rijksuniversiteit groningen

ICRP

International Commission on Radiological Protection

Hielke Freerk Boersma

Cursus Coördinerend SB deskundige

2 februari 2026

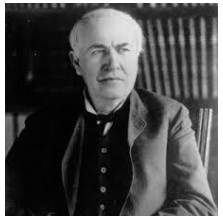
Overzicht

- Historie ICRP
- Stralingsbeschermingskader (ICRP-103)
  - *Ethische grondslagen – college Maeckelberghe*
  - Definities
  - Grondbeginselen (rechtvaardiging / optimalisatie / dosislimieten)
    - Achtergrond dosislimieten
- Milieubescherming
- Recente ontwikkelingen

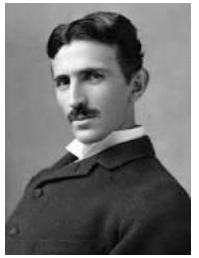
Historie



Grubbé



Edison



Tesla



Fuchs



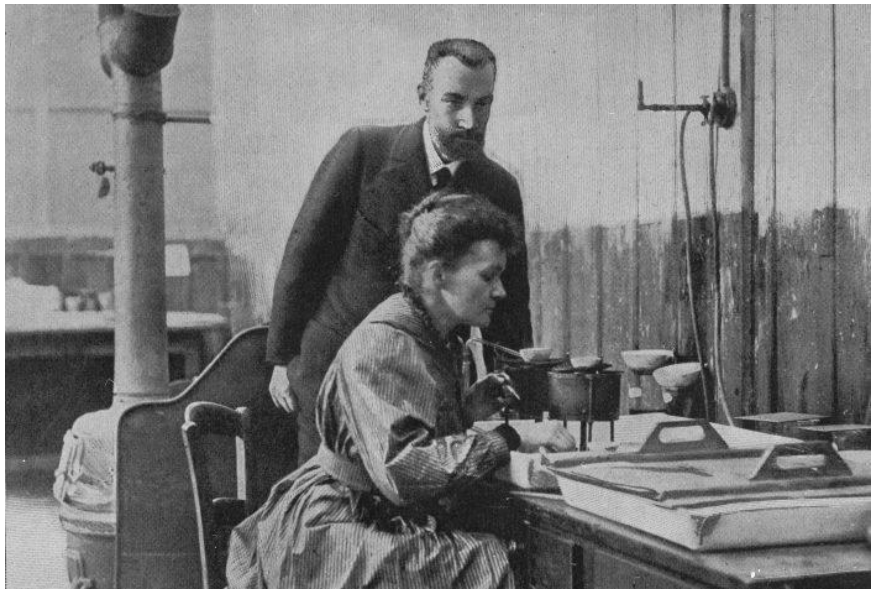
Thomson

› 1896:

- Emil Grubbé (dermatitis → 1e X-ray therapie op 29 januari 1896; 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

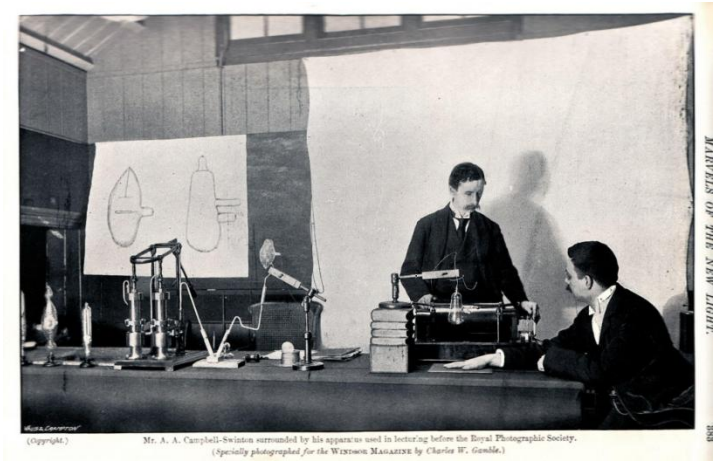




Historie

› 1896-1928:





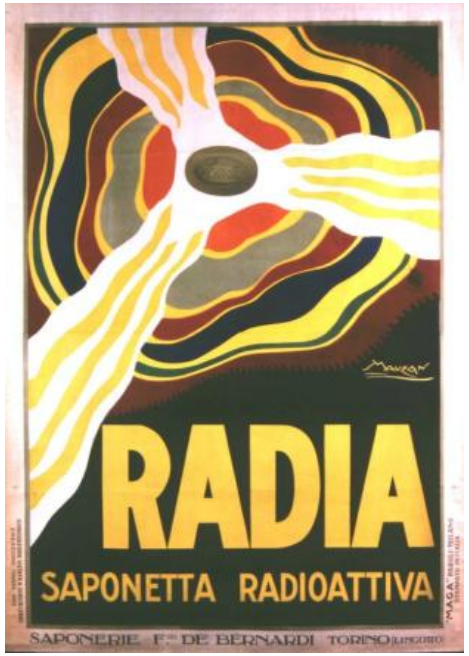
A.A.Campbell Swinton demonstrating an early X-ray tube for the Royal Photographic Society 11 Febr 1896.





Historie – maar ook:

› 1896-1928:











Historie

- 1928 Oprichting voorloper ICRP tijdens 2de International Congres 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 ≈ 150 mSv/jaar)
- 1959 Aanbevelingen ICRP-1
  - Voorkomen van stochastische (genetische) effecten (50 mSv/jaar)

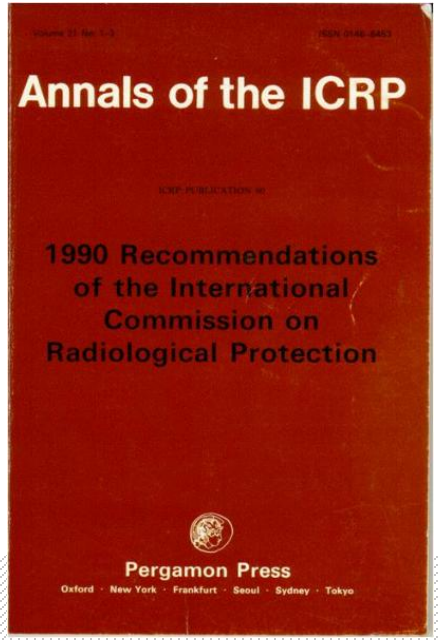


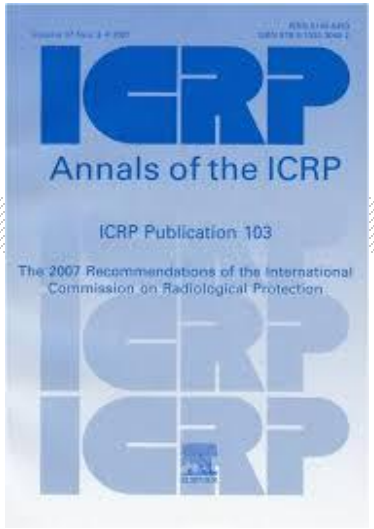
Historie

- 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

rijksuniversiteit groningen



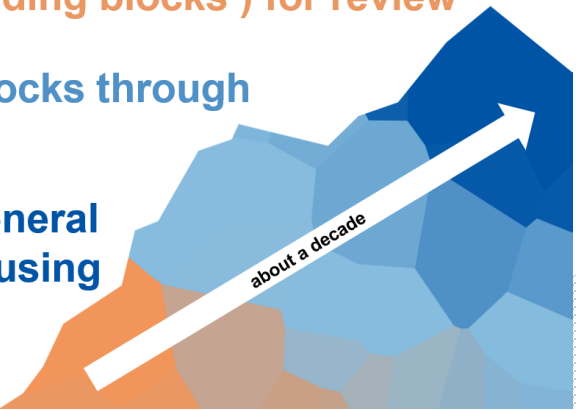
Historie

- In deze eeuw ‘stakeholder involvement’ steeds belangrijker
  - Sinds 2011 elke twee jaar een internationaal ICRP-symposium
  - Sinds 2021 input voor revisie van het sb-systeem
- In lijn met UN ‘Sustainable development goals’?
- 203X? – ICRP XXX – 4th General Recommendations

Identify topics (‘building blocks’) for review

Develop building blocks through ICRP Task Groups

Prepare the next General Recommendations using the building blocks



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') – geldt ook veelal voor blootstelling aan natuurlijke bronnen (luchtvaartpersoneel!)
- Blootstellingen in noodsituaties → acties die gevolgen van 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

Momentaan
(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 inachtname 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

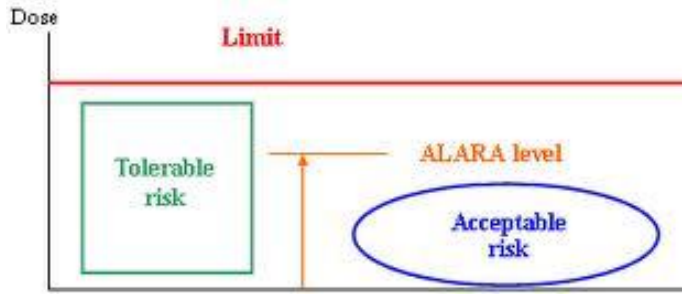
Toepasbaarheid SB-principes

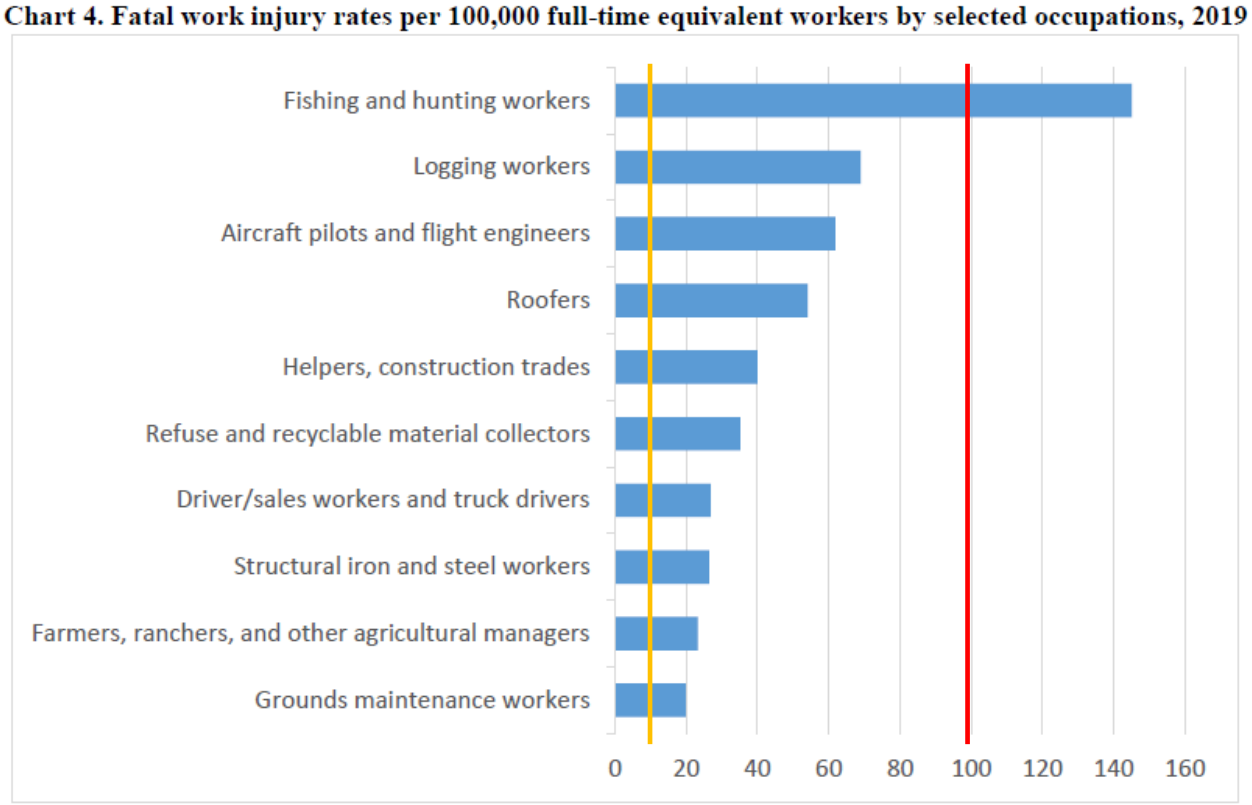
Blootstelling \	Rechtvaardiging	Optimalisatie	Dosislimieten
Werknemers	X	X	X
Patiënten	X	X	-
Leden van de bevolking	X	X	X

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)



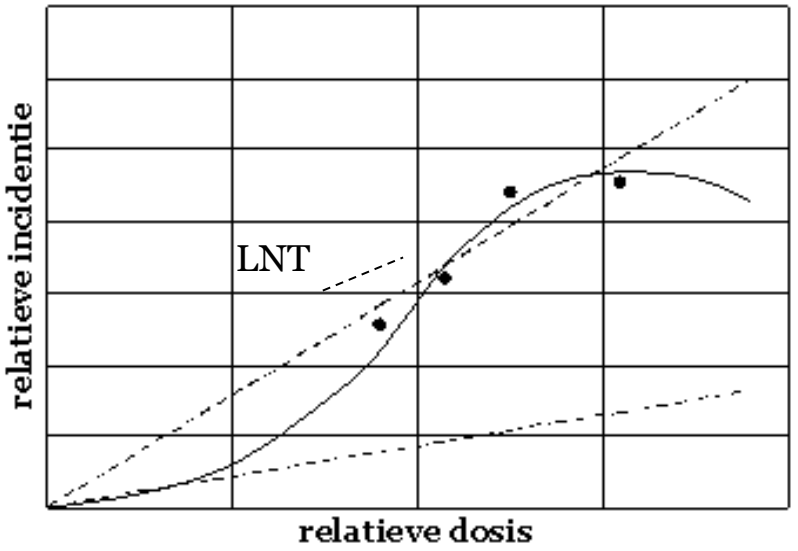


Dosislimieten werknemers: achtergronden

- 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

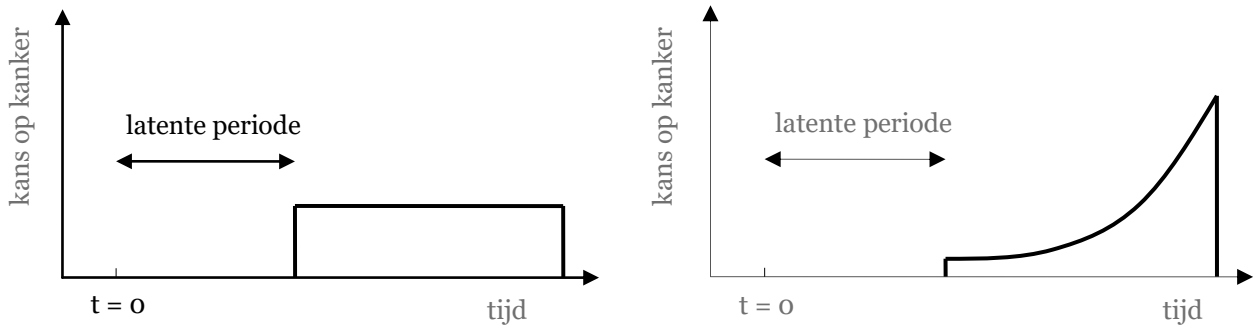


› Dose & Dose Rate Effectiveness Factor (DDREF): 2 (voor β,γ-straling)

- → risicogetal van 10%/Sv naar 5%/Sv

Dosislimieten werknemers

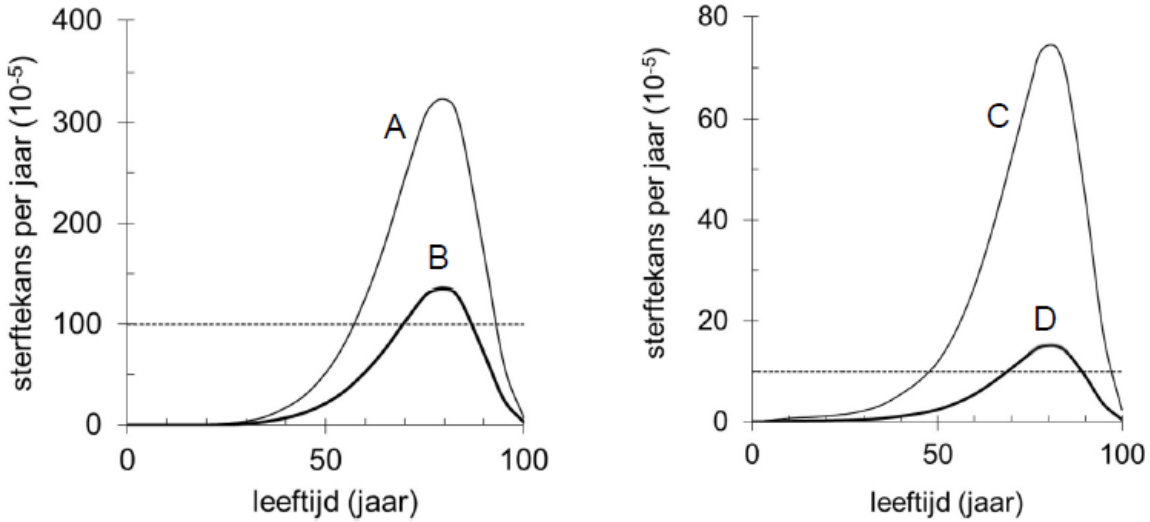
› Projectiemodellen – kans bovenop natuurlijke incidentie



Additief - Multiplicatief (ICRP-60)

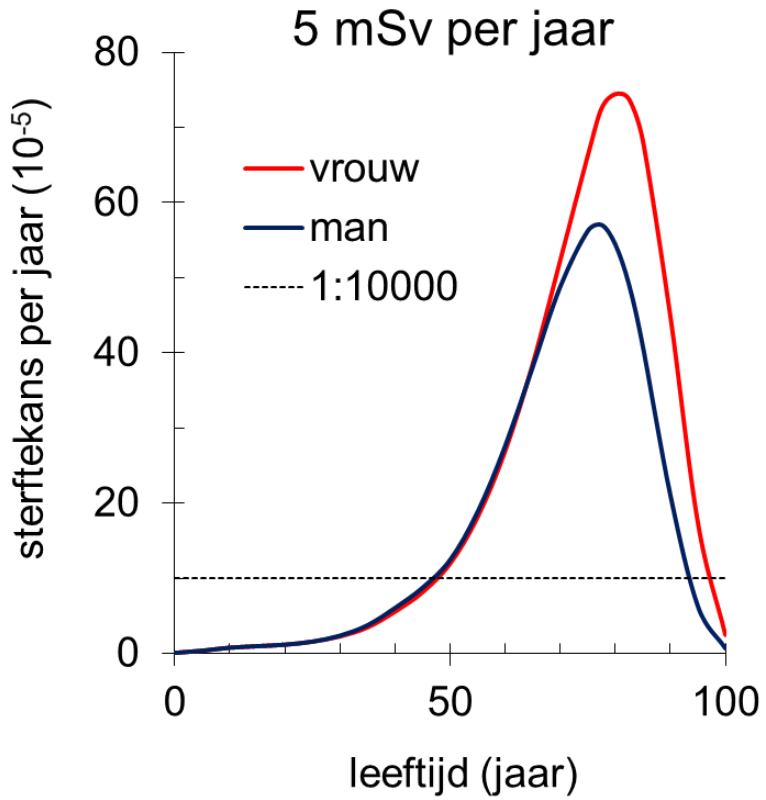
› ICRP-103: verschillend per orgaan

Dosislimieten werknemers



Risico *voor vrouwen* bij continue blootstelling aan ioniserende straling (multiplicatieve model, ICRP-60, fig. 13.3)

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 cm^2 area of skin, regardless of the area exposed’

- Zwangere vrouwen: 1 mSv gedurende resterende deel zwangerschap

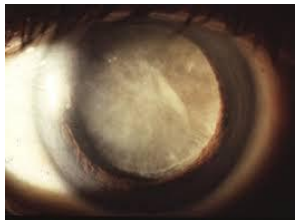
Dosislimieten werknemers

- Waarom is er alleen voor de huid (en ooglens) een limiet aan de equivalente orgaandosis?
  - a. weefselreacties kunnen alleen in huid en ooglens
  - b. stochastische effecten kunnen alleen in huid en ooglens
  - c. huid en ooglens 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)

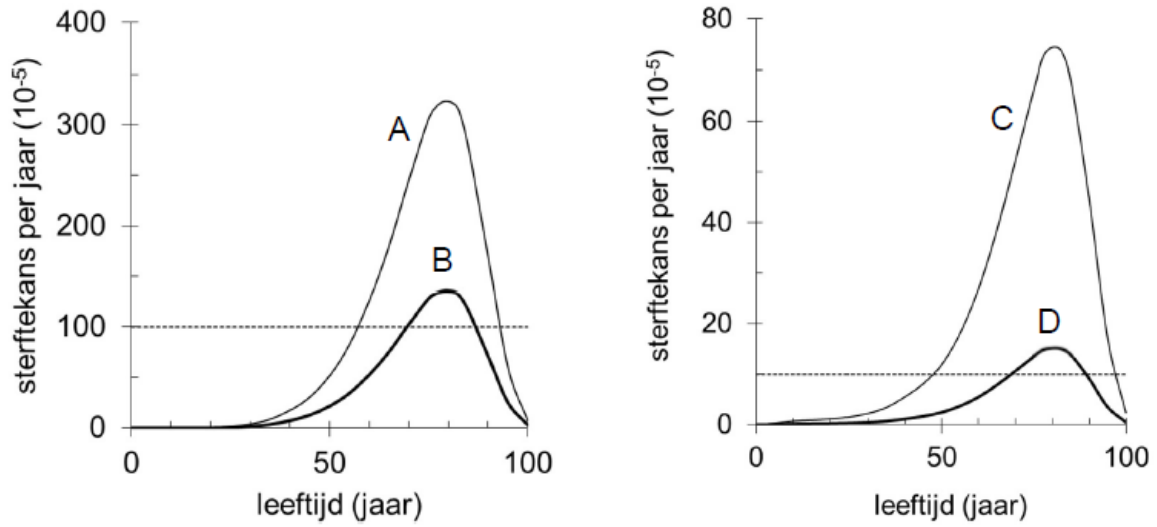


Dosislimieten bevolking

- 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. ooglens(!): 15 mSv

Risicogetal: kans op fatale kanker

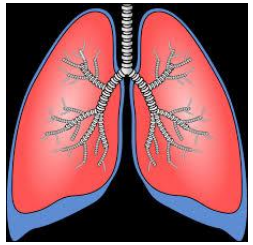
› Risicogetal: oppervlakte onder de grafiek / totale blootstelling



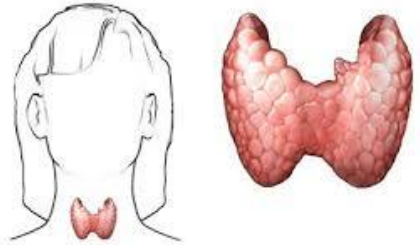
› Werkers: ruwweg 4%/Sv Leden vd bevolking: ruwweg 5%/Sv

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*.

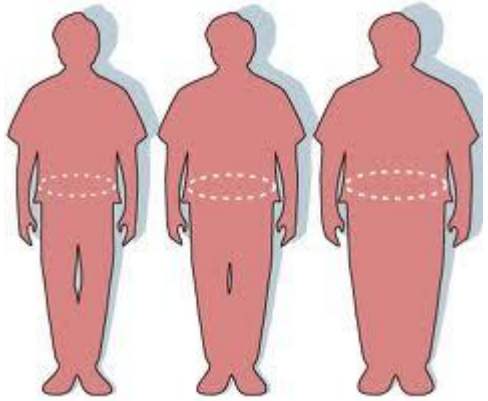
w_T: ICRP-60 → ICRP-103

- 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 × effect 
- Gericht op
  - Preventie (verlagen kans op optreden)
  - Reductie indien blootstelling zich voordoet (➔noodsituaties)

rijksuniversiteit groningen



‘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



Seaweed

Milieubescherming

- In 2021 ICRP 148 - “Radiation weighting for reference animals and plants” (RBE-factoren)
- Milieuparagraaf ICRP 103 niet opgenomen in Europese Richtlijn (EU-BSS)!

Recente ontwikkelingen - I

- 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)



Recente ontwikkelingen – IIa ('Implementatie' ICRP-103)

- ICRP-116 (2010): dosiscoëfficienten voor externe bestraling
- ICRP-130/134/137/141/151: Deel 1 t/m 5 van de nieuwe dosiscoëfficienten (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'
- ICRP-158: Deel 1 van de nieuwe dosiscoëfficienten (Environmental Intake of Radionculides – EIT) (najaar '25)

Recente ontwikkelingen– IIb ('Implementatie' ICRP-103)

- ICRP-133: Computational Framework for Internal Dose Assessment for Reference Adults – SAFs
- → basis voor nieuwe e(50), 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 – deel 2, 3, … (consultatieronde was in 2024 (2) en 2025, tot 23 jan. jl (3)…)

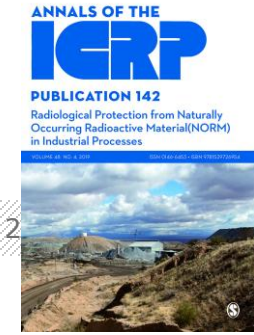


Gevolgen ICRP-103 voor $e(50)_{ing/inh}$ (werkers!)

› ICRP-137 heeft elektronische bijlage:

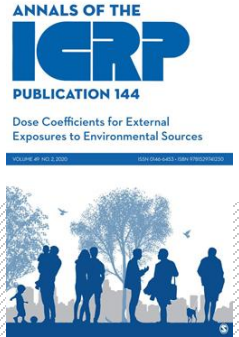
AMAD: 5 µm (werkers)	ICRP-60* $e(50)_{inh}$ Sv/Bq	ICRP-103 $e(50)_{inh}$ Sv/Bq	ICRP-60 $e(50)_{ing}$ Sv/Bq	ICRP-103 $e(50)_{ing}$ Sv/Bq
^{14}C (org. aerosol)	$2{,}0 \times 10^{-9}$	$5{,}8 \times 10^{-10}$	$5{,}8 \times 10^{-10}$	$1{,}6 \times 10^{-10}$
^{60}Co (oxide)	$1{,}7 \times 10^{-8}$	$3{,}1 \times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



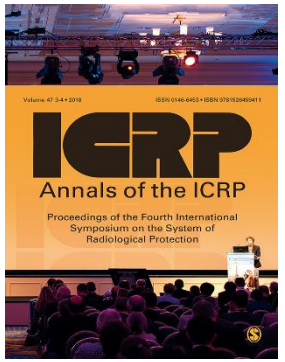
Recente ontwikkelingen - III

- 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/m^3 (ICRP-126)
    - NL (landelijk gemiddelde in woningen): 16 Bq/m^3
- ICRP-144: Dose coefficients for external exposures to environmental sources (in Sv/h per Bq/m^2 of Sv/h per Bq/m^3)



Recente ontwikkelingen - 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 gestart 2021 en afgerond november ’22
  - prioritering onderwerpen
  - zie b.v. W.Rühm et al. *J. Radiol. Prot.* **43** (2023) 043001



Recente ontwikkelingen - 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
- Tegelijkertijd: ICRP-145/156 'Mesh-type computional phantoms'
  - verdere detaillering waar mogelijk/nodig…
- Alle publicaties ouder dan 2 jaar gratis te downloaden!

  Zie icrp.org

rijksuniversiteit groningen

Vragen?

