university of groningen

Toezichthouder Stralingsbescherming Tandheelkunde – CBCT

Hielke Freerk Boersma

Groningen Academy for Radiation Protection
University of Groningen

22 mei 2025

Introductie

- Overal waar ‘tandarts’ staat worden ook kaakchirurgen & orthodontisten bedoeld
- Doelgroep
  - Tandartsen die TS THK (CBCT) willen/moeten halen
  - Tandartsen die de opfriscursus TS THK (CBCT) moeten volgen
- Voorkennis & ingangseis: TS THK (basis) of gelijkwaardig
- Cursusboek/syllabus:
  - primair geschreven vanuit rol van de *toezichthouder*
  -

Introductie - examinering

- In de examinering wordt deels ook de kennis van TS THK (basis) getoetst
  - → korte opfriscursus TS THK (basis)
- Waar nodig uitbreiding met onderdelen uit hst. 16 van het cursusboek (CBCT)
- *Individuele* uitwerking casuïstiekopdrachten

Introductie - examinering

- Zie voor details examenreglement TS THK (CBCT)
- *Examen:*
  - 20 MC vragen (20 pt) en 4 korte open vragen (20 pt, waarvan ~5 pt THK-basis en 15 pt THK-CBCT)
  - Minimum aantal punten: 22,5 pt
- Proefexamen THK (CBCT) beschikbaar in LMS
- Proefexamen THK (basis) beschikbaar

Inhoud

- Regelgeving (hst 11 t/m 13 en 16.2)
- Stralingsbescherming in de praktijk (hst 14 en 16.3)
  - Grootheden / eenheden (samenvatting hst.7)
  - Patiënt / werknemer (/omgeving)
  - Organisatie: Kernenergiewetdossier / risicoanalyse
- Eenvoudige dosisberekeningen (hst 15 en 16.4)
  - Patiënt
  - Werknemer
  - Omgeving

Regelgeving - internationaal

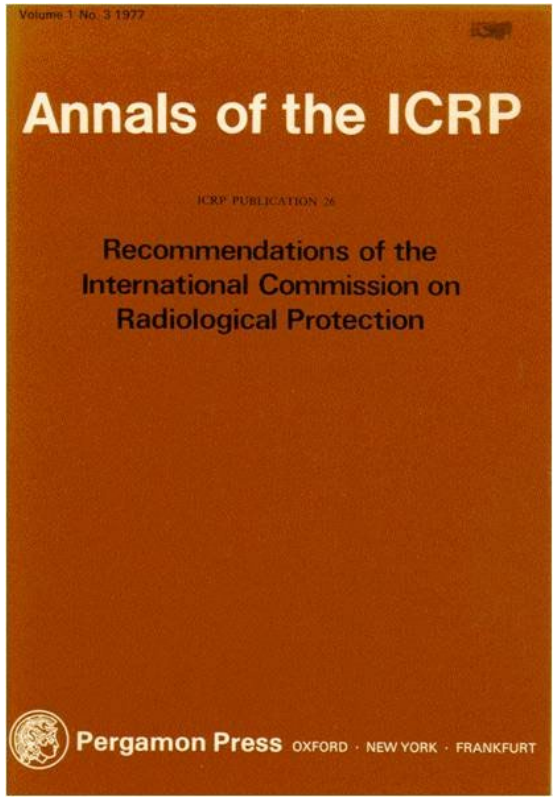
- Nederlandse regelgeving gebaseerd op Europese richtlijnen (EURATOM)
- Europese richtlijnen gebaseerd op aanbevelingen ICRP
- ICRP: basisprincipes stralingsbescherming (systeem van dosisbeperking - sinds 1990 niet fundamenteel gewijzigd)

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION

Regelgeving: systeem van dosisbeperking

Uitgangspunten (ICRP-26, 1976):

- Rechtvaardiging
- Optimalisatie / ALARA
- Dosislimieten



Regelgeving: systeem van dosisbeperking

- Rechtvaardiging in medische setting
  - Algemeen (b.v. röntgen voor diagnose)
  - (Generiek (OPG / CBCT voor diagnose)
  - Specifiek (OPG / CBCT bij deze patiënt)
    - taak van de (verwijzend) tandarts

Regelgeving: systeem van dosisbeperking

- Optimalisatie / ALARA → praktische stralingsbescherming
- Dosislimieten (zie tabel 11.1)
  - Kansgebonden effecten (kanker) – 1 tot 20 mSv (eff. dosis)
  - Niet-kansgebonden effecten – 20 tot 500 mSv (equivalente dosis)
  - Let op dosislimieten op de terreingrens (tabel 14.1)
- Dosisbeperking (plafond voor ALARA)
  - In medische setting voor patiënt: Diagnostische referentieniveaus

Kernenergiewet: hiërarchie

Wet- en regelgeving

Vergunning / registratie / kennisgeving / beschikking

Pseudowetgeving

Bijv. KNMT-richtlijn THK Radiologie

Kernenergiewet (KEW)

Koninklijk Besluit

Ministeriële Regeling (MR)

Verordening

Nederlandse wet- en regelgeving



Kernenergiewet (KEW)

Koninklijk Besluit

Ministeriële Regeling (MR)

Verordening

- Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs)
- En ook
  - Regeling basisveiligheidsnormen sb (Rbs)
  - Regeling sb beroepsmatige blootstelling ‘18
  - ANVS-verordening basisv.normen sb (Vbs)
- Toezicht door ANVS, Ned. Arbeidsinspectie (NLA) en Inspectie Gezondheidszorg en Jeugd (IGJ)
- ANVS = Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming
  - ZBO (sinds 2017)



Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming

Regelgeving – vergunning / registratie





- Voor tandheelkundige diagnostiek:
  - **CBCT** (*en 'mobiele' toepassingen*): vergunning
  - Overige toestellen: registratie = 'vergunning light'
- Bij zowel vergunnings- als registratieplichtige toestellen: vergunning voor het geheel, *dus ook voor intra-oraal & OPG*!
- Registratie via ANVS: www.autoriteitnvs.nl
- Kennisgeving bij overdracht

Regelgeving – de toezichthouder

- Altijd "*toezichthoudend medewerker stralingsbescherming voor tandheelkunde (CBCT)*" verplicht
  - (niveau 4A, 4AM of TS THK – CBCT, of hoger)
  - Schriftelijk aangewezen door ondernemer
  - Taken moeten door ondernemer zijn vastgelegd volgens ANVS.

- N.b. TS THK (basis): Toezichthouder Stralingsbescherming Tandheelkunde – basis (d.w.z. zonder CBCT)
  - TS THK (basis) – voorheen 5AM

Regelgeving – taken toezichthouder

- Uitvoeren (of laten uitvoeren) risico-analyse
  - Indeling bewaakte/gecontroleerde zone
  - Indeling Blootgestelde Werknemer
    - Categorie A/B (> 6 mSv)
    - Beheer persoonsdosimeters
- Adequate stralingsbeschermingsmaatregelen
- Voorlichting / onderricht
- Periodiek onderhoud
- Jaarlijkse rapportage aan de ondernemer





Regelgeving – SB-deskundige

- RI&E vooraf goedgekeurd door geregistreerd stralingsbeschermingsdeskundige (CD, ACD, niveau 2 of 3)
- Minstens één keer per jaar controle onder verantwoordelijkheid van SB-deskundige (periodiek onderhoud, actualiteit RI&E etc.)
- Implementatie veelal via commerciële aanbieder (praktijken) of klinisch fysicus (zkh)

Regelgeving - toestellen

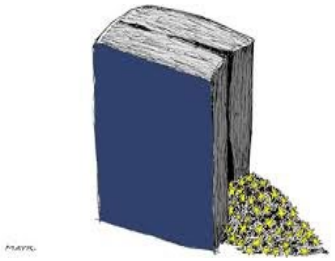
- Waarschuwingsbord



Algemene regels (zie hst.11.3) & Specifieke regels:

- Filter
- Tubus/diafragma
- Schriftelijk protocol voor elke procedure

Regelgeving – klinisch fysicus



› art. 8.14 lid 2

2. Voorts draagt de ondernemer ervoor zorg dat een klinisch fysicus:

a. nauw wordt betrokken bij radiotherapeutische handelingen, met uitzondering van standaard therapeutische nucleairgeneeskundige handelingen;

b. wordt betrokken bij standaard therapeutische nucleairgeneeskundige handelingen, alsmede radiodiagnostische en interventieradiologische handelingen met hoge doses;

c. wordt betrokken voor advies over aangelegenheden betreffende stralingsbescherming in verband met medische blootstelling bij overige medisch-radiologische handelingen.

Leidraad

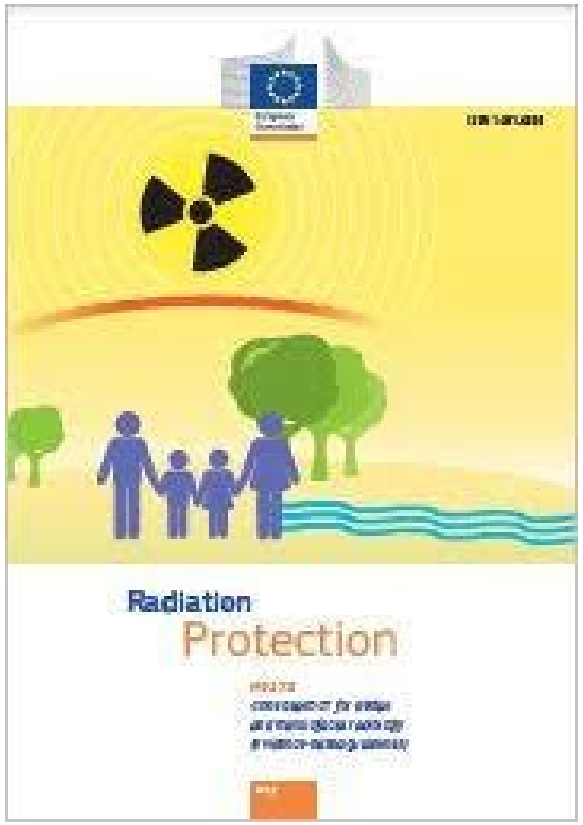
Betrokkenheid klinisch fysicus bij het gebruik van ioniserende straling in het kader van Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs)

Tabel 2. De relatie tussen betrokkenheidsniveau en de wijze van dosimetrie.

Betrokkenheidsniveau	Wijze van dosimetrie
Nauw betrokken	Individuele patiënt dosimetrie
Betrokken	Prospectieve populatie dosimetrie
Betrokken voor advies	Retrospectieve populatie dosimetrie

Aanbevelingen Sedentexct Rapport 2012

- EU Publicatie 172
- Klinisch fysicus betrokken bij acceptatie- en routinetest CBCT-apparatuur
- Dosis-oppervlakteproduct zou bij elke CBCT-opname bekend moet zijn (DOP-waarde)



Bevoegdheid op grond van TS-THK CBCT

- Houden van *toezicht* op CBCT apparatuur
  - hoeft in theorie geen tandarts te zijn – zal in de praktijk weinig voorkomen (röntgenlaboranten met 4A- of CD-opleiding?)
- *Verantwoordelijk voor tandheelkundige diagnostiek* met CBCT apparatuur *mits èn bekwaam èn BIG-geregistreerd (en dus tandarts!)*
  - uitbreiding voor vierjarig opgeleide mondhygiënisten is(/was) hierop NIET van toepassing!
  - uitvoering mag ook door assistent mits bekwaam



Regelgeving – zwangerschap

- (Verwijzend) tandarts verantwoordelijk voor specifieke rechtvaardiging
  - Informeren naar zwangerschap – *indien relevant!*
- Uit Kroatische richtlijn (2020):

  "*Pregnancy..not..contraindication for X-ray examination…*". Maar ook:

  "*In the waiting room, place a visible written warning: "If you are pregnant or think you may be pregnant or if you breastfeed, please note that ionising radiation may harm the foetus. Contact the dentist for advice.*""

Inhoud

- Regelgeving (hst 11 t/m 13 en 16.2)
- Stralingsbescherming in de praktijk (hst 14 en 16.3)
  - Grootheden / eenheden (samenvatting hst.7)
  - Patiënt / werknemer (/omgeving)
  - Organisatie: Kernenergiewetdossier / risicoanalyse
- Eenvoudige dosisberekeningen (hst 15 en 16.4)
  - Patiënt
  - Werknemer
  - Omgeving

Grootheden en eenheden

geabsorbeerde dosis = energie / massa	(D)	gray	(Gy)
equivalente (orgaan)dosis	(H_T)	sievert	(Sv)
effectieve dosis	(E)	sievert	(Sv)

$H_T = w_R \times D_T$ w_R = stralingsweegfactor; $w_R = 1$ voor röntgenstraling

$E = \Sigma_T w_T \times H_T$ w_T = weefselweegfactor $\Sigma_T w_T = 1$

‘vuistregel’: bij uniforme bestraling van hele lichaam met röntgenstraling zijn geabsorbeerde, equivalente en effectieve dosis numeriek gelijk

1 mSv = 0,001 Sv 1 µSv = 0,001 mSv = 0,000 001 Sv

Grootheden en eenheden – weefselweegfactoren (w_T)

orgaan	w_T
borstweefsel	0,12
beenmerg	0,12
dikke darm	0,12
longen	0,12
maag	0,12
gonaden	0,08

orgaan	w_T
blaas	0,04
lever	0,04
slokdarm	0,04
schildklier	**0,04**
hersenen	**0,01**
huid	0,01
speekselkl.	**0,01**
botoppervlak	0,01
overige org.	0,12

overige organen (13)	
mondslijmvlies	**0,009**
extrathor. deel long	0,009
spieren	0,009
bijnieren	0,009
hart	0,009
…	

Grootheden en eenheden

$H_T = w_R \times D_T$ w_R = stralingsweegfactor; $w_R = 1$ voor röntgenstraling

$E = \Sigma_T w_T \times H_T$ w_T = weefselweegfactor $\Sigma_T w_T = 1$

bij bestraling van b.v. één orgaan met röntgenstraling zijn

geabsorbeerde & equivalente dosis numeriek gelijk, maar effectieve dosis niet!

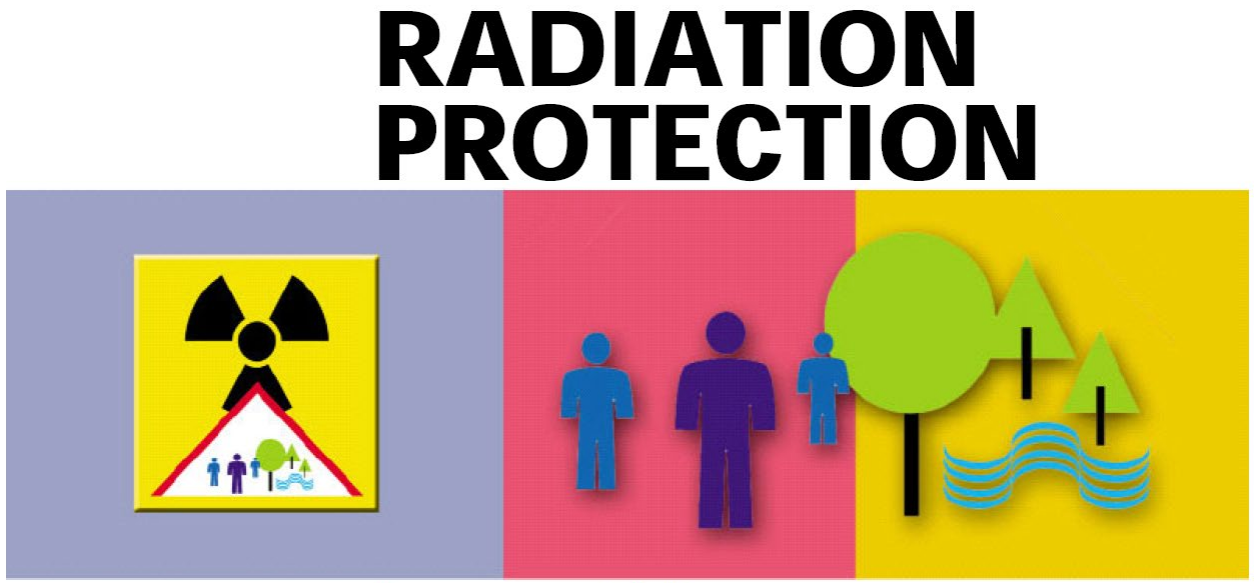
Vb: stel intreedosis (geabsorbeerde huiddosis) is 1 mGy waarbij alleen speekselklieren en mondslijmvlies in directe bundel liggen

equivalente speekselklierdosis = 1 mSv

effectieve dosis = (0,01 + 0,009) x 1 = 0,019 mSv ~ 20 µSv

Praktijk – de patiënt

› EU publicatie ‘Radiation Protection 136’ (2003)



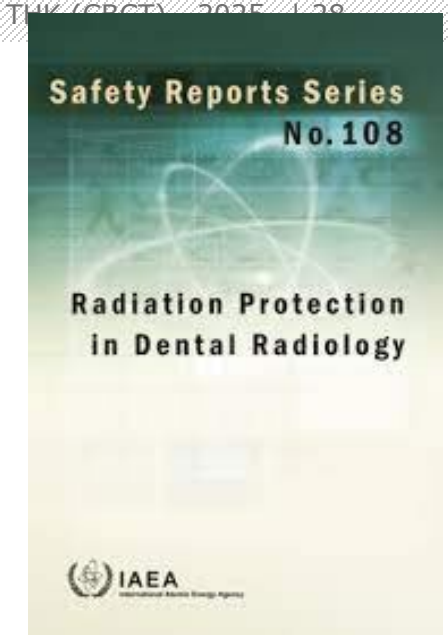
European guidelines
on radiation protection in dental radiology

The safe use of radiographs
in dental practice

Praktijk – de patiënt

- Diagnostische referentieniveaus (DRN, Eng: DRL)
  - Hulpmiddel bij optimalisatie
  - Niet voor individuele patiënten
  - Niet erg praktisch bij intra-oraal en OPT
    - Advies RP136: minstens ééns per 3 jaar door klinisch fysicus als deel van de kwaliteitscontrole
    - Maar: voor CBCT ‘gemakkelijker’ toegankelijk via DOP-waarde!

Praktijk – de patiënt



- Diagnostische referentieniveaus (DRN, Eng: DRL)
  - Veel info / referenties: zie IAEA SRS-108 (2022)
  - Voor intra-oraal intreedosis: 0,7-3,7 mGy (Tsapaki, 2017)
    - richtwaarde: 1 mGy
  - Voor OPG
    - voorheen vaak ‘dosis-lengte-product’ als maat (mGy.mm)
    - in de orde van 65 mGy.mm (vanaf plm ‘99!)
    - nu meestal DOP-waarde (in mGy·cm²)
    - richtwaarden 35 – 100 mGy·cm²

V. Tsapaki, Physica Medica 44 (2017), p.222-226

Praktijk – de patiënt

- Diagnostische referentieniveaus CBCT:
  - Uitgedrukt in DOP-waarde in (mGy·cm²)
  - Waarde sterk afhankelijk van benodigde detail
  - Richtwaarden (tabel 16.2, IAEA SRS-108)

voorafgaand aan de plaatsing van een implantaat in de bovenkaak	300 - 400 mGy·cm²
ter beoordeling van de relatie tussen de verstandskies en het mandibulair kanaal	300 - 400 mGy·cm²
beeldvorming van bijholten (niet bij trauma)	1200 mGy·cm²

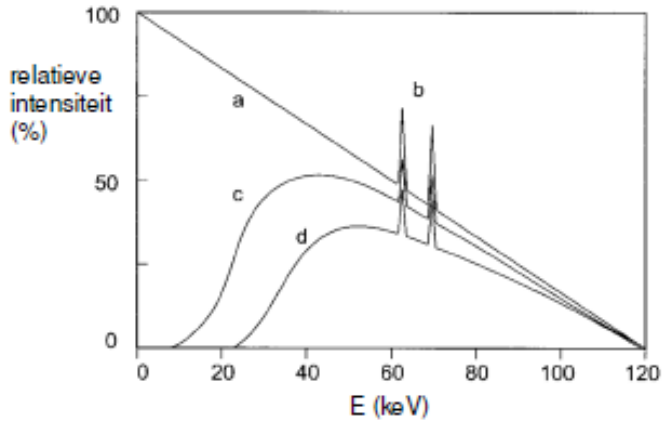
Praktijk – de patiënt

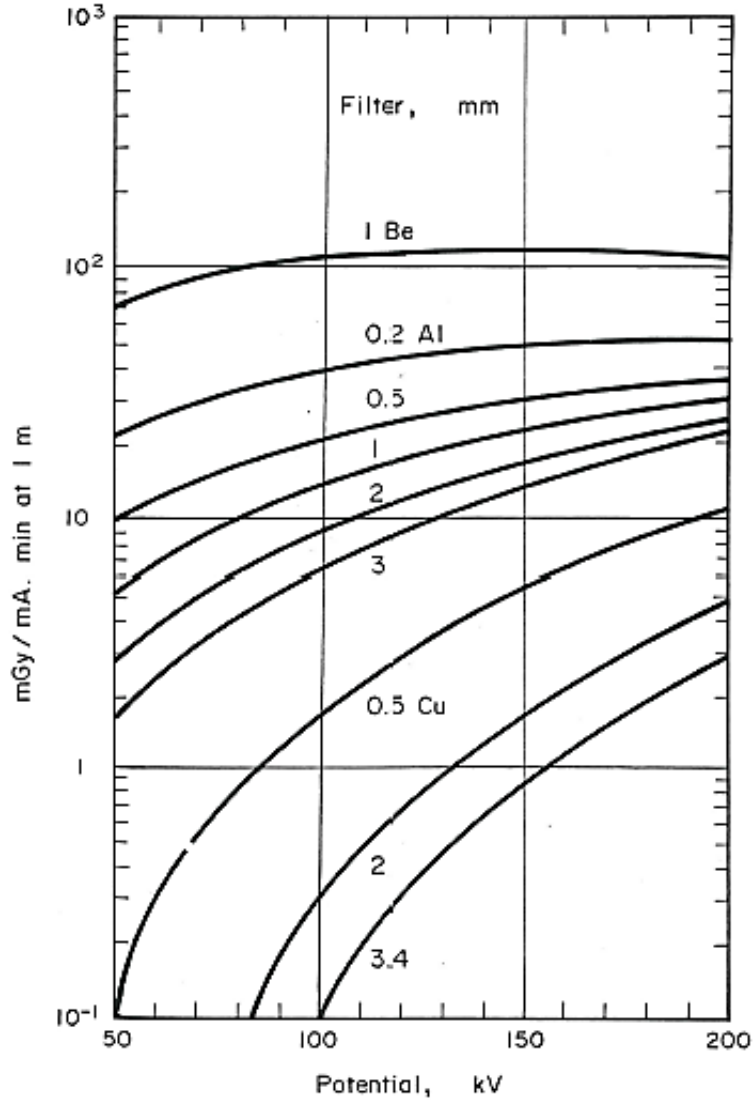
- Stralingsbelasting voor de patiënt hangt af van
  - Buisoutput
  - Overdracht röntgenbuis – patiënt
  - Beeldverwerking
  - Bescherming patiënt



Praktijk – de patiënt

- Buisoutput
  - kV
  - Filter: zie hst 5.1
  - mAs: evenredig met buisstroom (mA) en belichtingsduur (s)

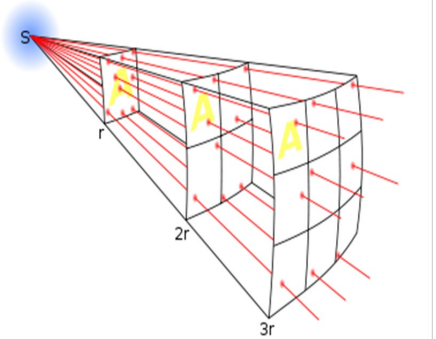




Praktijk – de patiënt: overdracht buis - patiënt

- Intra-oraal
  - huid-focus afstand (HFA)
  - Vorm tubus
  - Veldgrootte





- CBCT
  - Veldgrootte (Field-of-view, FOV)

zie syllabus

Physica Medica 88 (2021) 193–217

Zie voor meer details mbt invloed instelparameters CBCT: college Age Froma

Praktijk – de patiënt

- Bescherming van de patiënt – waar geef je je geld aan uit?
  - Loodschort

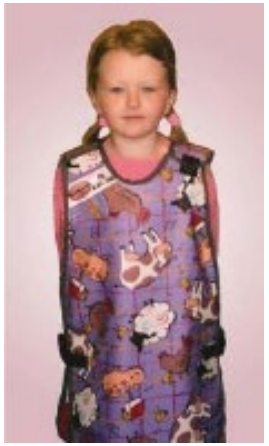


  - Schildklierkraag



Praktijk – de patiënt

- Bescherming van de patiënt
  - Loodschort – geen/nauwelijks effect
  - Schildklierkraag
    - Zie Pauwels et al. Dentomaxillofac Radiol. 2019 Oct; 48(7):
      - Bij kinderen
      - Ook bij volwassenen tot plm 50 jaar
      - 0,25 mm Pb & pasvorm
      - Zorg ervoor dat er geen effect op buisstroom etc is!

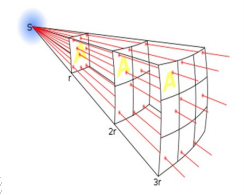


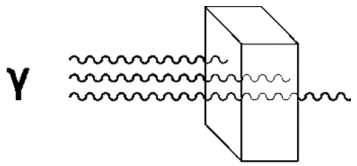


Praktijk – de werknemer



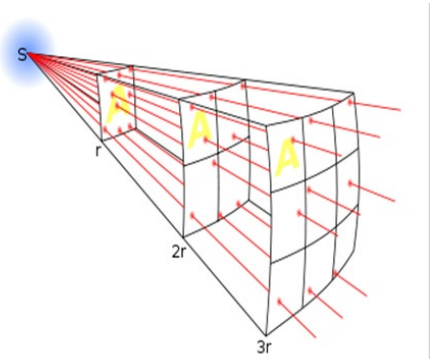
- Vooraf: voldoende instructie
- Bescherming volgens arbeidshygiënische strategie:
  1. Maatregelen aan de bron
  2. Maatregelen in de overdracht bron-werknemer
  3. Persoonlijke beschermingsmaatregelen
- Ad 1: Buisspanning, -stroom, filter, belichtingsduur,
- Ad 2: Veldgrootte (FOV), afstand en afscherming
-





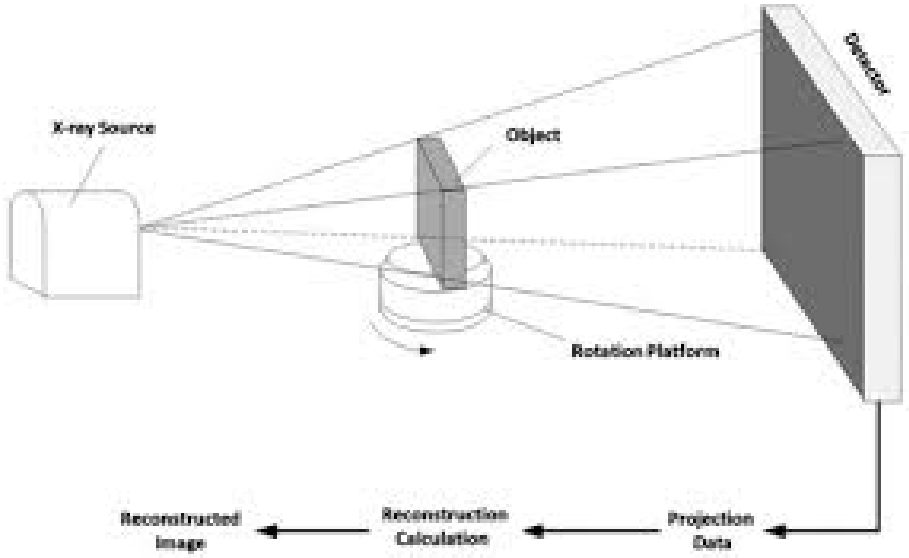
Intermezzo: de DOP-waarde

- Voordeel patiënt:
  - in één getal invloed intreedosis (‘bron’) en veldgrootte
  - goede maat om DRN’s mee te bepalen
- Voordeel werknemer (& omgeving)
  - in één getal brongegevens & veldgrootte
  - grootte *onafhankelijk van de afstand* bron – patiënt!
    - vereenvoudigt berekening strooistraling aanzienlijk
    - voorwaarde: bestralingsveld valt volledig op de patiënt



Praktijk – de werknemer & vooral omgeving

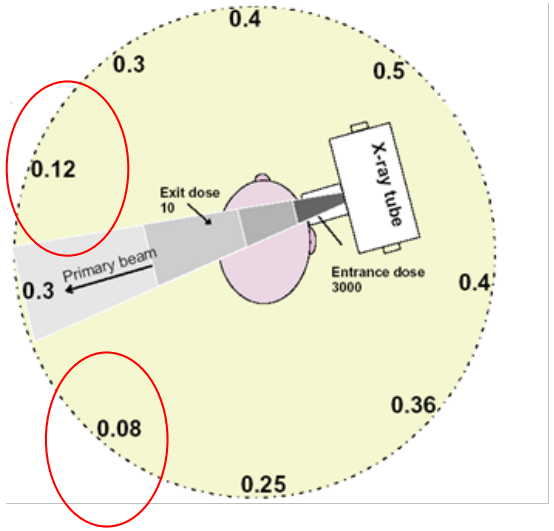
- Directe bundel speelt geen rol
  - weggevangen door detector
- Alleen verstrooide straling



Praktijk – de werknemer

- Verstrooide straling hoogst aan de kant waar bundel patiënt raakt
- CBCT?



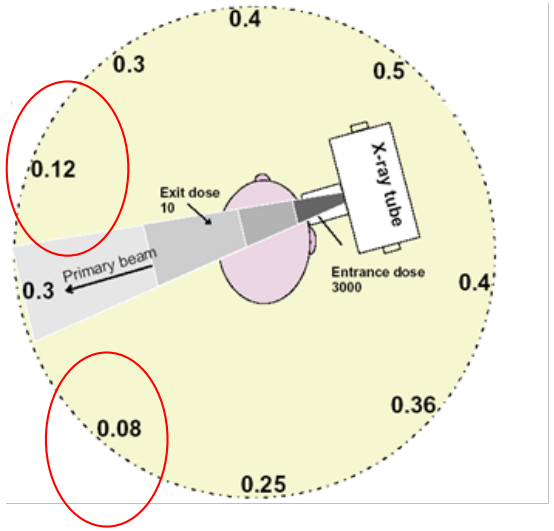


Praktijk – de werknemer

- Verstrooide straling hoogst aan de kant waar bundel patiënt raakt



- CBCT: maakt niet uit als gantry over 360° roteert



De praktijk - werknemer

- Beschermingsmiddelen
  - Loodschort??
  - Schildklierkraag???

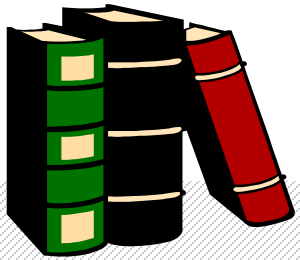


Inhoud

- Regelgeving (hst 11 t/m 13 en 16.2)
- Stralingsbescherming in de praktijk (hst 14 en 16.3)
  - Grootheden / eenheden (samenvatting hst.7)
  - Patiënt / werknemer (/omgeving)
  - Organisatie: Kernenergiewetdossier / risicoanalyse
- Eenvoudige dosisberekeningen (hst 15 en 16.4)
  - Patiënt
  - Werknemer
  - Omgeving

Kernenergiewetdossier

- Bedrijfsgegevens
  - ~~Registratie/~~Vergunning
  - Diploma/aanwijzing (incl. taken toezichthouder)
  - Plattegrond
  - Protocollen/instructies
  - Overeenkomst SB-deskundige



- Technische gegevens
  - Merk,type,bouwjaar, buisspanning
  - Exacte locatie
  - Risico-analyse
  - Acceptatietest / periodieke controles

Kernenergiewetdossier

- Inspecties leggen nadruk op
  - Inzichtelijk & overdraagbaar dossier
  - Kwaliteit risicoanalyses (RI&E)
  - Periodieke kwaliteitscontroles
  - …
- KNMT: praktijkrichtlijn Tandheelkundige Radiologie, o.a. voor kwaliteitscontrole
  - meest recente versie: juli 2018 (rev. sinds ‘24 in progress)

knmt

KNMT-RICHTLIJN
TANDHEELKUNDIGE RADIOLOGIE

Intermezzo – landelijke inspecties 2022 (ANVS/SZW)

- Geen of onjuiste registratie/vergunning
- Geen SB Deskundige, of toezichthouder – onvoldoende bijgeschoold
- Röntgentoestel vrij te bedienen of vrij toegankelijk



- Jaarrapportage toezichthouder voldoet niet aan de eisen
  - uitgevoerde taken
  - wijzigingen in de organisatie
  - incidenten



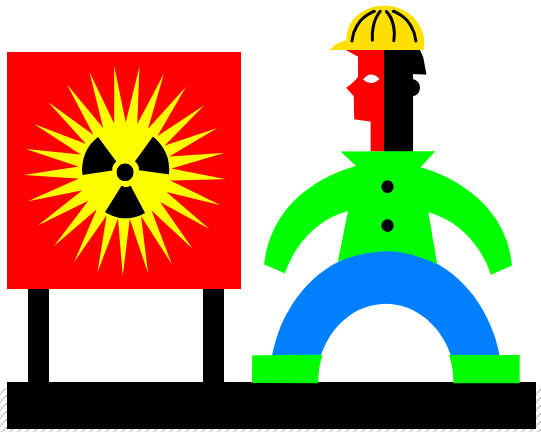


Risico-inventarisatie & -evaluatie (RI&E)

- Regeling SB beroepsmatige blootstelling 2018
  - Risico-identificatie (uitgangspunten)
  - Risico-berekening
  - Risico-evaluatie (consequenties)
- Zie MR-SZW art. 2.1 en bijlage A

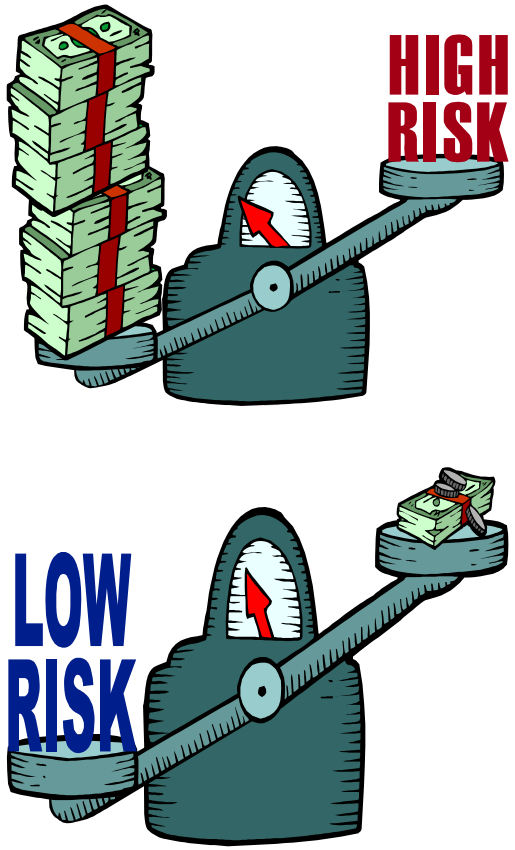
Risico-inventarisatie & -evaluatie (RI&E)

- In de praktijk: dosisberekeningen
  - Werknemers in röntgenkamer
  - Personen in aangrenzende ruimtes
  - Omgeving (hoewel NLA dat liever apart ziet)
- Reguliere handelingen en incidenten



RI&E

- Evaluatie
  - Toetsing aan limieten
  - Indeling (blootgestelde) werknemers
  - Zonering
  - ALARA-maatregelen



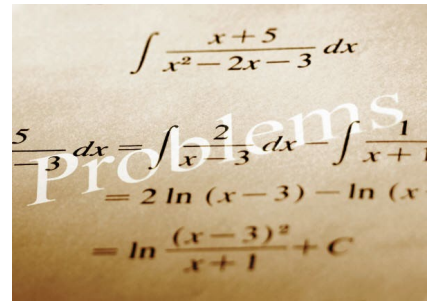
Inhoud

- Regelgeving (hst 11 t/m 13 en 16.2)
- Stralingsbescherming in de praktijk (hst 14 en 16.3)
  - Grootheden / eenheden (samenvatting hst.7)
  - Patiënt / werknemer (/omgeving)
  - Organisatie: Kernenergiewetdossier / risicoanalyse
- Eenvoudige dosisberekeningen (hst 15 en 16.4)
  - Patiënt
  - Werknemer
  - Omgeving

RI&E – Uitgangspunten dosisberekeningen

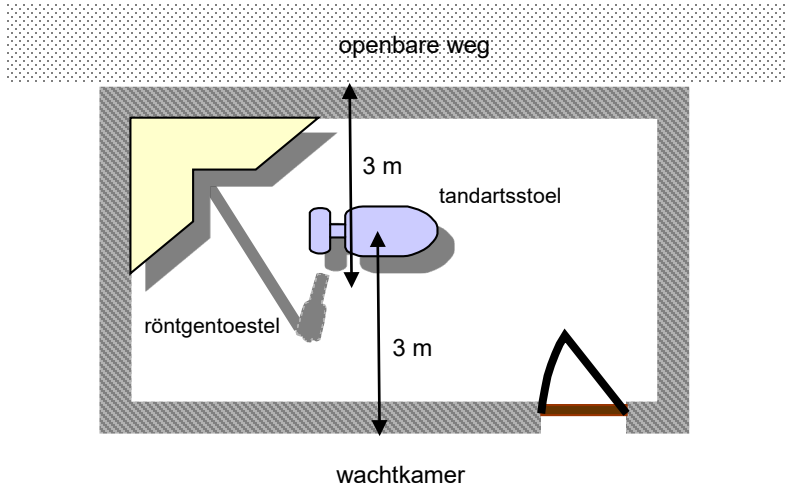
- Intra-oraal
  - voor tandarts/assistent: geen blootstelling aan directe bundel
  - voor overige werknemers & omgeving: blootstelling aan directe bundel **niet** uitgesloten
- Overige toepassingen
  - voor alle werknemers & omgeving: geen blootstelling aan directe bundel
    - detector houdt (restant) directe bundel volledig tegen

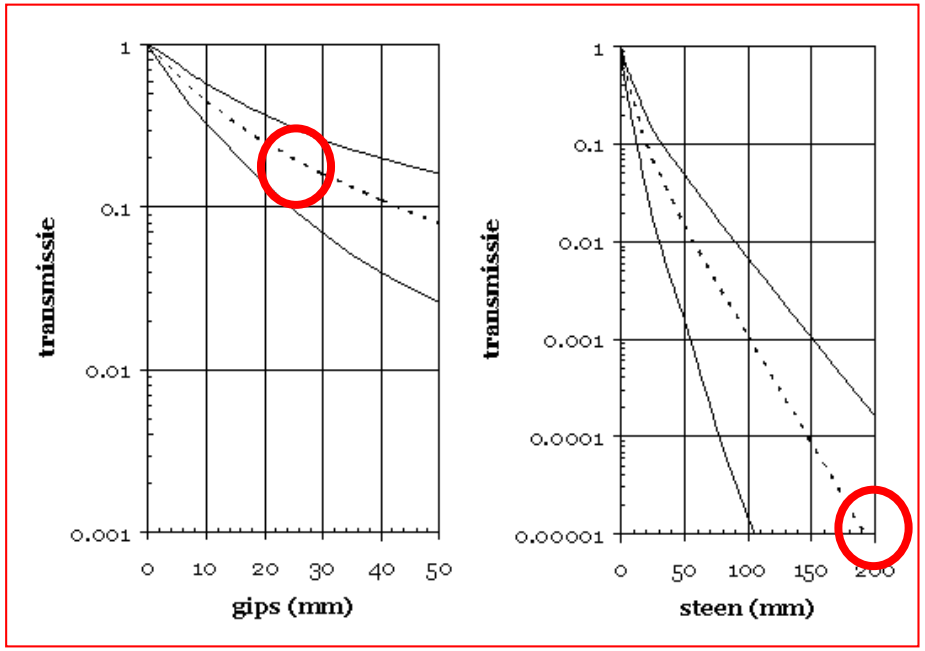
RI&E – dosisberekeningen (**THK basis**)



- Input
  - Output röntgenbuis o.b.v. kV (buisspanning) en mAs (buisstroom × belichtingsduur)
  - Veldgrootte
  - Huid-focus afstand
  - Aantal opnamen per jaar
  - Afstand tot naastgelegen ruimtes en terreingrens
  - Dikte afschermingen

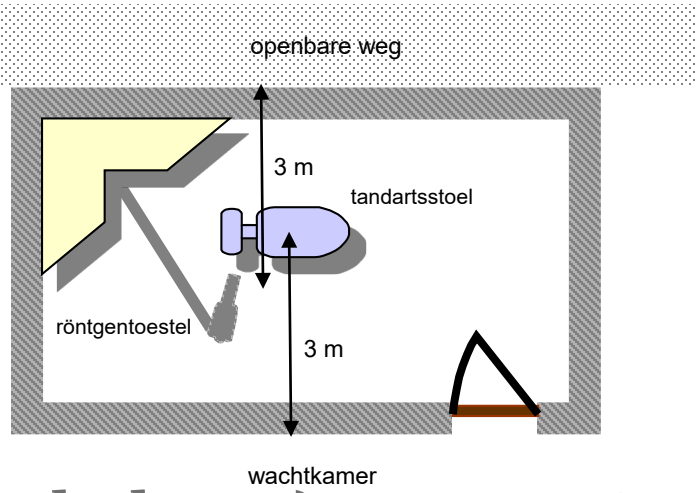
Dosisberekening intra-oraal





- Gegevens:
  - Buisspanning: 70 kV; filtratie 2 mm Al
  - Belichting: 1,6 mAs (in de praktijk vaak rond 1 mAs)
  - N=2000, r = 3 m; Afscherming 25 mm gips / 20 cm steen
  - → T = 0,2 (gips-wachtkamer) (fig. 15.1) & 0,00001 (steen-omgeving)

Dosisberekening – wachtkamer

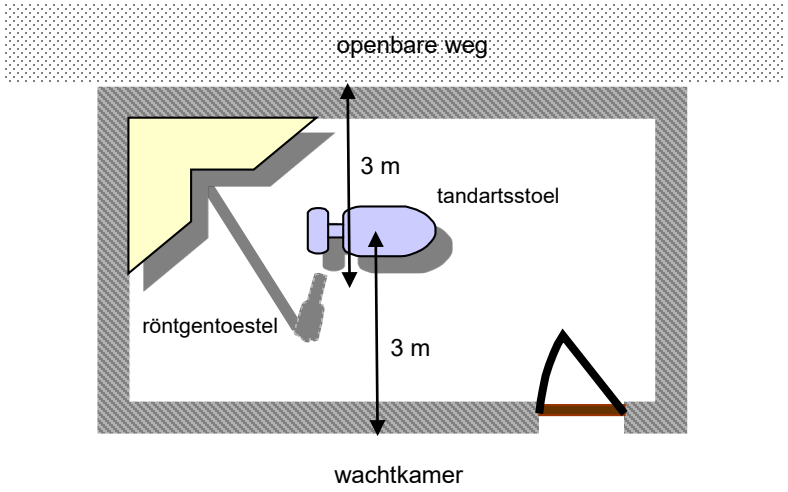


$H(1) \times N \times T / r^2$

- Output (tabel 15.1): 0,09 mSv per mAs op 1 m
- ➔ H(1) = 0,09 mSv/mAs × 1,6 mAs = 0,14 mSv
- E = 0,14 × 2000 × 0,2 / 3^2 = 6 mSv/j (!)
  - → daar moet iets aan gebeuren…

buisspanning	*filter (aluminium)*		
	1 mm	*2 mm*	*3 mm*
50 kV	0,09	0,05	0,03
70 kV	0,15	0,09	0,06
90 kV	0,20	0,13	0,09

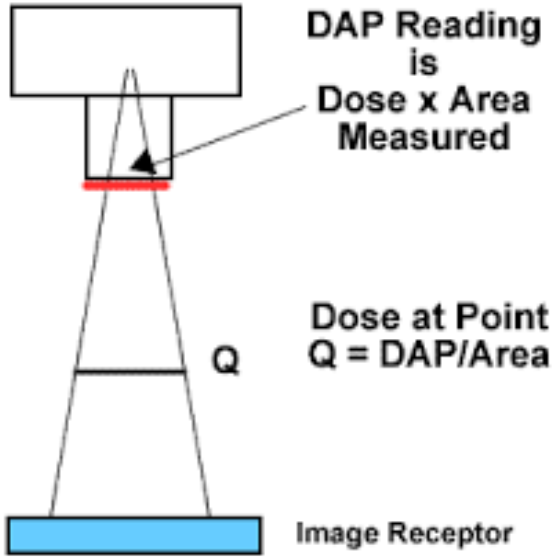
Dosisberekening – omgeving



$H(1) \times N \times T / r^2$

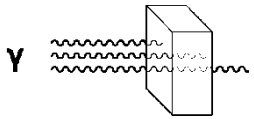
- $E = 0{,}14 \times 2000 \times 0{,}00001 / 3^2 = 0{,}3\ \mu Sv/j$

RI&E – dosisberekeningen **CBCT**



- Input
  - DOP-waarde
    - intreedosis D = DOP / Oppervlakte
    - aannames D ~ H(organen), en
    - bestraling gedurende hele opnameduur
  - Aantal opnamen per jaar
  - Afstand tot naastgelegen ruimtes en terreingrens
  - Dikte afschermingen

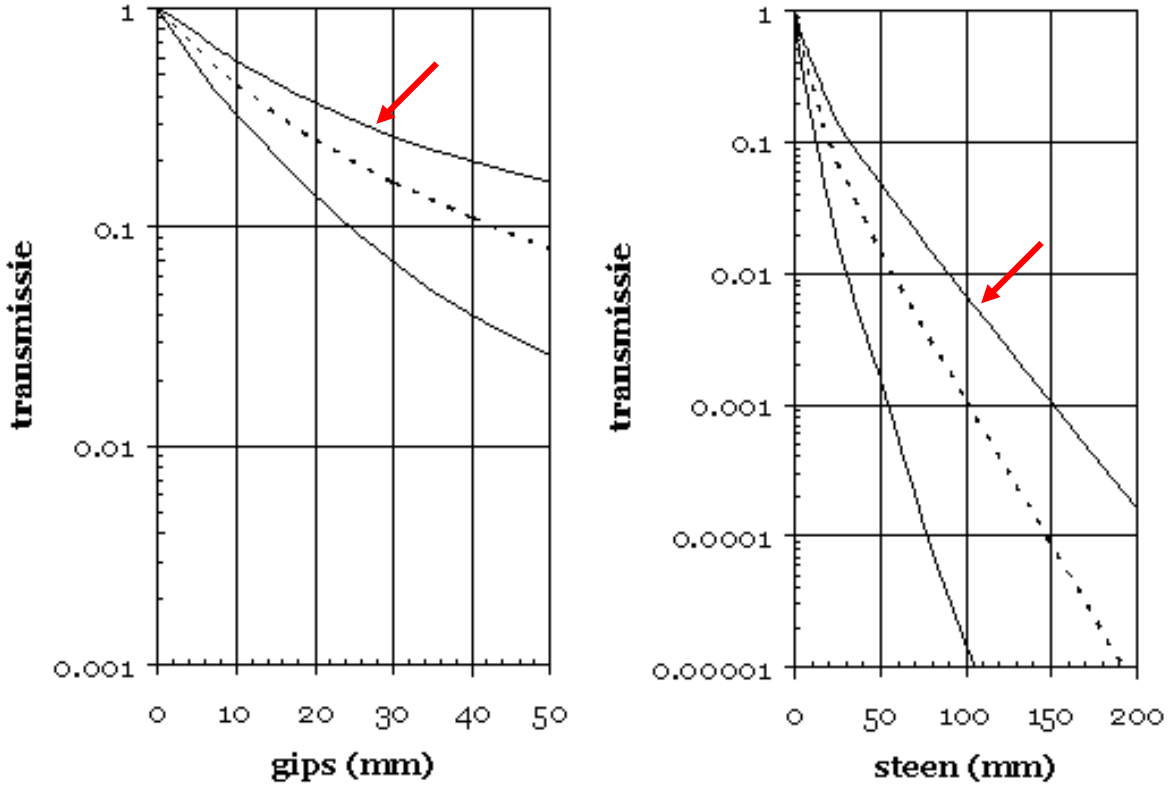
Dosisberekeningen - transmissie



- Buisspanningen meestal tussen 80 – 120 kV
  - verstrooide straling lager energetisch → gebruik van transmissiecurves van 90 kV is voldoende conservatief
  - meerdere afschermingen: gebruik alleen kleinste T (eveneens conservatief)

Dosisberekening - transmissiecurves

› Buisspanning:
  • 90 kV (boven)



Dosisberekening – vuistregel voor patiënten



- Effectieve dosis voor patiënt
  - Intra-oraal: enkele µSv / opname
  - OPG: max. 10 µSv/opname
  - CBCT: varieert van enkele µSv tot enkele 100 µSv/opname!

Dosisberekening – patiënten (CBCT)

- Stel veldgrootte 5 cm x 5 cm = 25 cm²
- DOP-waarde: 300 mGy·cm²
- Intreedosis D = 300 / 25 = 12 mGy
- Aanname bestraalde organen:
  - speekselklieren (w_T = 0,01)
  - mondslijmvlies (w_T = 0,009)
- $E = \sum w_T \cdot H_T = w_R \cdot \sum w_T \cdot D_T$

  → $E = 1\ Sv/Gy \times (0{,}01 + 0{,}009) \times D \sim 0{,}24\ mSv$ (!)

orgaan	*weefselweegfactor* w_T
rode beenmerg	0,12
schildklier	0,04
slokdarm	0,04
botoppervlak	0,01
hersenen	0,01
huid	0,01
speekselklieren	0,01
mondslijmvlies	0,009 a)
extra-thoracaal longweefsel	0,009 a)

a) $1/13 \times w_{overig}$

Dosisberekening – patiënten (CBCT)

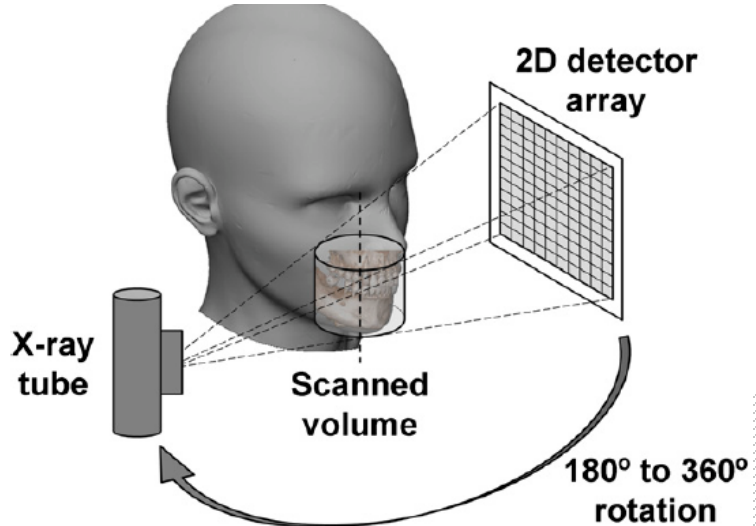
Conversiefactoren DOP-waarde → effectieve dosis (ref.25 in cursusboek)

- Grote veldgroottes: 0,1 µSv per mGy·cm²
- Kleine veldgroottes: 0,2 µSv per mGy·cm²

- Voorbeelden
  - DOP-waarde = 1.200 mGy·cm² leidt tot E = 120 µSv
  - DOP-waarde = 300 mGy·cm² leidt tot E = 60 µSv

Dosisberekening – werknemers & omgeving

- Vuistregel: verstrooiing is 1 ‰ van invallende dosis op 1 m van 100 cm² verstrooiend oppervlak
- $H_{strooi} = H_{huid}(mSv) \times \left[\frac{oppervlak\ (cm^2)}{100\ (cm^2)}\right] \times \frac{1}{1000} \times geometriefactor$
- Gantry draait over (180 –) 360 graden: geometriefactor ~ 0,5
  - ‘zichtbaarheid’ verstrooide oppervlak



Dosisberekening werknemer & omgeving

- $H_{strooi} = H_{huid}(mSv) \times \left[\frac{oppervlak\ (cm^2)}{100\ (cm^2)}\right] \times \frac{1}{1000} \times geometriefactor$
- H_{huid} is numeriek gelijk aan D = DOP / Oppervlakte
  - en 1/1000 mSv = 1 µSv, geometriefactor = 1/2
- **Jaardosis: E (in µSv) = $\frac{DOP\ (in\ mGy \cdot cm^2)}{2 \times 100\ cm^2} \times N \times T / r^2$**

- N = aantal opnames per jaar
- r = afstand tot hoofd patiënt (in m)
- T = transmissie (bepalen uit grafieken bij 90 kV)

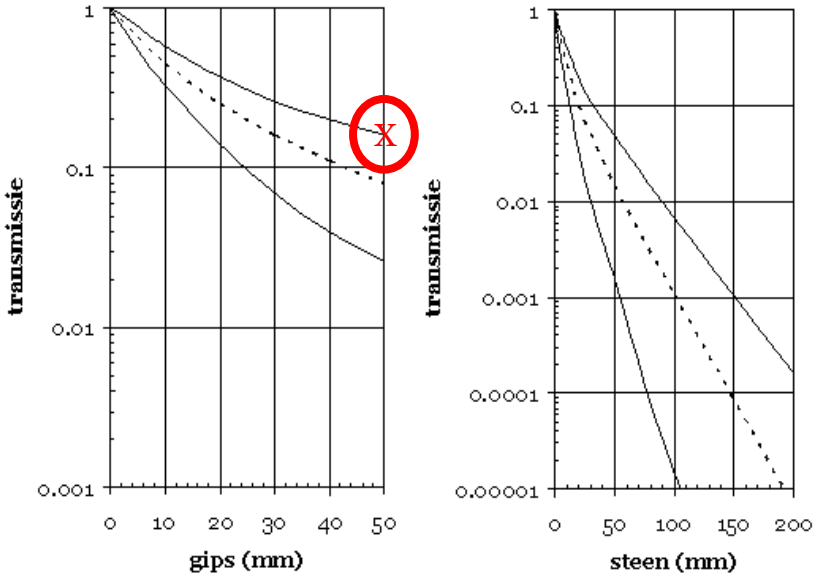
Dosisberekening - werknemers

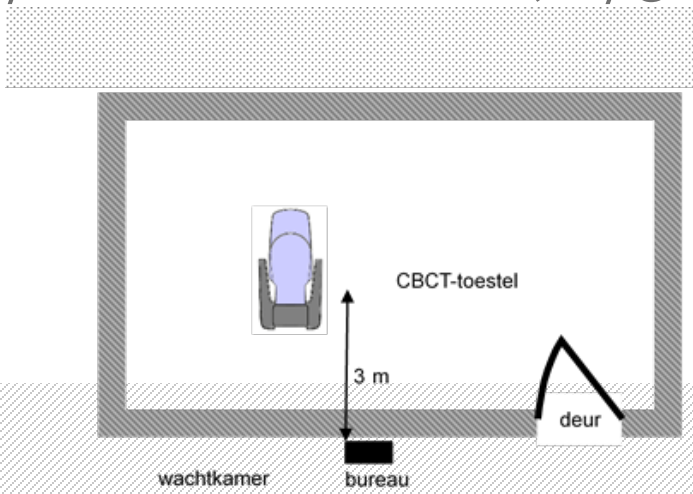
- Assistent: r = 1 m, geen afscherming
- 500 CBCT opnamen per jaar
- gemiddelde DOP-waarde 600 mGy.cm²
- ➔ N = 500, T = 1
- Jaardosis = 600/200 × N × T / r² = 1.500 µSv = 1,5 mSv
- → blootgestelde werknemer!

$$E\ (\text{in } \mu Sv) = \frac{DOP\ (\text{in } mGy \cdot cm^2)}{200} \times N \times T / r^2$$

Dosisberekening – werknemers & wachtkamer

- Assistent / receptionist: r = 3 m, achter gipswandje (5 cm)
- N = 1000 CBCT opnamen
- gemiddelde DOP-waarde 800 mGy.cm²
- T = 0,2
- E = 800/200 × 1.000 × 0,2 /3² ~ 90 µSv

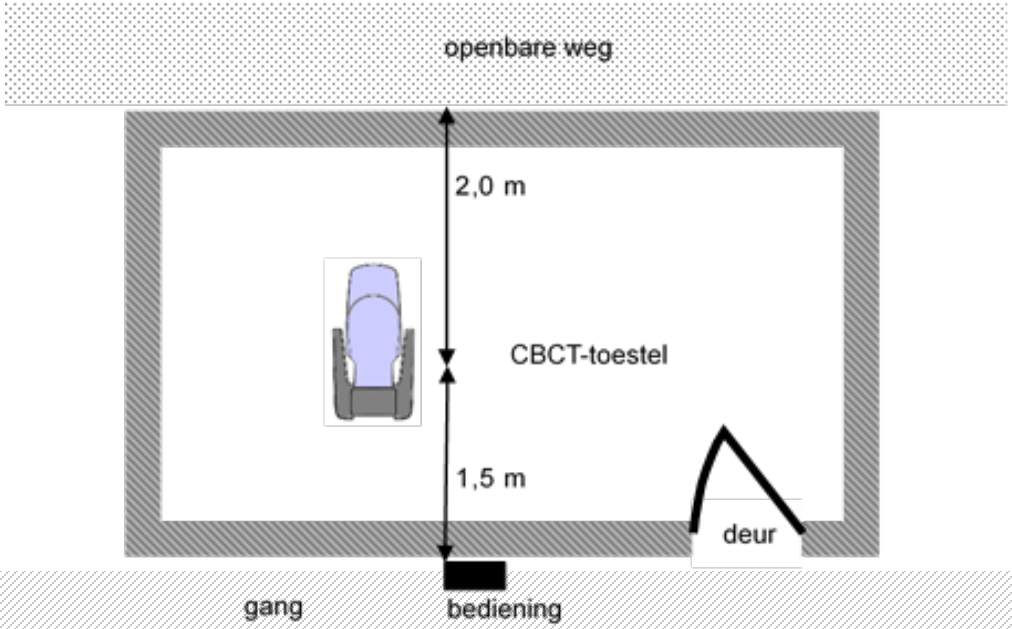




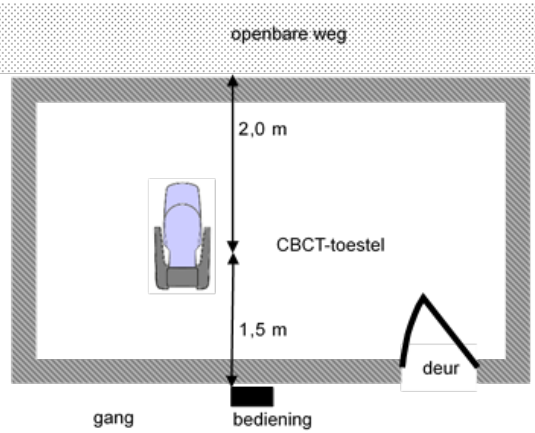
$$E\ (\text{in } \mu Sv) = \frac{DOP\ (\text{in } mGy \cdot cm^2)}{200} \times N \times T / r^2$$

Dosisberekening – opdracht 1

- Wat is de jaardosis van een assistent die voor alle foto's direct buiten de röntgenkamer staat, op 1,5 m van de patiënt?
- De 'equivalente' looddikte van de muur röntgenkamer bedraagt 1 mm

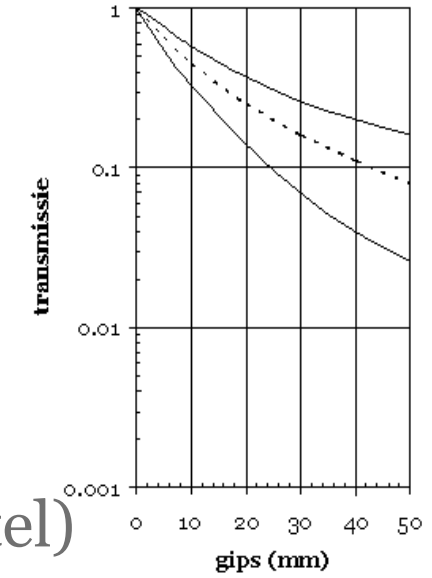


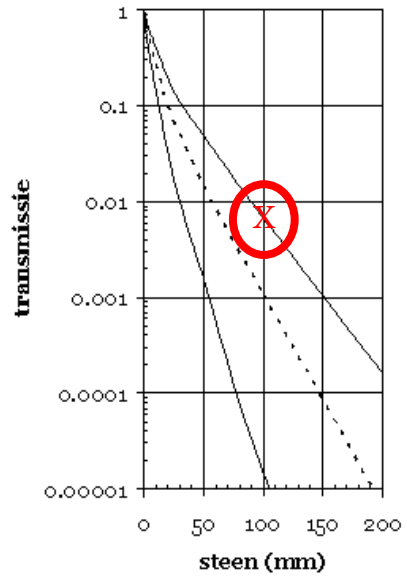
university of groningen



Dosisberekening – omgeving

- afstand terreingrens: r = 2 m,
- enkelsteens muur (10 cm)
- N = 1000 CBCT opnamen
- gemiddelde DOP-waarde 800 mGy.cm²
- T = 0,007
- E = 800/200 × 1.000 × 0,007 /2² ~ 7 µSv
- → << 100 µSv (limiet *vergunningplichtig* toestel)
- → terreingrensdosis in de praktijk geen probleem
- …tenzij er 'gewoon' glas is gebruikt

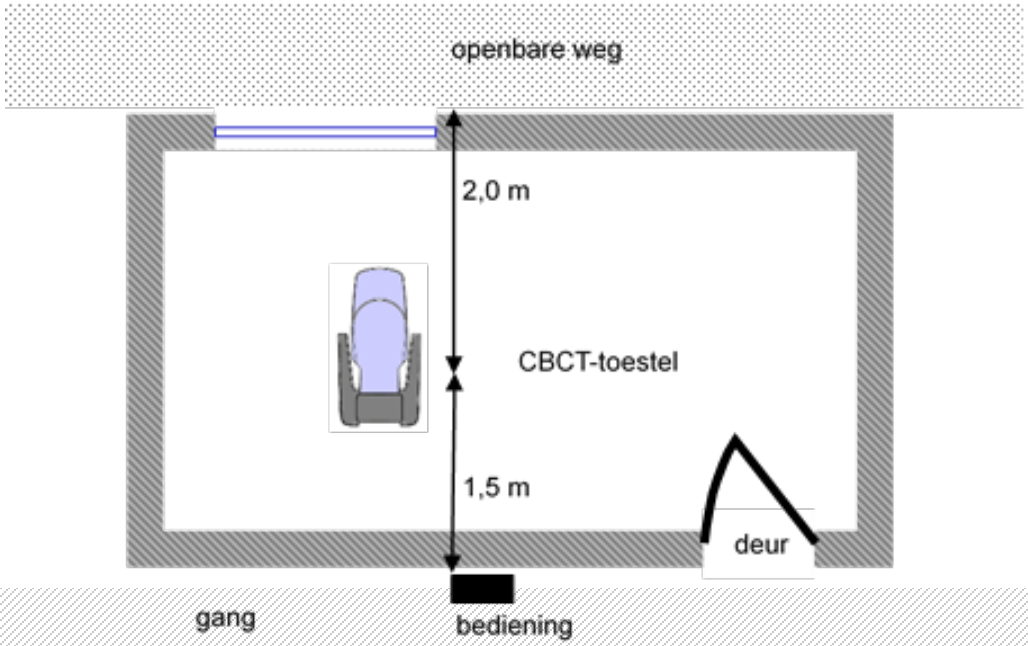




$$E\ (\text{in } \mu Sv) = \frac{DOP\ (\text{in } mGy \cdot cm^2)}{200} \times N \times T / r^2$$

Dosisberekening – opdracht 2

- De röntgenkamer grenst aan de straatkant en heeft een raam.
- Herhaal de berekening voor de terreingrens en bepaal of aan de dosislimiet wordt voldaan.



Dosisberekening – verschil CBCT vs intra-oraal

- Tandarts/assistent
  - intra-oraal: 1 µSv per opname op 1 m afstand (strooistraling)
  - CBCT: via DOP-waarde (strooistraling)

- Overige werknemers èn omgeving
  - intra-oraal: in principe blootstelling door *directe* bundel mogelijk
  - CBCT: via DOP-waarde (strooistraling)

Dosisberekening – verschil CBCT vs intra-oraal

- Tandarts/assistent
  - intra-oraal (in µSv): $1\ \mu Sv \times N \times T / r^2$
  - CBCT (in µSv): $\frac{DOP\ (in\ mGy \cdot cm^2)}{2 \times 100} \times N \times T / r^2$

- Overige werknemers èn omgeving
  - intra-oraal (in µSv): $H(op\ 1\ m,\ in\ \mu Sv) \times N \times T / r^2$
  - CBCT (in µSv): $\frac{DOP\ (in\ mGy \cdot cm^2)}{2 \times 100} \times N \times T / r^2$

Dosisberekening – potentiële blootstelling

- Scenario?
- Bij groot FOV opname op 0,5 m naast patiënt staan?
  - $E = \frac{1200\ \text{mGy}\cdot\text{cm}^2}{200} \times N \times T / r^2 = 6 \times 1 \times 1 / (0{,}5)^2 = 24\ \mu\text{Sv}$
- Let op: voor patiënt kunnen gevolgen groter zijn!



Dosisberekening incident – opdracht 3

- ‘Normaal’ protocol: 5 cm × 5 cm FOV, DOP-waarde 400 mGy.cm²
- Diafragma wordt 20 cm × 20 cm
- Belangrijke organen in directe bundel (hersenen, schildklier, enz)
- Wat is effectieve dosis voor patiënt door deze fout?

university of groningen



Dosisberekening – tot slot

- Toetsing *na sommatie* van alle toestellen
- Berekeningen veelal zeer conservatief door o.a. (zie 15.8 & 16.4.5)
  - verwaarlozen absorptie in weefsel (intra-oraal)
  - variaties in ‘bestralingsgeometrieën’ (intra-oraal)
  - conservatieve belichtingsaannames (intra-oraal)
  - verwaarlozen 2^{e} afscherming
  - gebruik van transmissiecurves voor directe bundels voor verstrooide straling
  - organen maar deels (in tijd en/of ruimte) in directe bundel (CBCT)

Vragen?

