



rijksuniversiteit
groningen

ICRP

International Commission on Radiological Protection

Hielke Freerk Boersma

Cursus Coördinerend SB deskundige

27 januari 2025



Overzicht

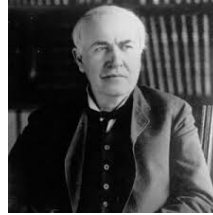
- › Historie ICRP
- › Stralingsbeschermingskader
 - *Ethische grondslagen – college Maeckelberghe (3 februari '25)*
 - Definities
 - Grondbeginselen (rechtvaardiging / optimalisatie / dosislimieten)
 - Achtergrond dosislimieten
 - Milieubescherming
 - Recente ontwikkelingen



Historie



Grubbé



Edison



Tesla



Fuchs



Thomson

IEC Archives

> 1896:

- Emil Grubbé (dermatitis → 1^e X-ray therapie op 29 januari '96; afscherming met lood)
- Thomas Edison (irritatie van het oog)
- Nikolá Tesla (idem, houd afstand)
- Wolfram Fuchs (tijd, afstand, afscherming)
- Elihu Thomson (systematisch onderzoek dermatitis)



Historie

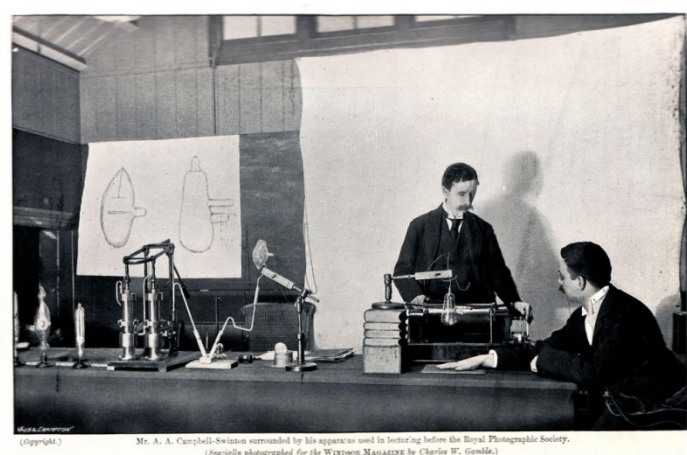
- › Ontdekking Radium & Polonium 1897 – 1904





Historie

> 1896-1928:



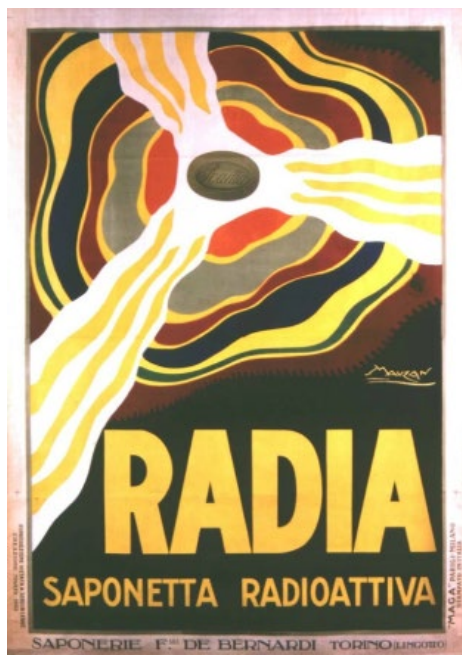
A.A.Campbell Swinton demonstrating an early X-ray tube for the Royal Photographic Society 11 Febr 1896.





Historie – maar ook:

> 1896-1928:



Burk & Braun
RADIUM
SCHOKOLADE

zum Essen und Trinken
(MACHEN SIE SICH BEWUSST)

Sind Sie gesund, so erhalten Sie dadurch Ihr kostbares Gut, sind Sie leidend, so erhöhen Sie Ihre Aussicht, wieder gesund zu werden!

Versuchen Sie auch die übrigen Burk & Braun-Edelerzeugnisse: Kakao, Schokolade, Pralinen, Sie werden dann Ihre Marke finden, denn alles, was den Namen *Burk & Braun* trägt, ist einzigartig köstlich!

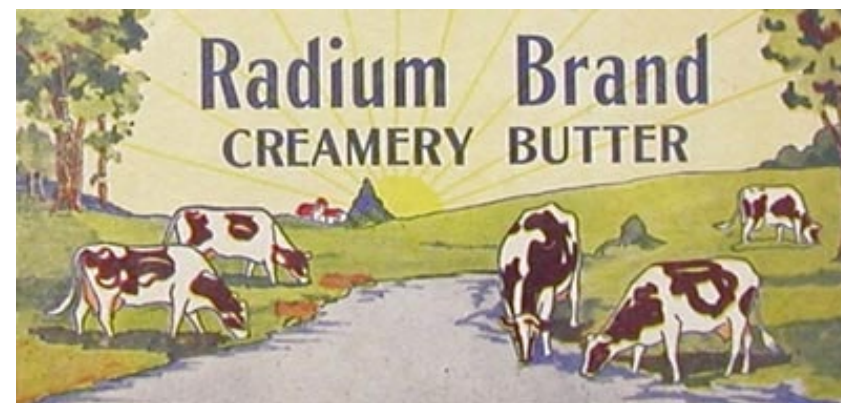
BURK & BRAUN
KAKAO-U.SCHOKOLADENFABRIK
COTTBUS



Radium Is Restoring HEALTH to Thousands

No medicine or drugs. Just a light, small, comfortable inexpensive Radio-Active Pad, worn on the back by day and over the stomach at night. Sold on trial. You can be sure it is helping you before you buy it. Over 150,000 sold on this plan. Thousands have written us that it healed them of Neuritis, Rheumatism, High Blood Pressure, Constipation, Nervous Prostration, Asthma and other respiratory disorders, Heart, Liver, Kidney and Bladder trouble, etc. No matter what you have tried, or what your trouble may be, try Degnen's Radio-Active Solar Pad at our risk. Write today for Trial offer and descriptive literature.

RADIUM APPLIANCE CO.
(Established 1916)
2103 Bradbury Building Los Angeles, Calif.





Historie

- › **1928** Oprichting voorloper ICRP tijdens 2^{de} International Congress of Radiology (IXRPC)
 - Bescherming werkers tegen X- en radiumstraling
 - Voorkomen van deterministische effecten (1 R/week ~ 500 mSv/j)





Historie

- › Jaren veertig / vijftig: ontwikkeling kernsplijting, begin nucleaire geneeskunde (buiten Radium om)





Historie

> 1950 Definitieve naam ICRP

- Bescherming werkers en algemene publiek
(0,3 rem/week \approx 150 mSv/jaar)

> 1959 Aanbevelingen ICRP-1

- Voorkomen van stochastische (genetische) effecten (50 mSv/jaar)





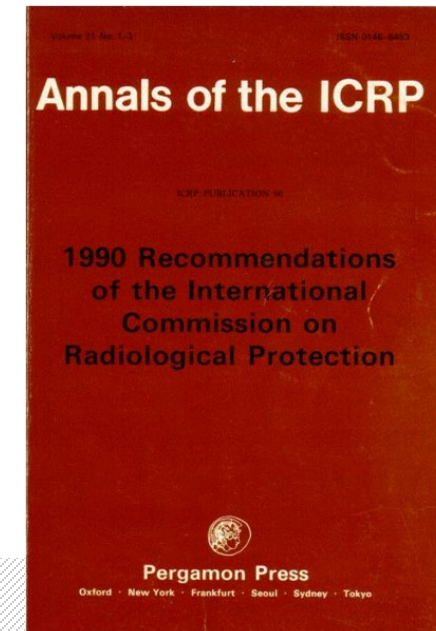
Historie

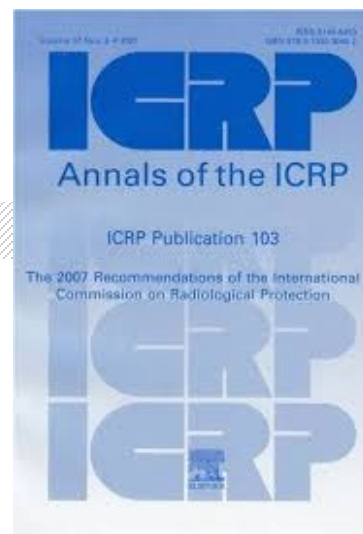
- › **1964 ICRP-6:** Rechtvaardigings- en ALARA-beginsel
- › **1966 ICRP-9:** Stochastische en deterministische dosislimieten. Aanzet weefselweegfactoren w_T
- › **1977 ICRP-26:** w_T , effectief dosisequivalent H_E , Stochastische risicofactor: 1,65 %/Sv .
 - Fatale kankers + genetische effecten
 - Eerste systematische weergave basisprincipes SB
 - Verwerkt in EU basisnormen van 1980, basis van Nederlandse wetgeving



Historie

- › **1990 ICRP-60:** Nieuwe definities en hogere risicofactoren (5 %/Sv), lagere dosislimieten.
 - Verwerkt in EU basisnormen van 1996, basis van Nederlandse wetgeving van 2001 tot begin 2018.
 - Nog steeds relevant...





Historie

› 2007 ICRP-103:

- “...overall estimate of the risk ... remains fundamentally the same”.
- nieuwe definities
- iets veranderde risicofactoren,
- nieuwe stralings- en weefselweegfactoren, exemption levels
- aanzet tot milieubescherming
- verwerkt in EU basisnormen van 17 januari 2014, basis van Ned. wetgeving per 6 februari 2018



ICRP-103 – definities: blootstellingsscenario's

- › Geplande blootstellingen → handelingen die leiden tot verhoging van de dosis
- › Bestaande blootstellingen → acties die leiden tot verlaging van dosis ('situation where exposures already exist when a decision on control has to be taken')
- › Blootstellingen in noodsituaties → acties die gevolgen ongelukken en terrorisme beperken

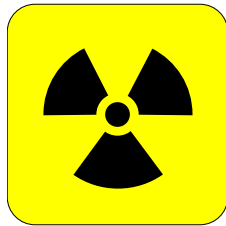


ICRP-60 → ICRP-103

- › ‘Processen’ vervangen door ‘situaties’:
 - Voorheen geen blootstellingsituaties maar
 - Practices (handelingen)
 - Interventions

- › Risicofactor blijft 5%/Sv (voor leden van de bevolking)

ICRP-60/103 – ‘definities’



Bronnen

Momentsaan

(effectieve dosis)

Toekomstig

(eff. volgdosis)

Potentieel

(risico)



Blootstellings-
paden

Externe
bestraling

Inwendige
besmetting

- > Ingestie
- > Inhalatie
- > Huid/wond



Mensen

Werknemers

Patiënten

Leden vd **Bevolking**



ICRP-60/103

› Algemeen uitgangspunt:

- Bescherming van mensen tegen de nadelige gevolgen van straling
zonder het nuttig gebruik van straling onnodig te beperken

› **Beginselen van stralingsbescherming**

- Rechtvaardiging
- Optimalisatie (ALARA)
 - Dosisbeperking – bron gerelateerd
- Dosislimieten



ICRP-60/103

› Rechtvaardiging

- ✓ Bij nieuwe praktijken:
 - ✓ keuze tussen alternatieven
 - ✓ netto gunstig resultaat
 - ✓ niet alleen stralingsaspecten
- ✓ Bij bestaande praktijken:
 - ✓ rechtvaardiging nog actueel?
- ✓ Afwijking voor medische praktijken (volgt later)





ICRP-60/103

› Optimalisatie

- ALARA, met inachtnaam van economische en sociale factoren
- brongericht (dosisbeperkingen)
- individuele en collectieve effectieve dosis
 - beperking aantal blootgestelden & onevenredige verdeling
- ook ALARA voor kans op potentiële blootstelling

› Dosislimieten

- randvoorwaarden bij rechtvaardiging en optimalisatie





ICRP-60/103

› Dosislimieten – vervolg

- gericht op individu
- continue blootstelling tot net boven limiet is onacceptabel
- niet universeel toepasbaar – waarom niet?
- toegekend in jaar van blootstelling
- voorkomen van weefselreacties (deterministische effecten)
- begrenzen van schade (beter: detriment) t.g.v. stochastische effecten





Toepasbaarheid SB-principes

Blootstelling \	Rechtvaardiging	Optimalisatie	Dosislimieten
Werknemers	X	X	X
Patiënten	X	X	-
Leden van de bevolking	X	X	X

Blootstelling \	Rechtvaardiging	Optimalisatie	Dosislimieten
Geplande situatie	X	X	X
Bestaande situatie	X	X	-
Noodsituatie	X	X	-



Dosislimieten werknemers

- › Onacceptabel (kans op sterfte $> 10^{-3}$ per jaar)
- › Tolerabel (kans $< 10^{-3}$ per jaar)
- › Acceptabel (kans $< 10^{-4}$ per jaar)

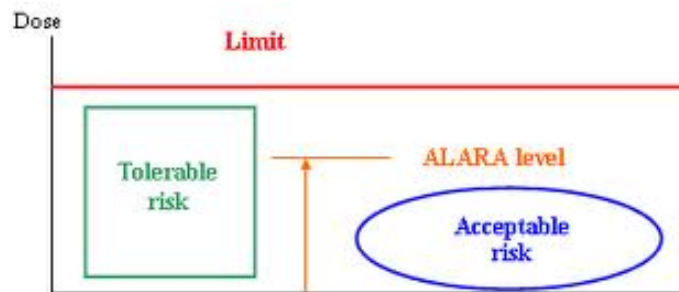
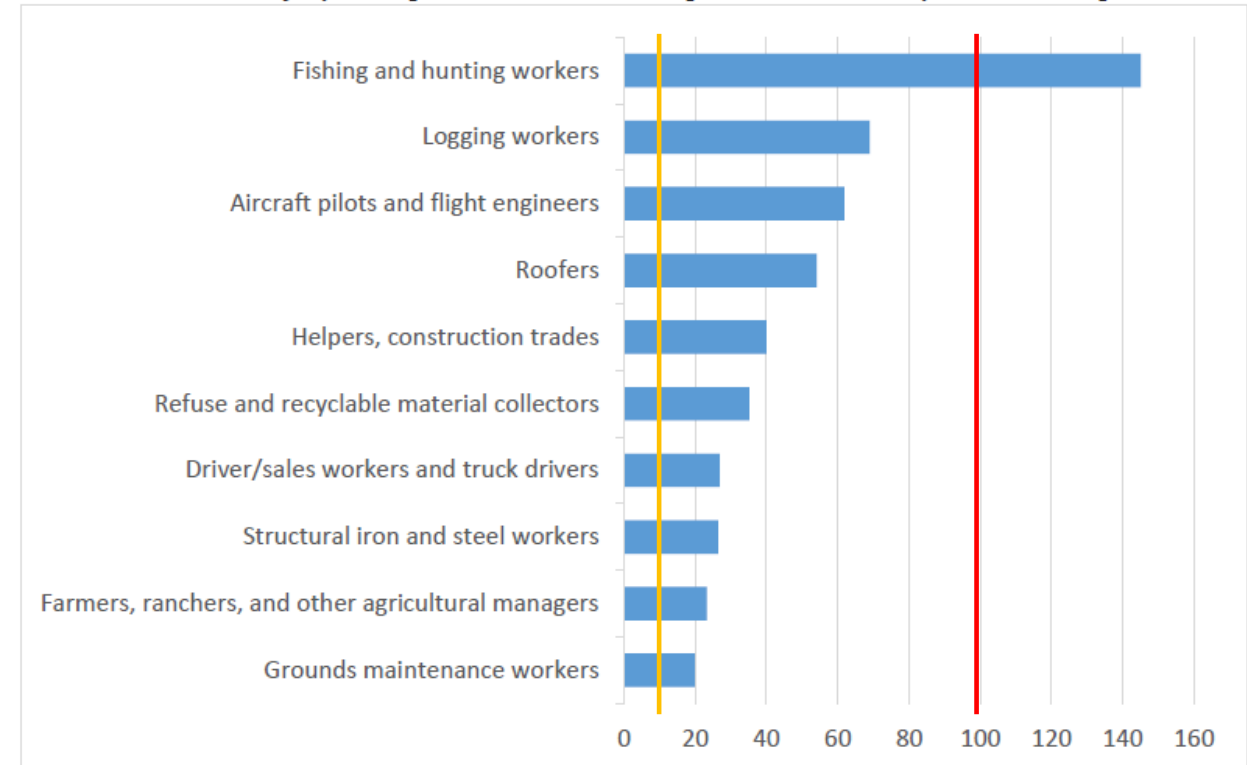


Chart 4. Fatal work injury rates per 100,000 full-time equivalent workers by selected occupations, 2019





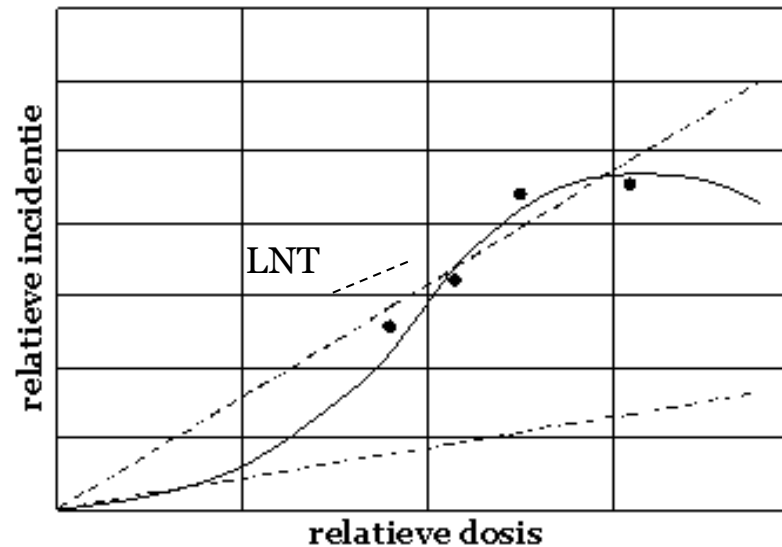
Dosislimieten werknemers: achtergronden

- › Gebaseerd op epidemiologisch onderzoek
 - Slachtoffers Nagasaki / Hiroshima
 - Patiënten / werknemers (U-mijnen etc)
- › Problemen met:
 - Vertaling naar lage dosis / lage dosistempi
 - Projectiemodellen



Dosislimieten werknemers – lage dosis(tempi)

- › Linear-No-Threshold (LNT) hypothese

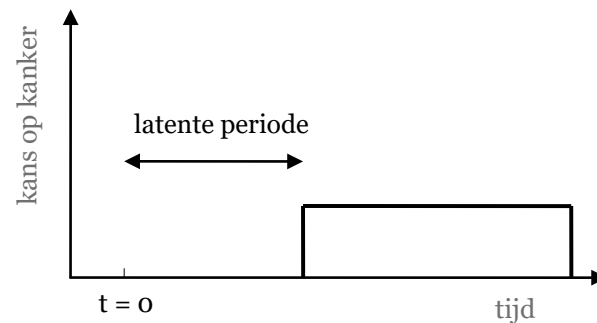


- › Dose & Dose Rate Effectiveness Factor (DDREF): 2 (voor β, γ -straling)
 - → risicogetal van 10%/Sv naar 5%/Sv

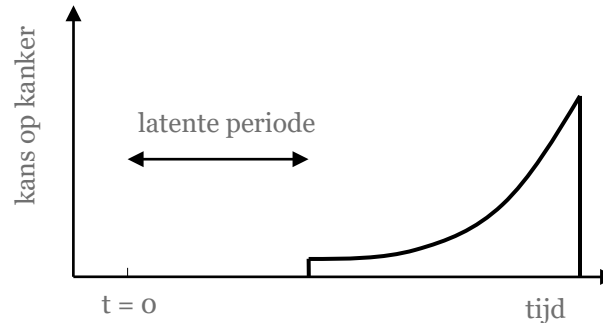


Dosislimieten werknemers

- › Projectiemodellen – kans bovenop natuurlijke incidentie



Additief

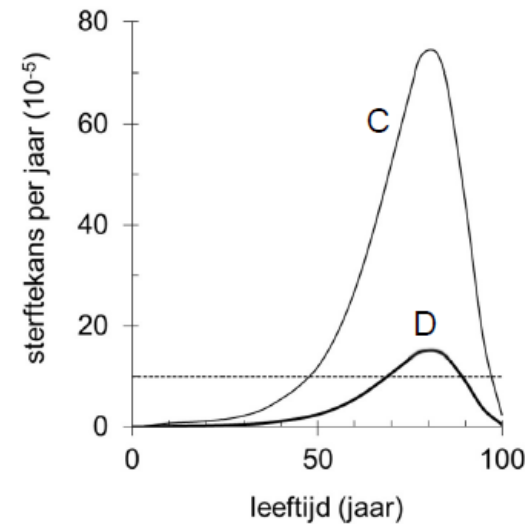
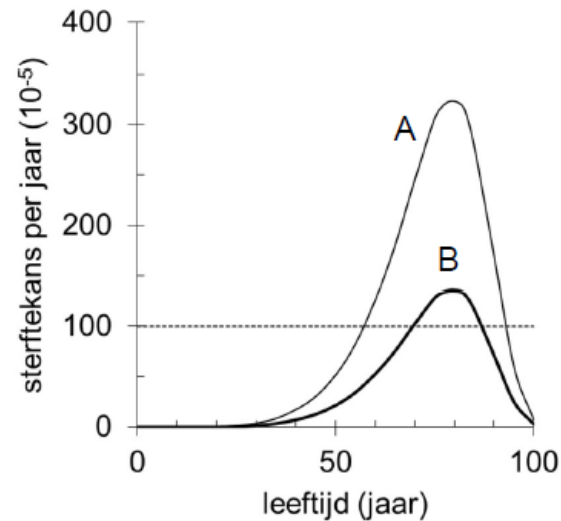


- **Multiplicatief (ICRP-60)**

- › ICRP-103: verschillend per orgaan



Dosislimieten werknemers



Risico *voor vrouwen* bij continue blootstelling aan ioniserende straling (multiplicatieve model, ICRP-60, fig. 13.3 – **let op verschil met ed.'24**)

A: 50 mSv/j

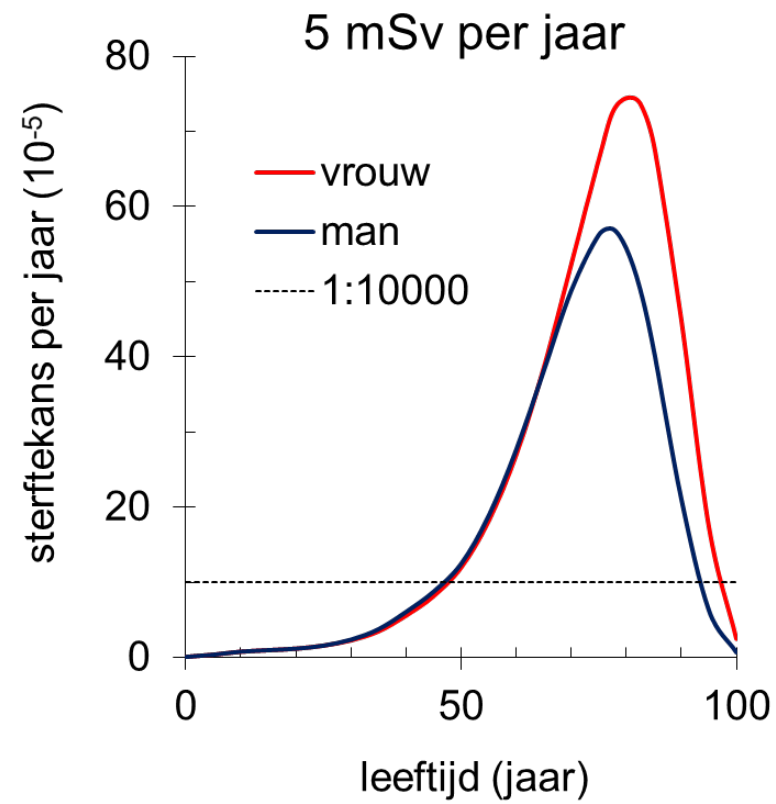
B: 20 mSv/j

voor werkers (18-65 jaar)

C: 5 mSv/j

D: 1 mSv/j

voor bevolking (vanaf geboorte)



met dank aan Frits Pleiter



Dosislimieten werknemers

- › E: max. 20 mSv per jaar (gemiddeld over vijf jaar, per jaar max. 50 mSv)
- › Ooglens: equivalente dosislimiet 20 mSv (ICRP-118, ook gemiddeld over vijf jaar, per jaar max 50 mSv)
 - was 150 mSv per jaar
- › Huid: equivalente dosislimiet 500 mSv, 'over any 1 cm² area of skin, regardless of the area exposed'
- › Zwangere vrouwen: 1 mSv gedurende resterende deel zwangerschap



Dosislimieten werknemers

- › Waarom is er alleen voor de huid (en ooglenzen) een limiet aan de equivalente orgaandosis?
 - a. weefselreacties kunnen alleen in huid en ooglenzen
 - b. stochastische effecten kunnen alleen in huid en ooglenzen
 - c. huid en ooglenzen meest gevoelig voor stochastische effecten
 - d. dosislimiet voor effectieve dosis 'beschermt' andere organen.



www.menti.com



ICRP-118 Ooglensdosis

- › Drempeldosis (voorstadia) van cataract: 0,5 Gy
- › Verlaging van limiet van 150 naar 20 mSv/j
- › Zelfde middeling als voor de effectieve dosis (5 jaar, max. 50 mSv/j)





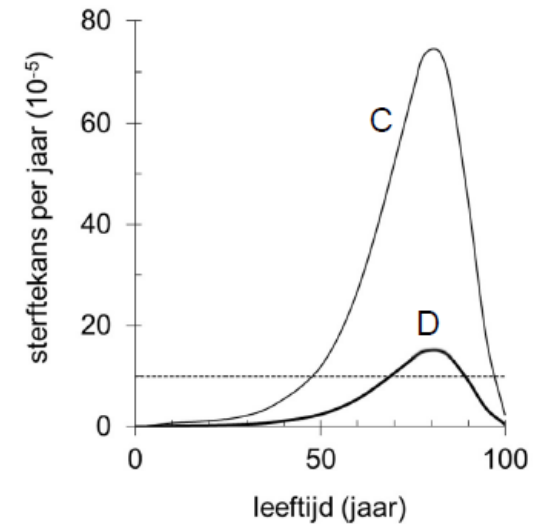
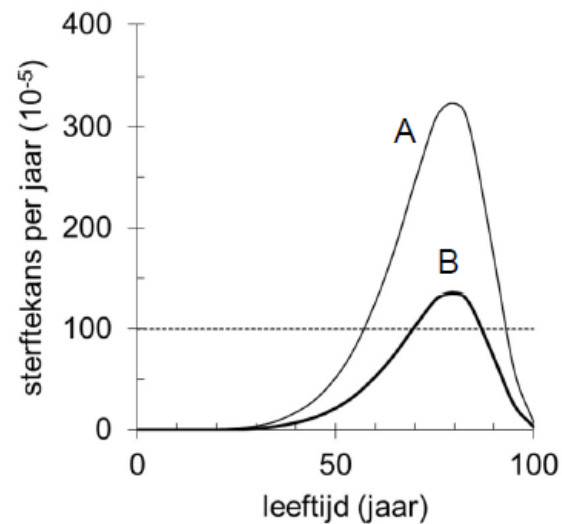
Dosislimieten bevolking

- › Uitgangspunt: kans op overlijden $< 10^{-4}$ per jaar
- › Optimalisatie (dosisbeperking / kritische groep) i.h.a. afdoende
- › Limiet is rem op blootstelling aan meerdere bronnen
- › 1 mSv/j (gemiddeld over vijf jaar)
- › Overige limieten: werknemers/10,
 - m.u.v. ooglen(!): 15 mSv



Risicogetal: kans op fatale kanker

- › Risicogetal: oppervlakte onder de grafiek / totale blootstelling



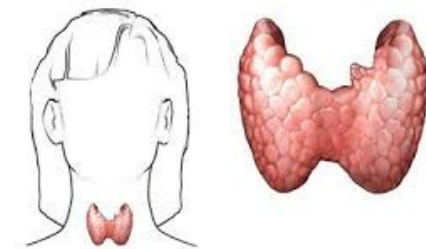
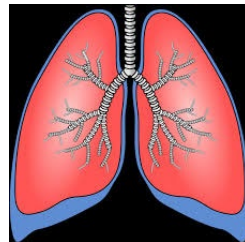
- › Werkers: ruwweg 4%/Sv

Leden vd bevolking: ruwweg 5%/Sv



Risicogetal: detriment

- › Detriment: combinatie van vóórkomen én de ‘ernst’ van het effect – grofweg 7%/Sv voor lid bevolking
- › Multi-attribuut analyse leidt tot detriment (ICRP-60):
 - ✓ totale kans op fatale kanker in bepaald orgaan
 - ✓ gewogen met aantal verloren levensjaren / afname levensduur
 - ✓ gewogen met kans op niet-fatale kanker in bepaald orgaan
 - ✓ erfelijke effecten





ICRP-60 → ICRP-103

- › Multi-attribuut analyse leidt tot detriment (ICRP-103) – 6%/Sv:
 - ✓ kans op incidentie kanker in bepaald orgaan
 - ✓ gewogen met kans op fatale kanker in bepaald orgaan (lethaliteitsfractie)
 - ✓ gewogen met aantal verloren levensjaren / afname kwaliteit van leven
 - ✓ erfelijke effecten

Table A.4.4. Detriment adjusted nominal risk coefficients for cancer and heritable effects (10^{-2} Sv^{-1})¹.

Exposed population	Cancer		Heritable effects		Total	
	Present	ICRP 60	Present	ICRP 60	Present	ICRP 60
Whole	5.5	6.0	0.2	1.3	5.7	7.3
Adult	4.1	4.8	0.1	0.8	4.2	5.6

¹ Values from Tables A.4.1a, A.4.1b, and *Publication 60*.



w_T : ICRP-60 → ICRP-103

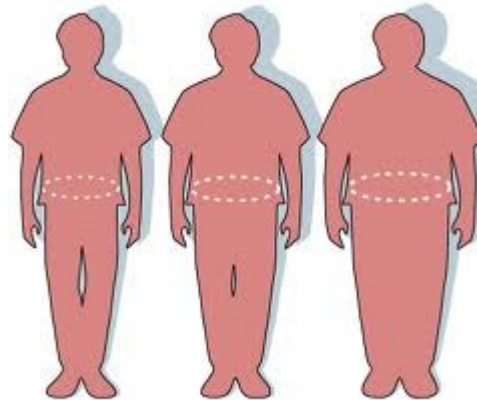
- › detriment vormt basis voor weefselweegfactoren
- › w_T (borst) ging van 0,05 naar 0,12
- › w_T (gonaden) ging van 0,20 naar 0,08 (eigenlijk te hoog...!)
- › nieuwe organen in de lijst (hersenen, speekselklieren)
- › behandeling restorganen, drastisch gewijzigd
 - w_{rest} ging van 0,05 naar 0,12
 - gemiddelde van 13 organen
- › ICRP-152 (nov '22): Radiation Detriment Calculation Methodology

(j) The methodology for calculating radiation detriment needs to evolve to take account of advances in health care and scientific understanding of radiation effects. It




Medisch - bijzonderheden

- › Patiënten incl. verzorgers en proefpersonen
- › Rechtvaardiging: generiek /specifiek (algemeen) vs individueel
- › Dosislimieten: n.v.t.





Potentiële blootstellingen

- › Speelt bij zowel handelingen als interventie
- › Simpelste mogelijkheid: Kans \times effect 
- › Gericht op
 - Preventie (verlagen kans op optreden)
 - Reductie indien blootstelling zich voordoet (\rightarrow noodsituaties)



‘Interventie (ICRP-60)’

- › Ook/vooral van belang bij bestaande blootstellingen
- › Vooral voor leden van de bevolking
- › Rechtvaardiging: vermeden dosis groter dan opgelopen dosis (netto positief resultaat)
- › Optimalisatie
- › Referentieniveaus in plaats van dosislimieten (max 100 mSv m.u.v. levensreddend handelen)
- › Voorbeelden: Radon / mijnafval / ongelukken



ICRP-103/108 Milieubescherming

- › Uitgangspunt tot ICRP-103 formeel:
 - Als bevolking voldoende is beschermd, dan ook flora en fauna
- › ICRP-103: eerste aanzet tot milieubescherming
- › Gericht op instandhouding biodiversiteit / ecosystemen



ICRP-108 – Reference Animals and Plants (RAPs)

- 1 A large terrestrial mammal – the *Reference Deer*
- 2 A small terrestrial mammal – the *Reference Rat*
- 3 An aquatic bird – the *Reference Duck*
- 4 An amphibian - the *Reference Frog*
- 5 A freshwater fish - the *Reference Trout*
- 6 A marine fish – the *Reference Flatfish*
- 7 A terrestrial insect - the *Reference Bee*
- 8 A marine crustacean - the *Reference Crab*
- 9 A terrestrial annelid - the *Reference Earthworm*
- 10 A large terrestrial plant – the *Reference Pine Tree*
- 11 A small terrestrial plant - the *Reference Wild Grass*
- 12 A seaweed - the *Reference Brown Seaweed*





ICRP-114, 124, 136 & 148 - Milieubescherming

- › Referentieplanten en –dieren
 - Dosisconversiefactoren
 - ICRP-136 (2017)
- › ‘Derived consideration reference levels’
 - Dosisgebied waarbinnen schadelijke effecten zouden kunnen optreden
- › In 2021 ICRP 148 - “Radiation weighting for reference animals and plants” (RBE-factoren)

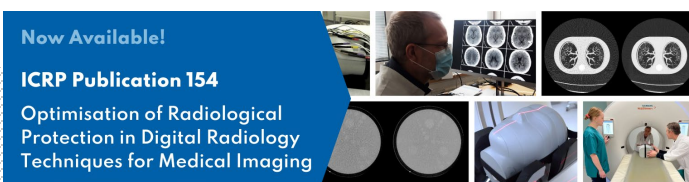


Seaweed



Ten slotte - I

- › Milieuparagraaf ICRP 103 niet opgenomen in Europese Richtlijn (EU-BSS)!
- › ICRP-119: Compendium of dose coefficients based on ICRP-60
- › Laatste jaren veel medische geörienteerde ICRP-publicaties, b.v.
 - ICRP-128 (Patient dose from Radiopharmaceuticals) – gebaseerd op ICRP-60
 - ICRP-135 (DRLs for Medical Imaging)
 - ICRP-139 (Occupational RP in Interventional Procedures)
 - ICRP-149 (RP in Brachytherapy)
 - ICRP-154 (Optimisation of RP in digital radiology techniques for med imaging)





Ten slotte – IIa ('Implementatie' ICRP-103)

- › ICRP-116 (2010): dosiscoëfficiënten voor externe bestraling
- › ICRP-130/134/137/141/151: Deel 1 t/m 5 van de nieuwe dosiscoëfficiënten (Occupational Intake of Radionuclides) – in mei '22 afgerond!
 - niet alleen vanwege w_T -waarden...
 - nieuwe metabole modellen (zie par. 10.8)
 - wijzigingen in de 'referentiemens'



Ten slotte – IIb ('Implementatie' ICRP-103)

- › ICRP-133: Computational Framework for Internal Dose Assessment for Reference Adults – SAFs
- › → basis voor nieuwe, 4^e druk Radionuclide Handbook (dec. 2020)
- › → anno 2024: externe dosis (w_T) gebaseerd op ICRP-103 en inwendige besmetting op ICRP-60
- › Nog te doen: dosiscoëfficiënten voor leden van de bevolking...
(consultatierondes waren in 2023 en 2024...)



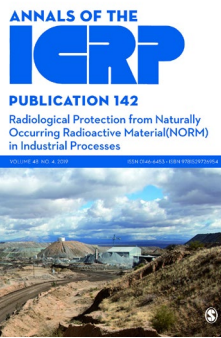


Gevolgen ICRP-103 voor $e(50)_{ing/inh}$ (werkers!)

› ICRP-137 heeft elektronische bijlage:

AMAD: 5 μm (werkers)	ICRP-60* $e(50)_{inh}$ Sv/Bq	ICRP-103 $e(50)_{inh}$ Sv/Bq	ICRP-60 $e(50)_{ing}$ Sv/Bq	ICRP-103 $e(50)_{ing}$ Sv/Bq
^{14}C (org. aerosol)	$2,0 \times 10^{-9}$	$5,8 \times 10^{-10}$	$5,8 \times 10^{-10}$	$1,6 \times 10^{-10}$
^{60}Co (oxide)	$1,7 \times 10^{-8}$	$3,1 \times 10^{-8}$	$2,5 \times 10^{-9}$	$2,5 \times 10^{-9}$
^{99m}Tc (ov)	$2,9 \times 10^{-11}$	$1,3 \times 10^{-11}$	$2,2 \times 10^{-11}$	$1,4 \times 10^{-11}$
^{125}I (I_2)	$1,4 \times 10^{-8}$	$1,3 \times 10^{-8}$	$(1,5 \times 10^{-8})$	$(1,3 \times 10^{-8})$

* ICRP-60 gegevens uit Handboek Radionucliden



Ten slotte - III

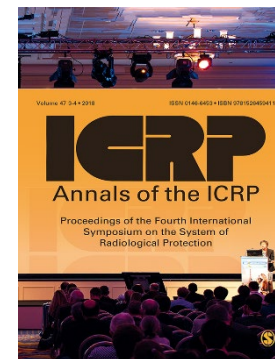
- › ICRP-142: Radiation Protection in NORM from industrial processes
 - Geïntegreerde & graduele aanpak
 - Referentieniveaus voor werknemers en bevolking (minder dan enkele mSv/j) – vraag: gaat het om geplande of bestaande situaties?
 - Radon apart behandeld:
 - referentieniveaus 100-300 Bq/m³ (ICRP-126)
 - NL (landelijk gemiddelde in woningen): 16 Bq/m³
- › ICRP-144: Dose coefficients for external exposures to environmental sources (in Sv/h per Bq/m² of Sv/h per Bq/m³)





Ten slotte - IV

- › In 2016 begin met nieuwe revisie algemene aanbevelingen (plm. 2030?); o.a. discussie over
 - Aanpassing DDREF
 - Verdwijnen equivalente orgaandosis (Sv)
 - Zie H.Slaper en T. van Dillen, Nederlands Tijdschrift voor Stralingshygiëne, Vol. 6(3), 2015, p.34
- › Eerste fase afgerond november '22
 - prioritering onderwerpen
 - zie b.v. W.Rühm et al. [J. Radiol. Prot. 43 \(2023\) 043001](#)





Ten slotte - V

- › Input vanuit Nederland bij revisie:
 - Zorg voor consistent en begrijpelijk systeem
 - Vermijd ‘over-conservatisme’ bij implementatie ALARA
 - Kijk verder dan de stralingsbescherming (‘holistic approach’)
 - Incorporeer ethische grondbeginselen in aanbevelingen

- › Alle publicaties ouder dan 2 jaar gratis te downloaden!
[Zie icrp.org](https://www.icrp.org)



rijksuniversiteit
 groningen

| 48

WEBINAR

SHAPING THE FUTURE OF RADIOLOGICAL PROTECTION: ENGAGING THE NEXT GENERATION

1-2 APRIL 2025 | 12:00 - 14:30 (UTC)

PRESENTED BY





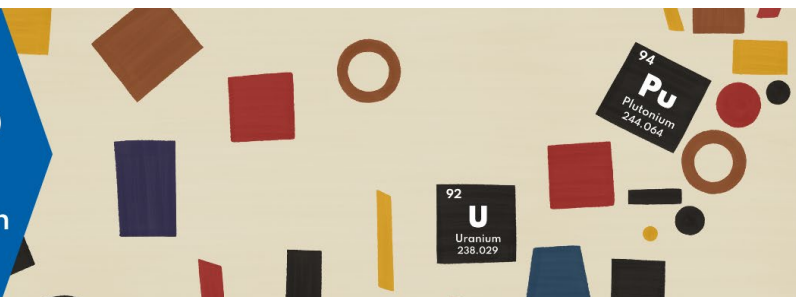
rijksuniversiteit
groningen

Vragen?

Now Available!

ICRP Publication 150

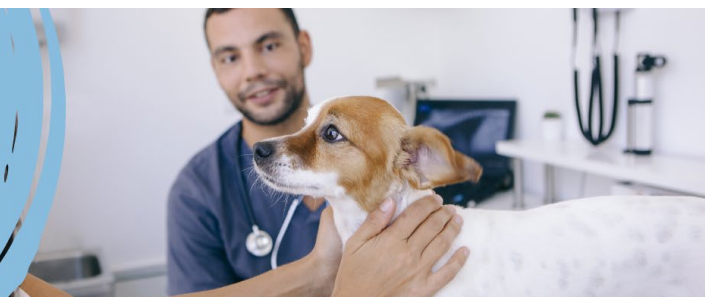
Cancer Risk from
Exposure to Plutonium
and Uranium



Open For Consultation!

Radiological Protection in Veterinary Medicine

Comment before
11 March 2022



Radiological Protection for the Next Generation

Our vision is to produce
recommendations that are easy to
understand and apply, inclusive,
and accessible to everyone.



The Future of



All presentations from the Future of RP
workshop are now available to the public!