschade samen genomen, rekeninghoudend met het optreden van kanker, de mate waarin een vorm van kanker ongeneeslijk is en met erfelijke afwijkingen. In de praktijk wordt de effectieve dosis vooral gebruikt om grenswaarde voor de inname van radionucliden vast te stellen, aangezien de resulterende equivalente dosis meestal niet gelijkmatig over de diverse organen en weefsels zijn verdeeld.

OmRS staat gereserveerd ten opzichte van het samen nemen van de verschillende effecten van straling. In het beleidsdocument wordt gesteld dat elk effect (dat wil zeggen het overlijden aan kanker, het optreden van kanker waarbij iemand geneest, teratogene effecten en erfelijke afwijkingen) als even ernstig dient te worden beoordeeld en dat het inperken van de kans op overlijden aan kanker ook het risico van de andere vormen van gezondheidsschade in voldoende mate beperkt. Het is niet duidelijk of OmRS het risico verbonden met de inname van radionuclide op andere wijze wil berekenen dan de ICRP. In de praktijk blijkt echter dat de Nederlandse overheid berekeningen van de effectieve dosis met de door de ICRP aanbevolen omrekeningsfactoren voor inname in effectieve dosis accepteert.