

KOMPJUTERIZOVANA TOMOGRAFIJA

Osnovne teme

- ✓ **CT oprema i tehnologije**
- ✓ **Pravila zaštite od zračenja i operacionalna razmatranja**
- ✓ **Kriterijumi kvaliteta CT slike**

Ciljevi

- Razumevanje principa rada i tehnologije konstrukcije CT
- Sticanje znanja koja će omogućiti primenu principa zaštite od zračenja u CT skeniranju
- Osposobljavanje za projektovanje mera zaštite
- Sticanje znanja o specifičnostima Kontrole kvaliteta CT
- Sticanje znanja o dozimetrijskim veliinama, mernim jedinicama i merilima koji se koriste u CT (Dozimetrija)

Istorijat CT

- Kompjuterska tomografija (CT) je uvedena u kliničku praksu 1972. godine sa ciljem dobijanja visokokvalitetne slike poprečnih preseka tela
- **1979. Haunsfild i Kormak:Nobelova nagrada za medicinu**

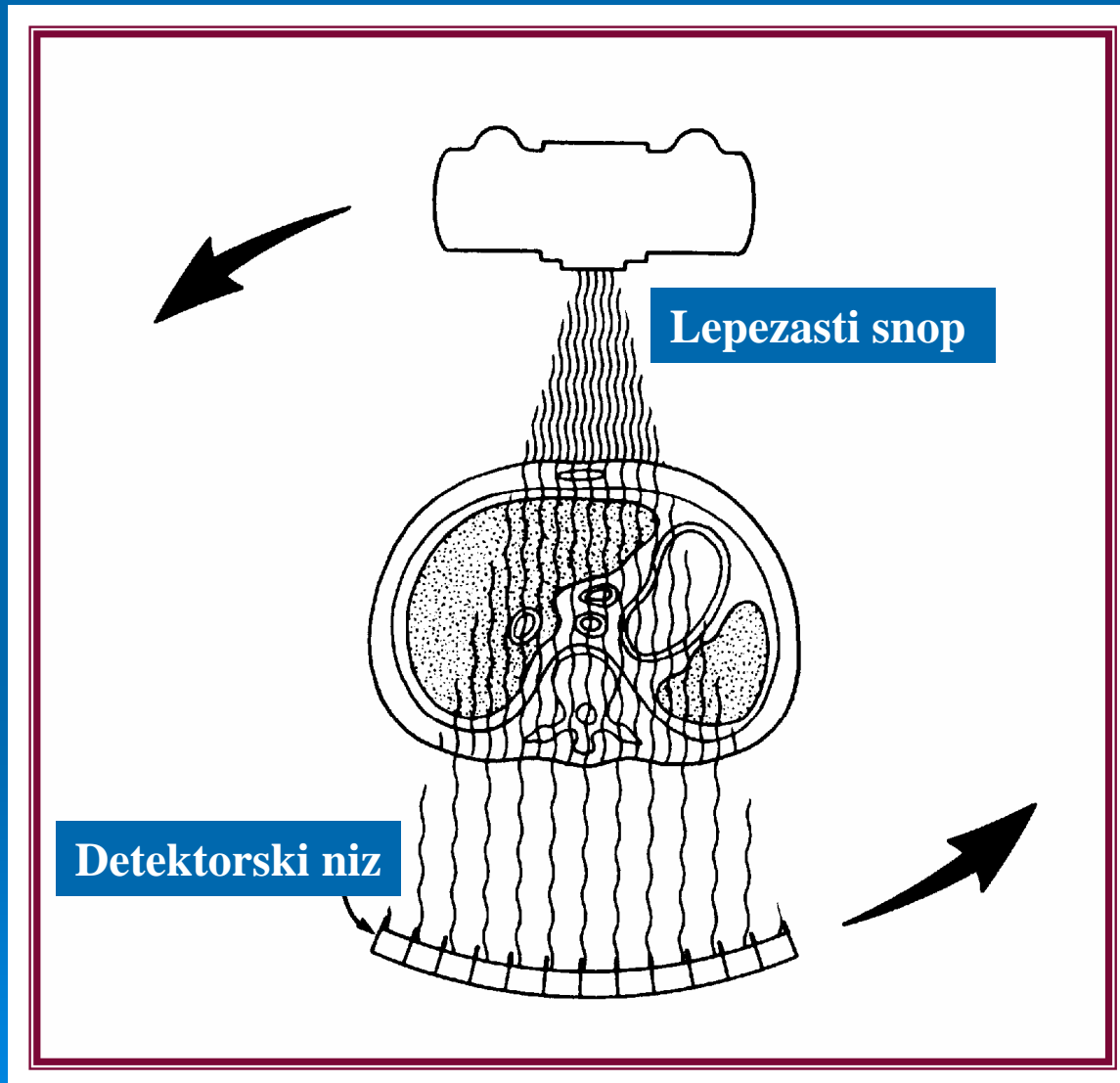
CT oprema i tehnologije

- Tkiva nisu predstavljena isto kao na konvencionalnim projekcijama
- Tehnika nudi poboljšanje **rezolucije niskog kontrasta** za vizuelizaciju mekog tkiva, ali sa većom apsorbovanom dozom

Kompjuterizovana Tomografija

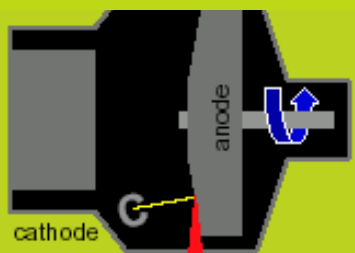
- CT koristi rotirajuću cev za proizvodnju X-zračenja
- Snop je u obliku tankog listica (1 – 10) mm
- “Slika” je niz intenziteta X-zračenja i više stotina tih “tačaka” se koriste za stvaranje CT slike koja predstavlja (tanak sloj)“slice” kroz pacijenta
- kombinacija X-zračenja i kompjuterske tehnologije da bi se proizvela slojevita slika tela ili tkiva u horizontalnoj i vertikalnoj ravni

CT skener



Cev

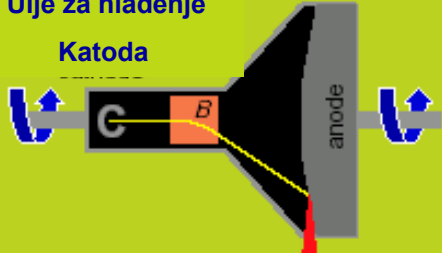
Konvencionalna cev:rotirajuća anoda





Cev visokih performansi:rotirajuća katoda, anoda i kućište

Ulje za hlađenje

Katoda

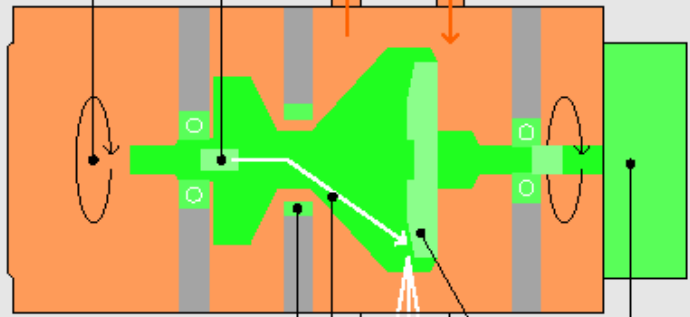


Katoda anoda



Rotacija Katoda

Ulje za hlađenje



Deflekcioni namot

Snop elektrona

X zr

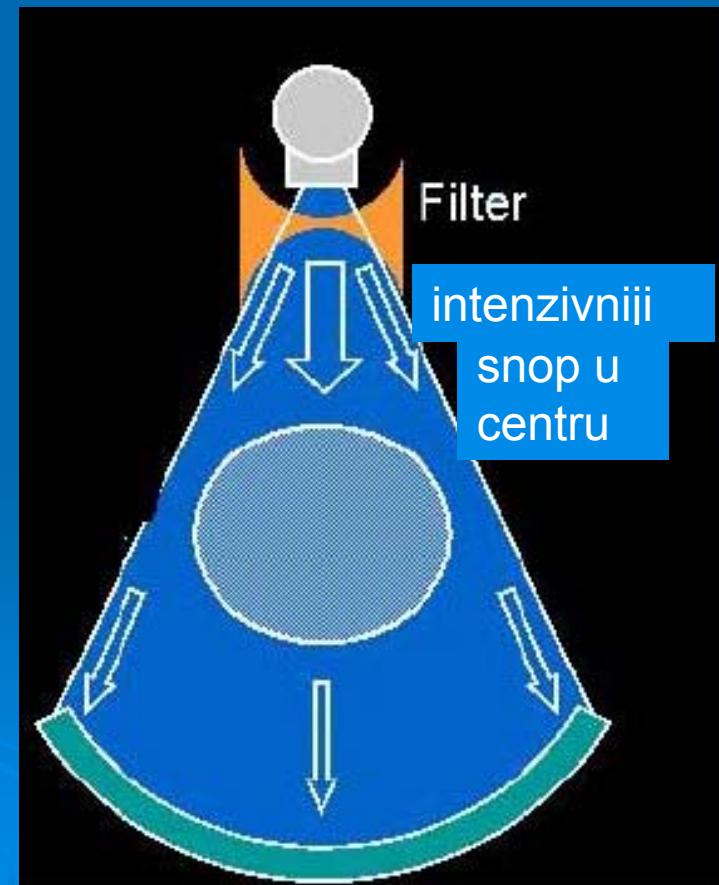
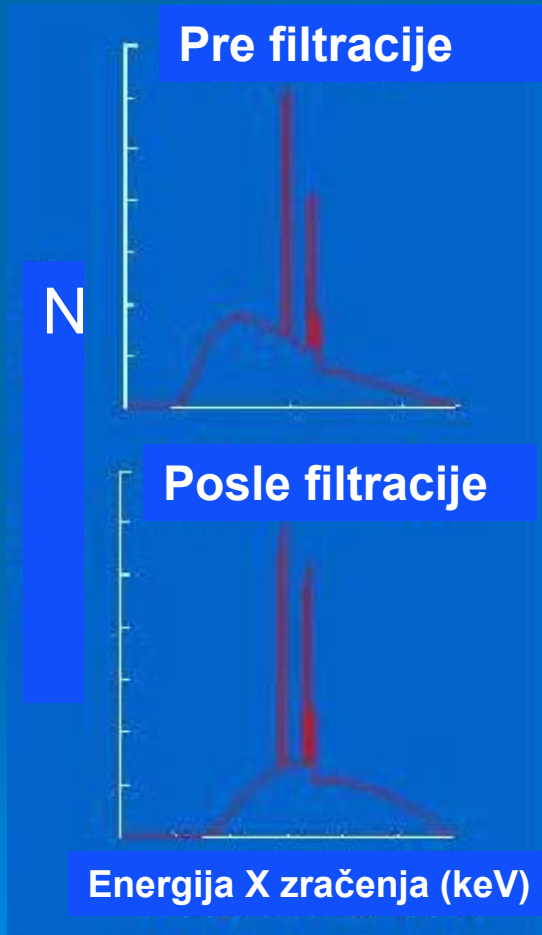
Anode

Motor



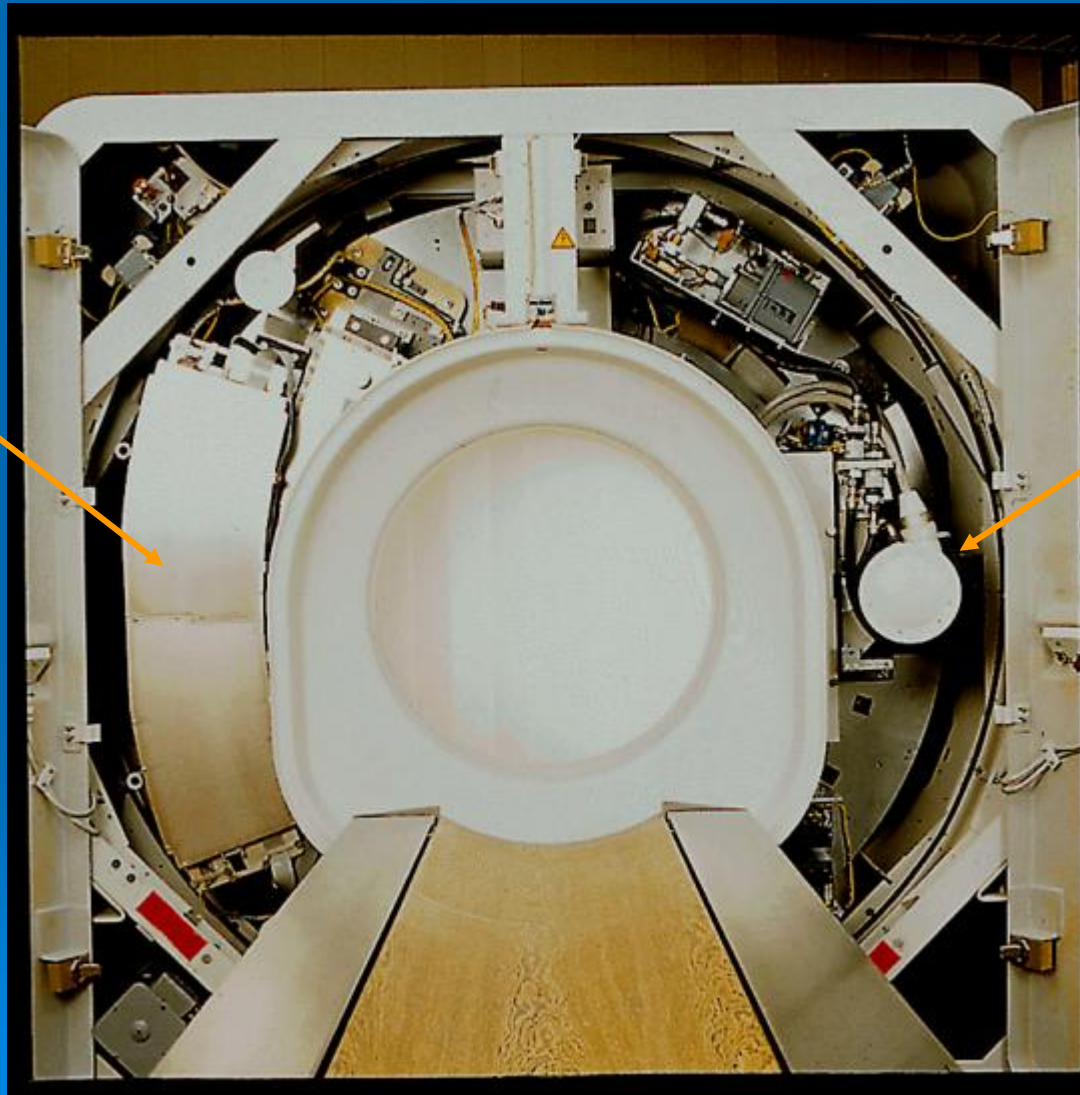
Filtracija

3 mm Al + (0.1 - 0.4) mm Cu



Pogled iznutra

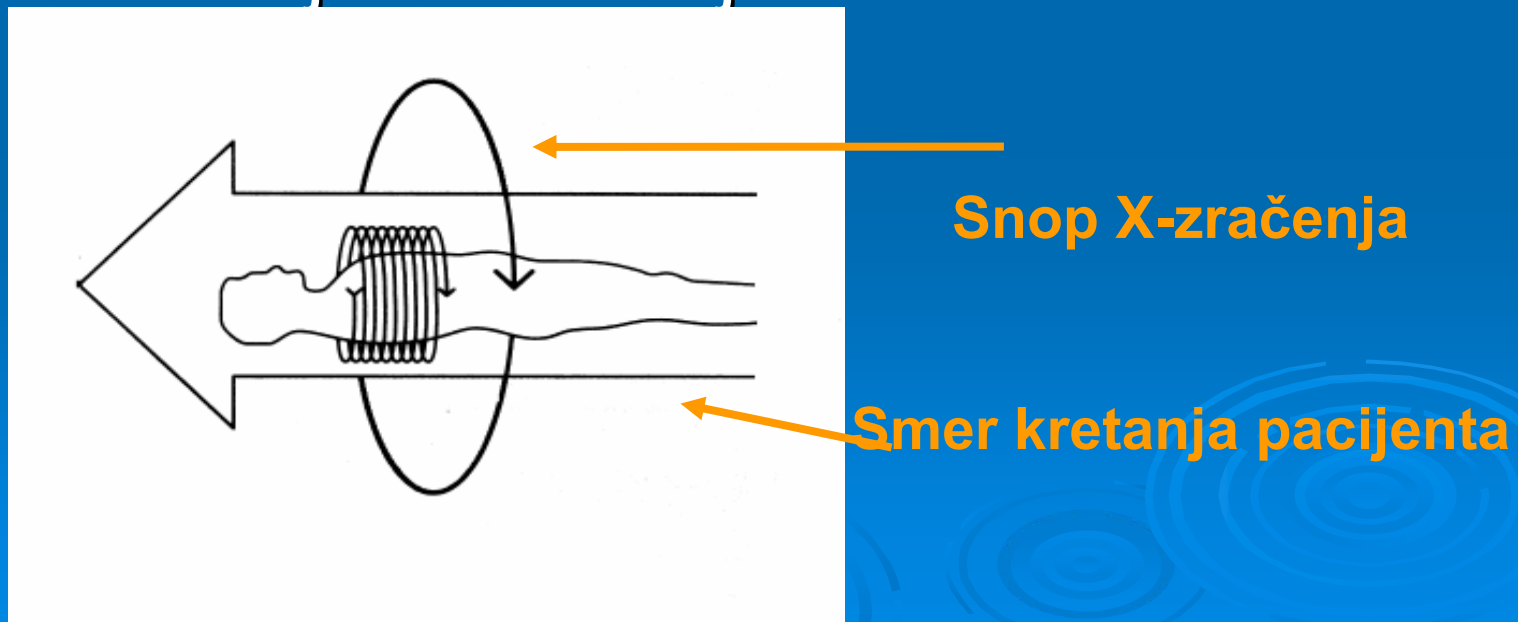
**Detektorski
niz i
kolimator**



**Cev X-
zračenja**

Helikoidni (spiralni) CT

- Ako cev X-zračenja može da rotira konstantno, a pacijent se konstantno kreće uzdužno kroz snop pregled traje kraće
- Geometrija skeniranja



Helikoidni (spiralni) CT

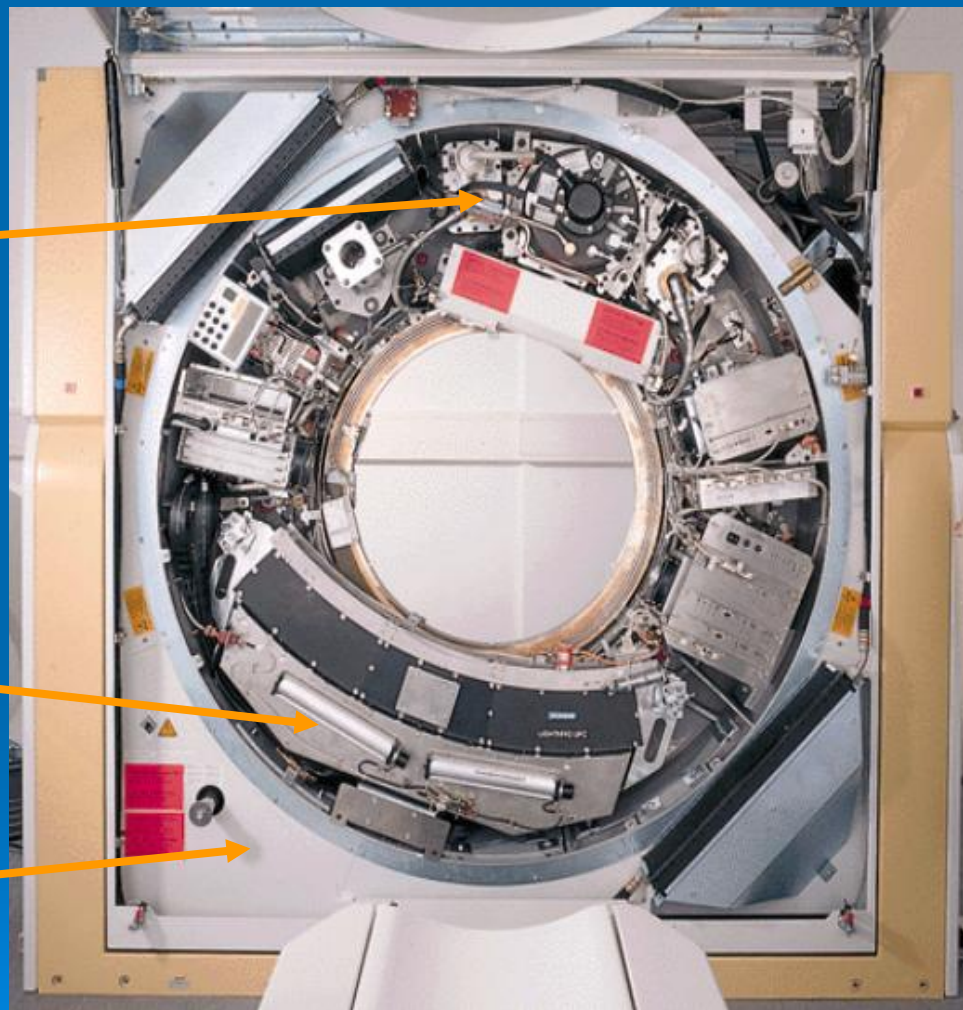
- Konstantno okretanje cevi nije moguće sa signalnim kablovima i debelim kablovima za nepejanje
- “SLIP RING” za napajanje i sakupljanje signala

„Pogled iznutra “Slip Ring” CT

Cev X-
zračenja

Detektorski
niz

Slip Ring



Kako je
kompletna
elektronika
smeštena u
rotirajućem
gantriju ?

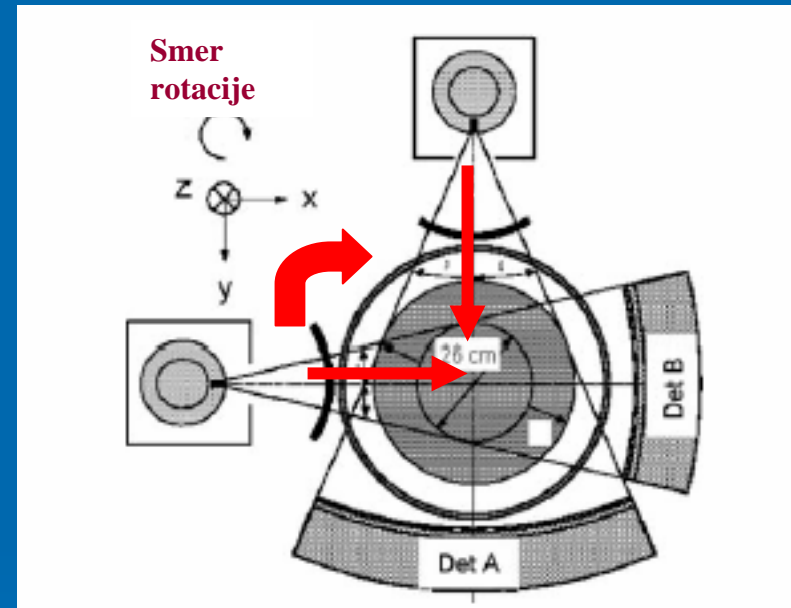
CT sa 2 izvora (dual source CT, DSCT)

Dve cevi na istom gantriju na istoj rotacionoj ploči pomerene u fazi za 90° .

FOV-Field of view (“vidno polje”)

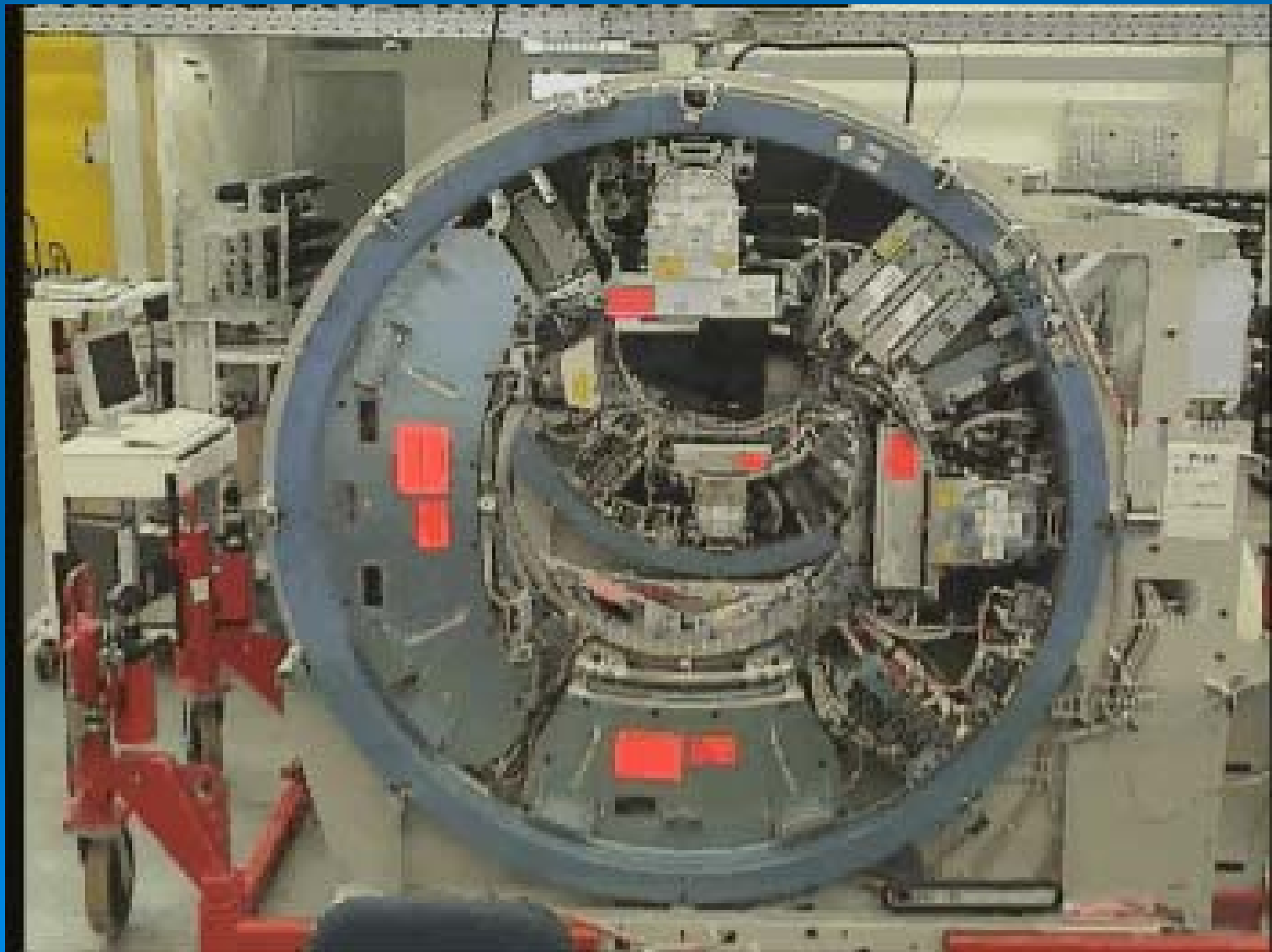
FOV Sistema A = 50 cm

FOV Sistema B = 26 cm



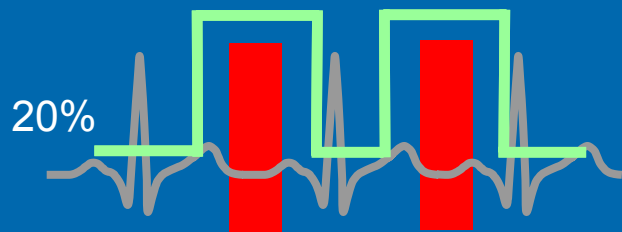
Detekcioni sistem: 40 detektora (32 u centru + 8 na periferiji)

CT sa dva izvora



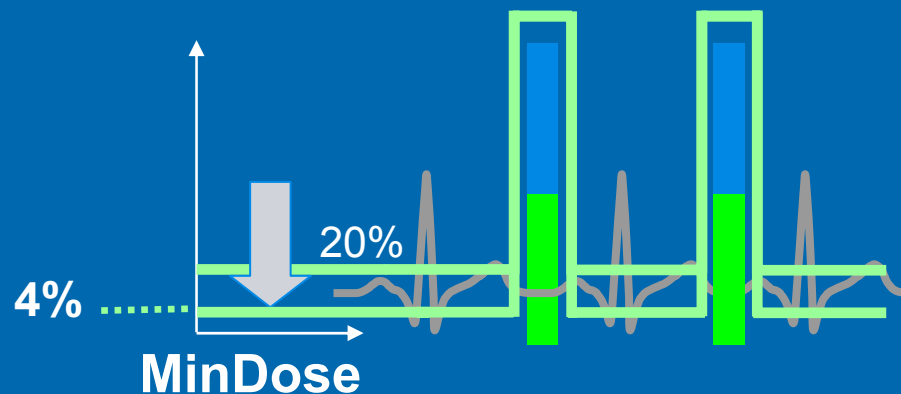
Dual source CT (DSCT) CoroCT - ECG impulsi

- Konvencionalni CT sa jednim izvorom



Sporom akvizicijom se ograničava doza

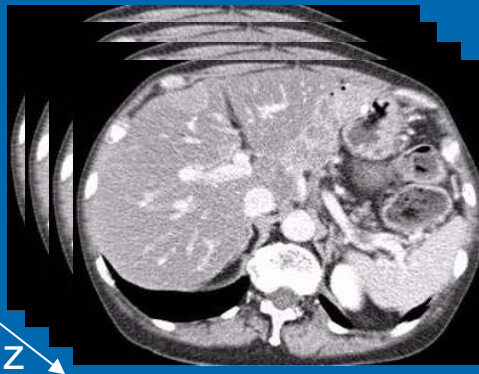
- Savremeni CT sa 2 izvora



Brzom akvizicijom se štedi doza

CT sa dva izvora - vizuelizacija

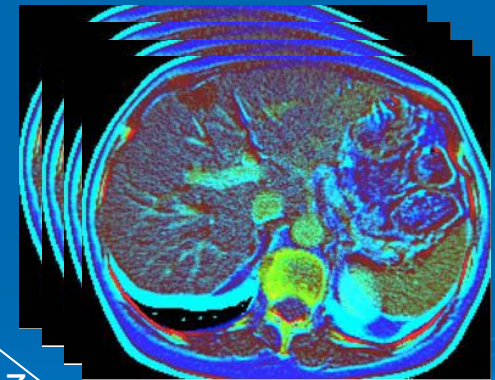
80 kV



140 kV



Prepoznaje 3 materijala

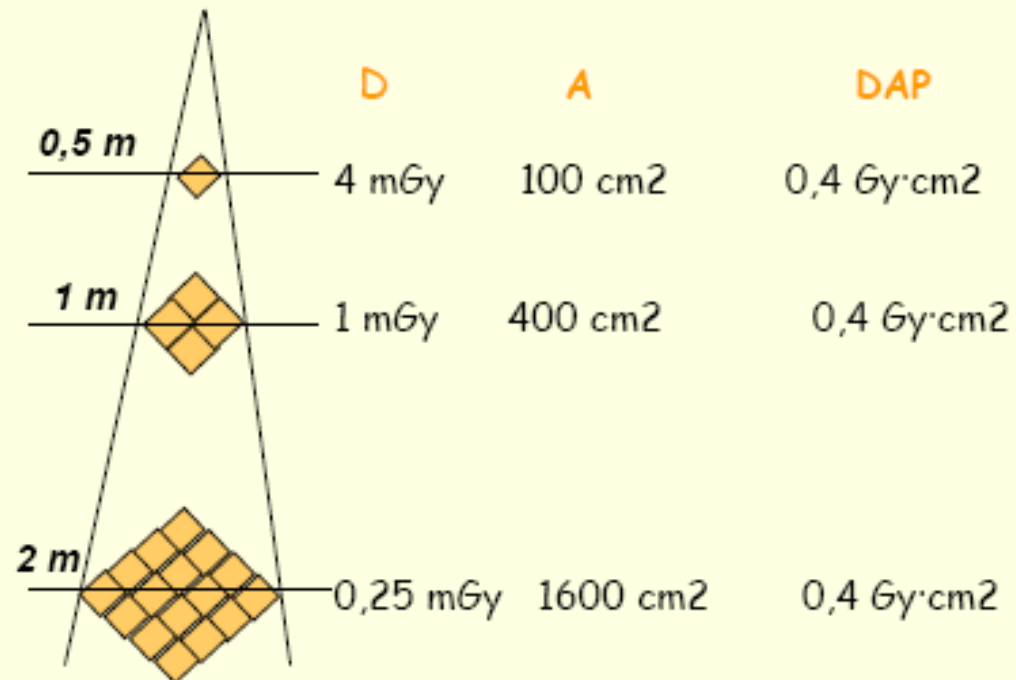
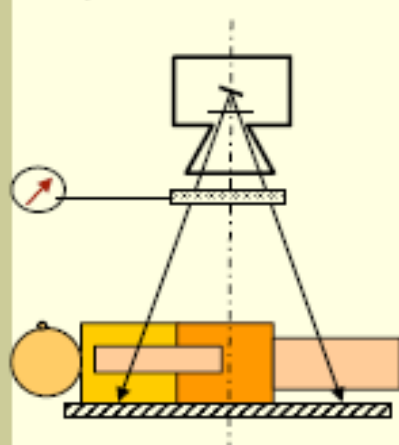


Crveno: meko tkivo
Plavo: masno tkivo
Zeleno: kontrastno sredstvo

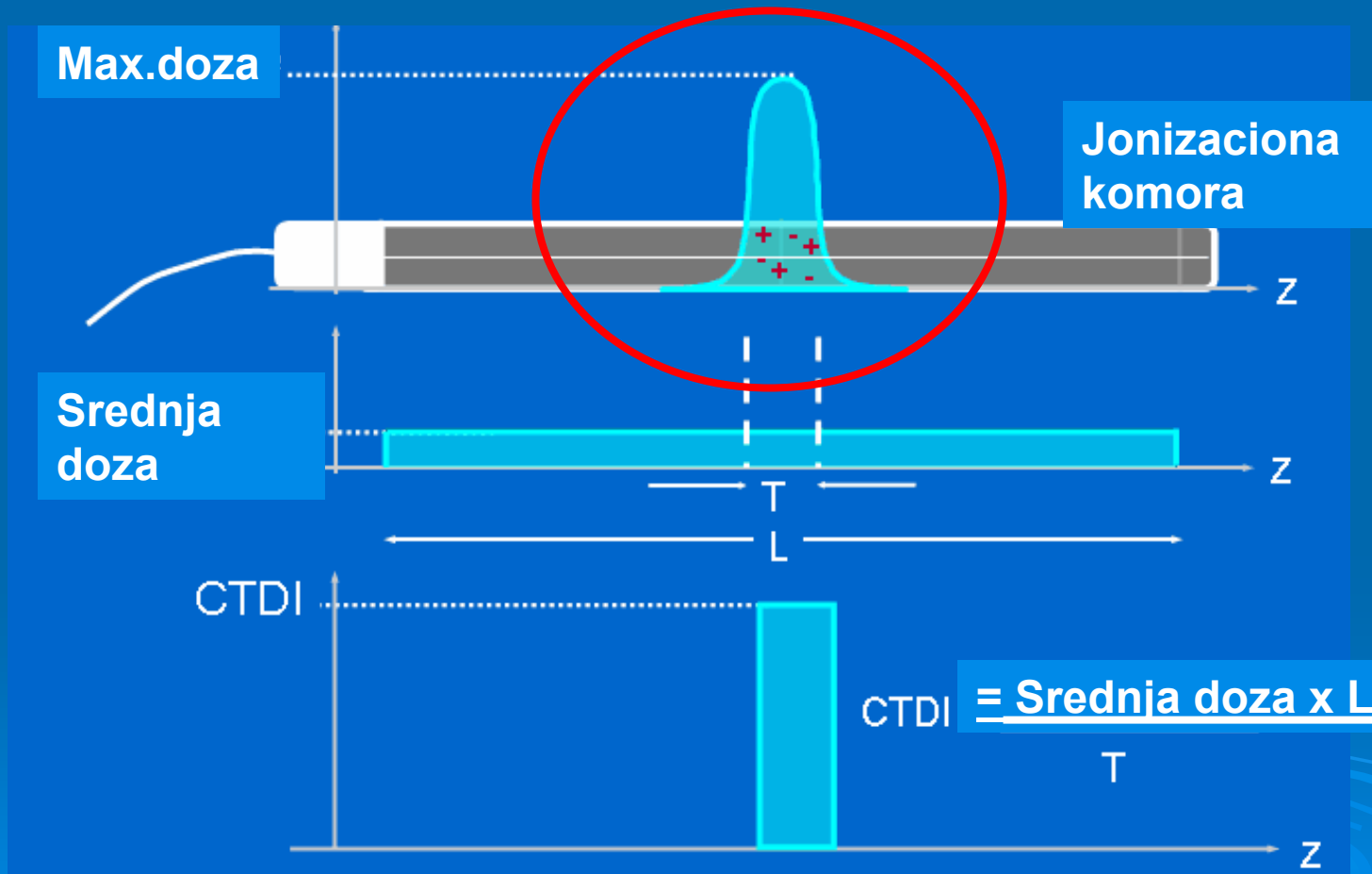
Dozimetrijske veličine

Proizvod doze i površine Dose area product (DAP) (KAP)

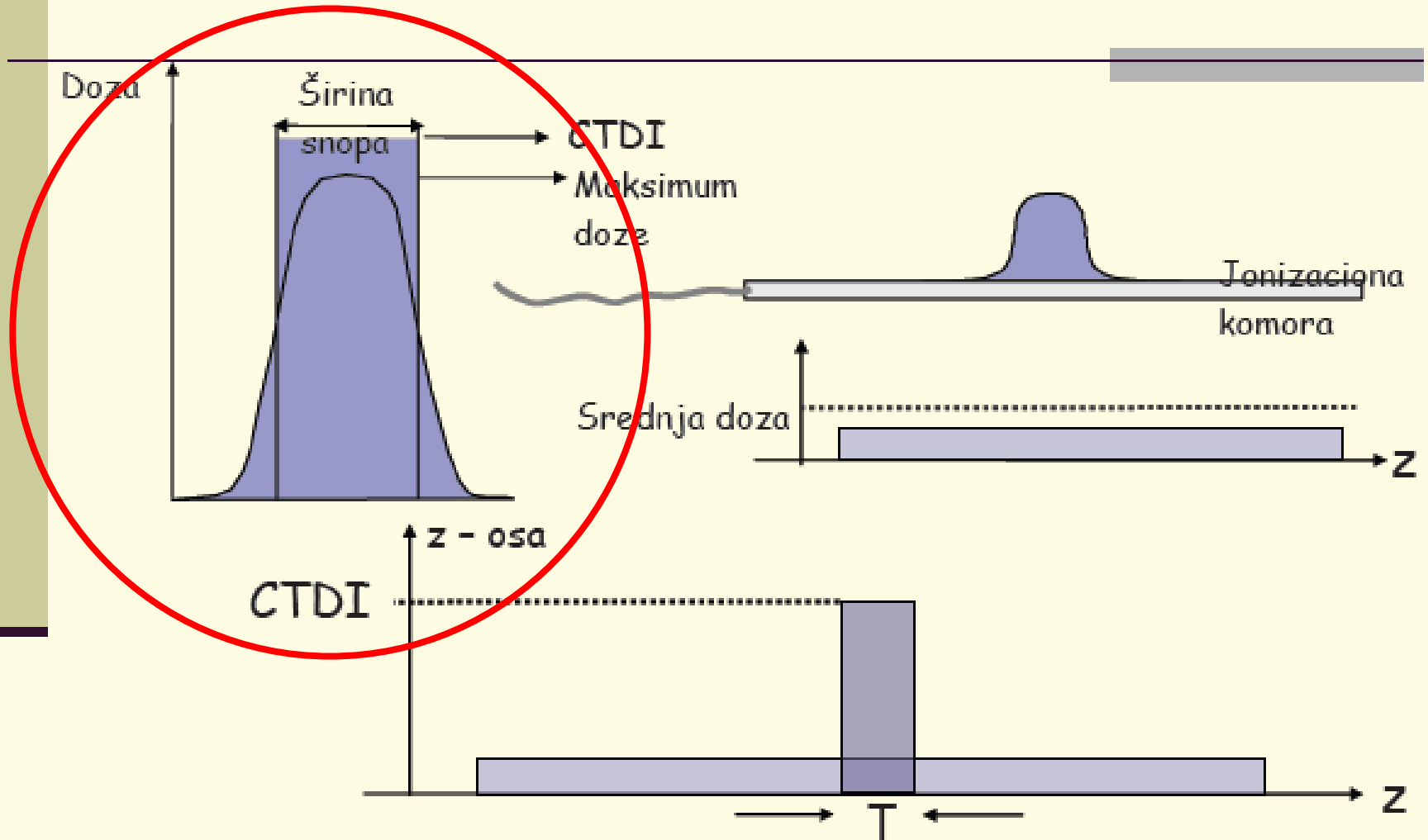
- DAP: meri se u toku procedure planparalelnom transparentnom komorom



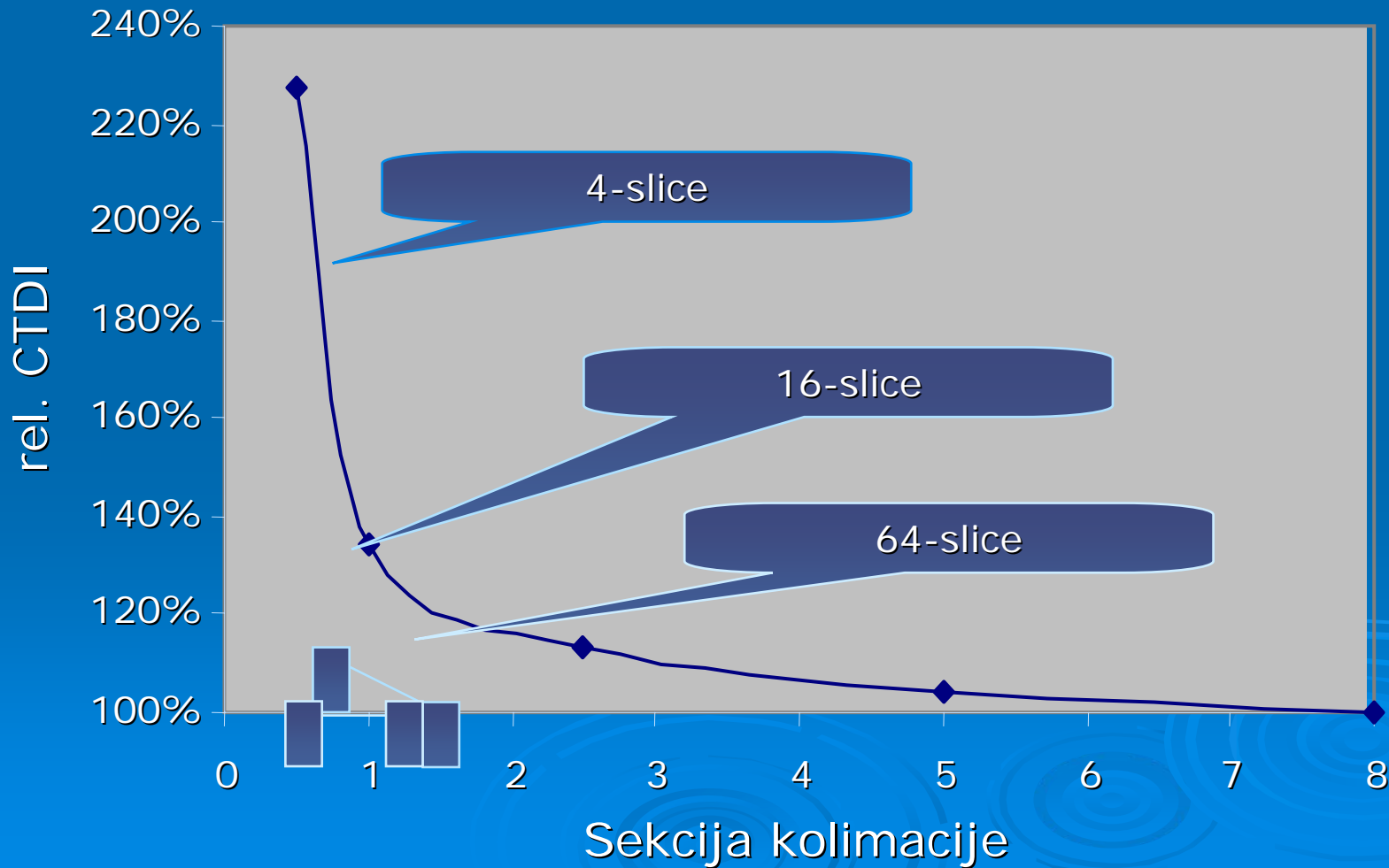
INDEKS DOZE CT, CTDI₁₀₀



CT Dose Index - CTDI



Multislajсни CT (MSCT)



CTDI₁₀₀

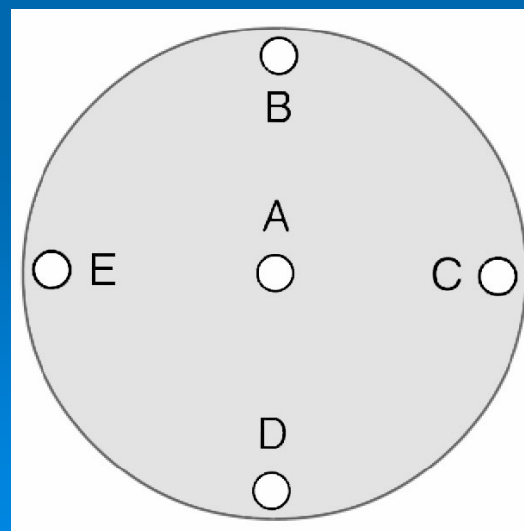
Gde??

U vazduhu : u sredini gantrija

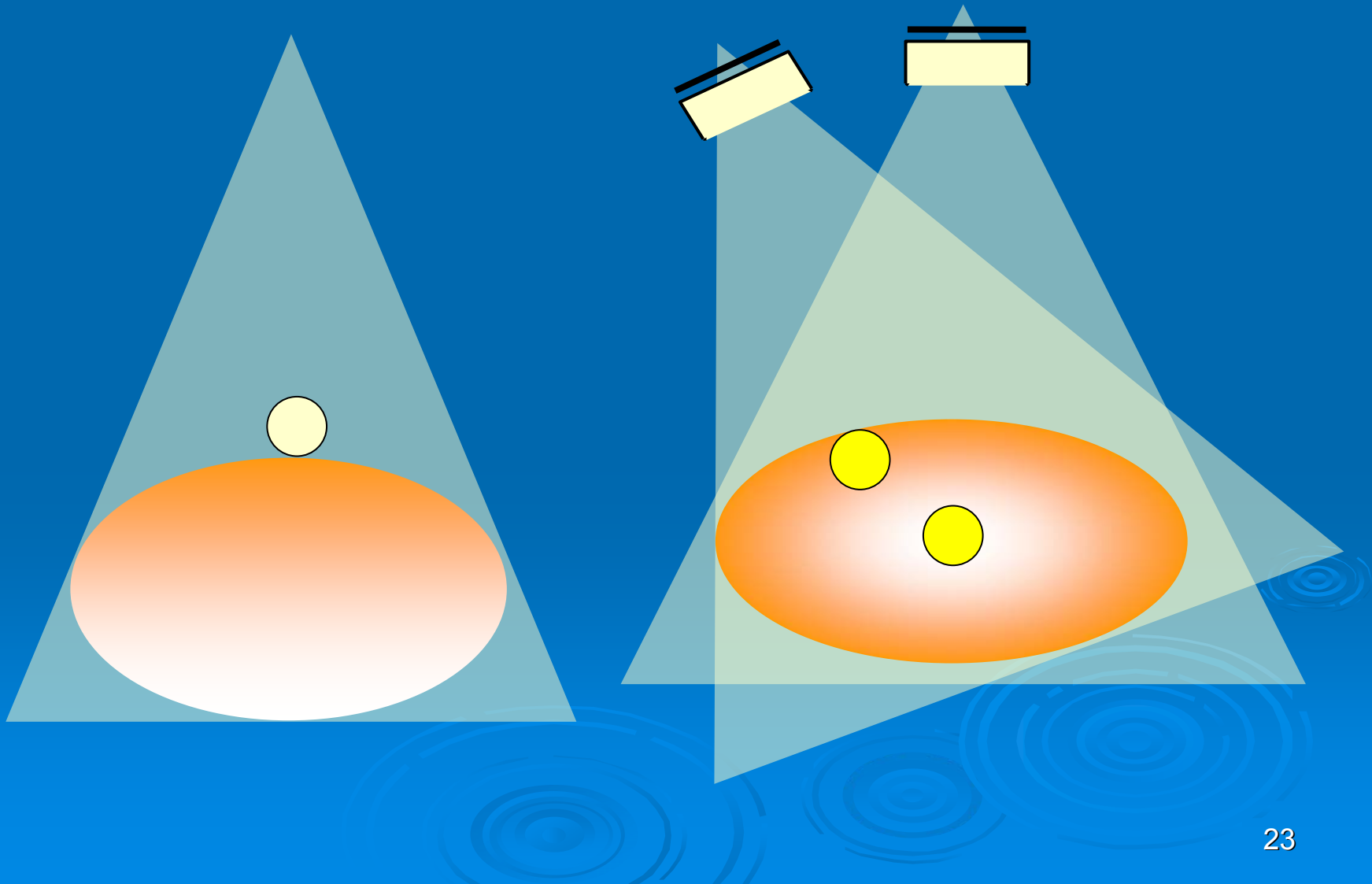
U fantomu : IEC definiše 2 fantoma

glava : PMMA, prečnik 16 cm, dužina 16 cm

telo : PMMA, prečnik 32 cm, dužina 16 cm



Merenje



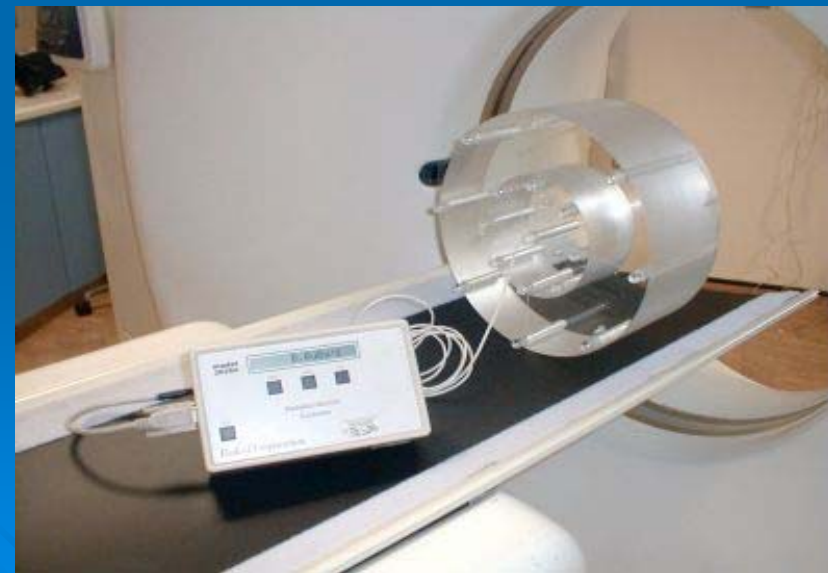
Kompjuterizovana tomografija CT

Tip merenja	Merena veličina	Napomena
Sa fantomom	CT <i>Kair</i>	Merenje u vazduhu ili PMMA fantomu glave i trupa
Na pacijentu	Proizvod CT <i>Kair</i> - dužina	Direktno merenje na pacijentu ili procena iz parametara ekspozicije

CT – merenja u fantomu



- Merenje u vazduhu
- Merenje u CT fantomu



Primena specijalnih veličina

Veličina	IAEA CoP	Unit
CT indeks kerme u vazduhu (u vazduhu)	$C_{a,100}$	J/kg, specijalna jedinica, grej (Gy)
CT indeks kerme u vazduhu (u standardnom fantomu)	$C_{PMMA,100}$	J/kg, specijalna jedinica, grej (Gy)

$$C_{a,100} = \frac{1}{T} \int_{-50}^{+50} K(z) dz$$

Primena specijalnih veličina

Veličina	IAEA CoP	jedinica
Težinski CT indeks kerme u vazduhu	C_W	J/kg, specijalna jedinica, grej (Gy)
Normalizovan težinski indeks kerme u vazduhu	${}_n C_W$	J.kg ⁻¹ .A ⁻¹ .s ⁻¹ or Gy.A ⁻¹ .s ⁻¹

$$C_W = \frac{1}{3} \left(C_{\text{PMMA},100,c} + 2C_{\text{PMMA},100,p} \right)$$

$$C_{\text{VOL}} = C_W \frac{NT}{I} = \frac{C_W}{p}; \quad {}_n C_{\text{VOL}} = \frac{C_{\text{VOL}}}{P_{\text{It}}}$$

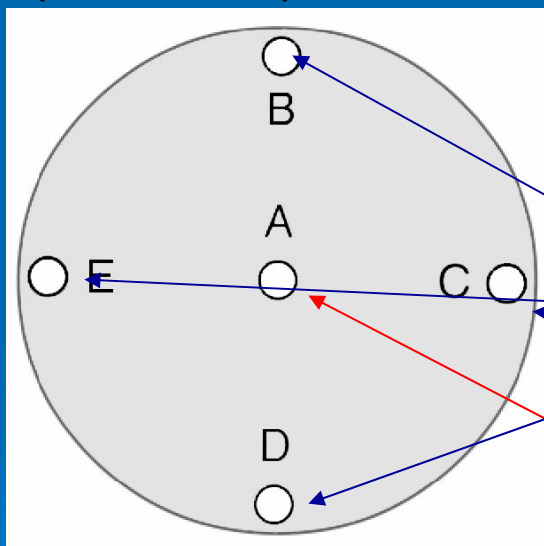
CTDI_w

- Kombinacija doze na periferiji(p) i u centru (c) fantoma
- $CTDI_w = 1/3 CTDI_c + 2/3 CTDI_p$
- CTDI_w (i DLP_w) se koriste za:
 - poređenje performansi
 - proračun organske & efektivne doze

Težinski indeks doze, $CTDI_w$

Gde??

Za fanotm GLAVE i TELA u različitim pozicijama: (A) i (B,C,D,E)



GLAVA: centar/ ivični odnos ≈ 0.9

TELO: centar/ ivični odnos ≈ 0.5

periferija

centar

Index prosečne doze koju je apsorbavalo telo, bira se na konzoli

CTDI_{VOL}

Spiralna akvizicija?

Svi indikatori su merljivi za aksijalnu akviziciju
Neophodno je napraviti korekciju za pitch

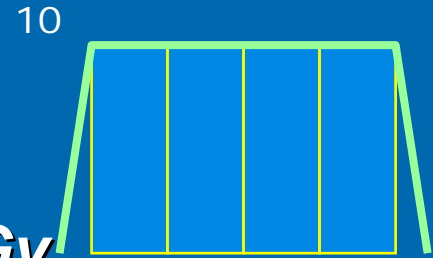
$$\text{CTDI}_{\text{vol}} = \text{CTDI}_{\text{w}} / \text{pitch}$$

CTDI_{VOL}

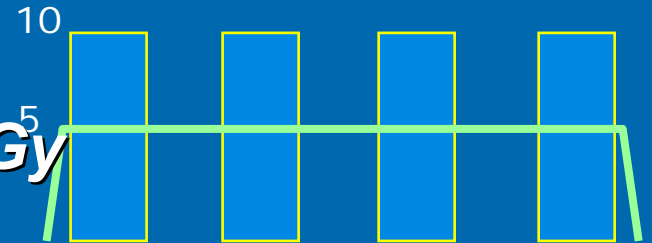
$$CTDI_{vol} = CTDI_w / \text{pitch}$$

CTDI_w = 10 mGy

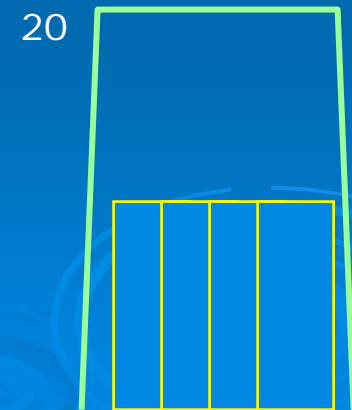
Pitch = 1 ***CTDI_{vol} = CTDI_w / 1 = 10 mGy***



Pitch = 2 ***CTDI_{vol} = CTDI_w / 2 = 5 mGy***



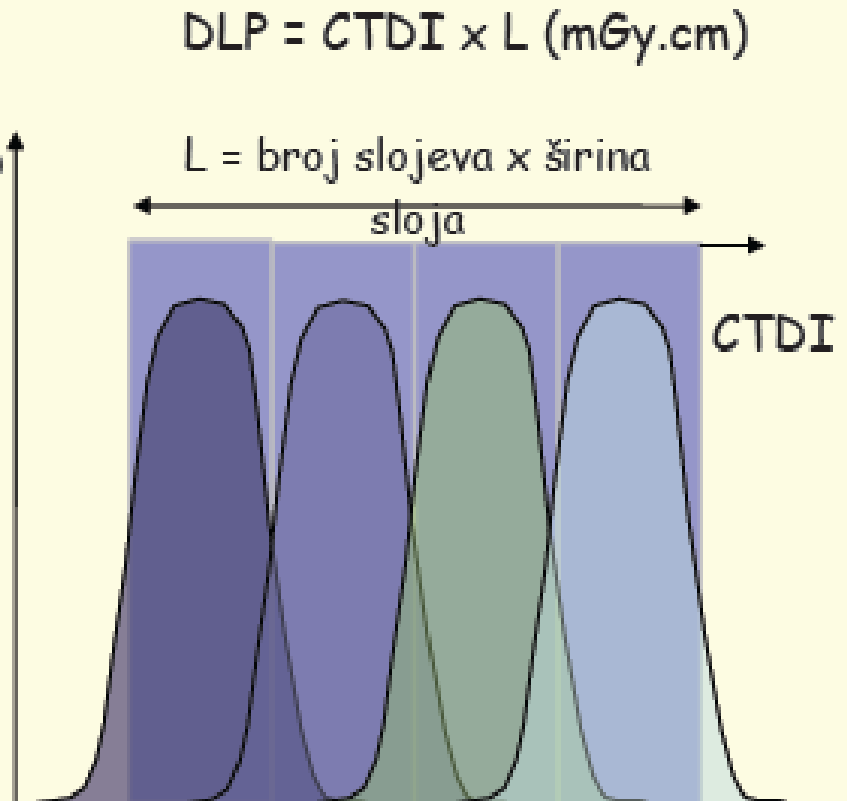
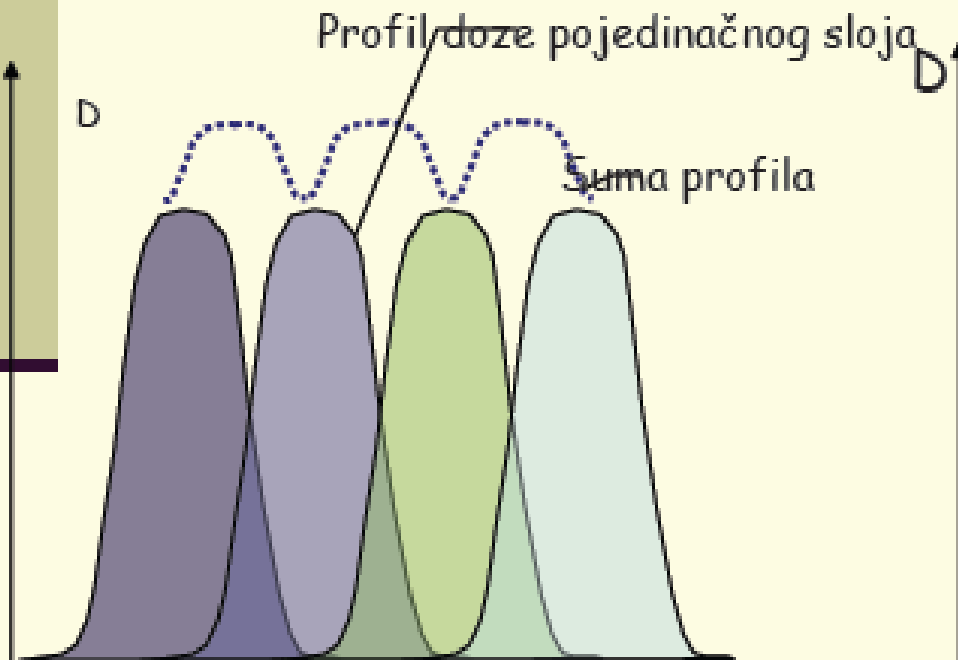
Pitch = 0.5 ***CTDI_{vol} = CTDI_w / 0.5 = 20 mGy***



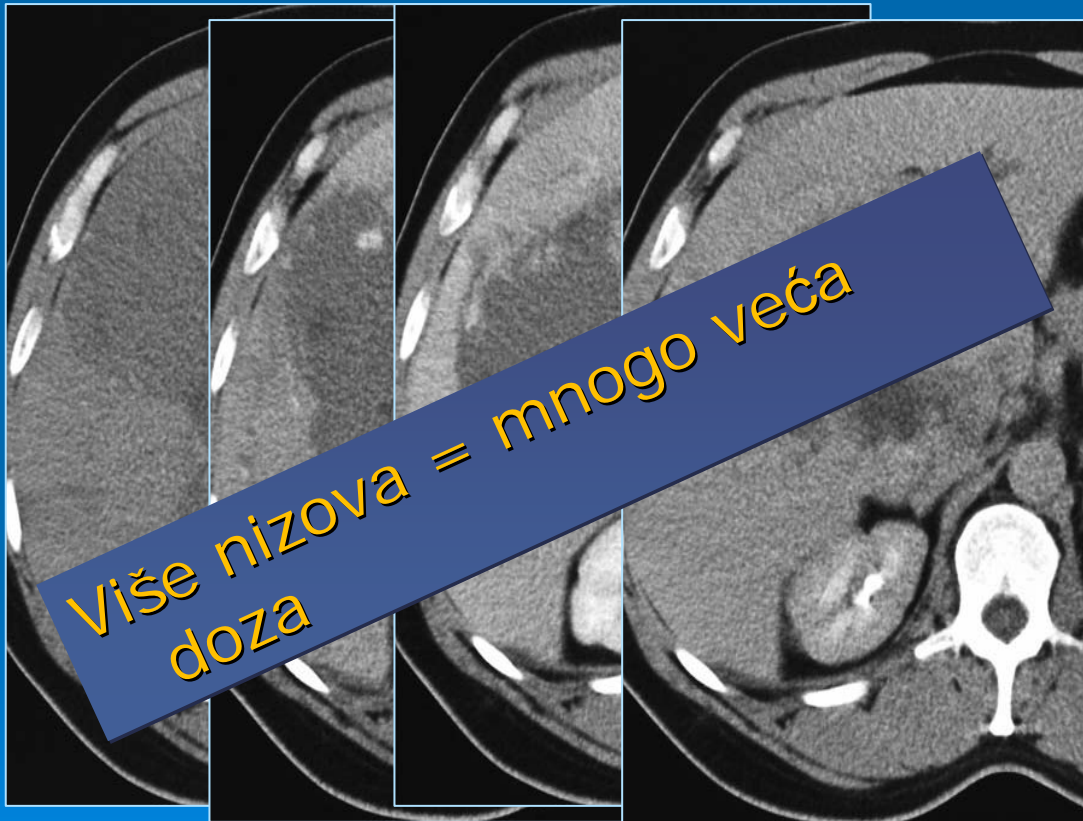
Dose Length Product - DLP

Deskriptor koji se koristi kao indikator ukupne ekspozicije tokom celog pregleda

- CTDI meri dozu pojedinačnog sloja, ali se CT sastoji od serije slojeva
- **DLP = CTDI x L**
 - Sadrži broj slojeva i pitch



Proizvod doze i dužine DLP



$$CTDI_{vol} = 10 \text{ mGy}$$

DLP =

$$4 \times 20 \text{ cm} \times 10 \text{ mGy} \\ = 800 \text{ mGy cm}$$

CTDI_w (mGy)

(po skenu ili po rotaciji)

Lokalna doza

("intenzitet")

Zavisi od

- Dizajna skenera
- Kvaliteta snopa
- kV, mAs
- Kolimacije

Protokol skeniranja

DLP (mGy · cm)

(po pregledu)

Integralna doza

('intenzitet' & Ekstenzija)

Zavisi od

- Lokalne doze
- + Dužina skena
- + Broj nizova

+ preference korisnika

Eff. Dose E (mSv)

(po pregledu)

Doza u vezi rizika

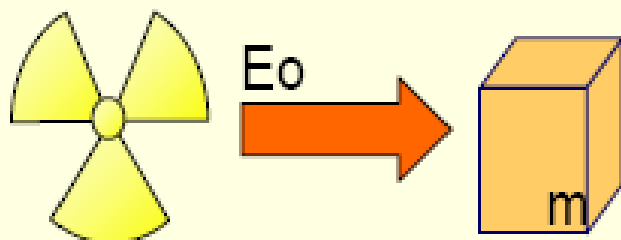
('intenzitet' & Ekstenzija
& Osetljivost)

Zavisi od

- Integralne doze
- + Veličina pacijenta
- + Deo tela

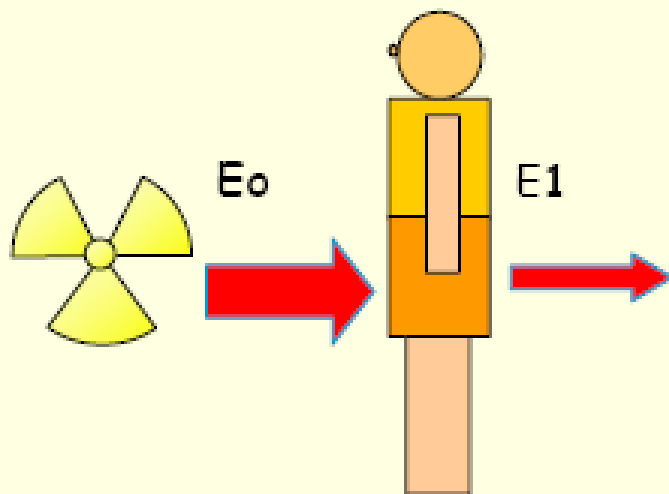
+ faktori organa

Proračun efektivne doze



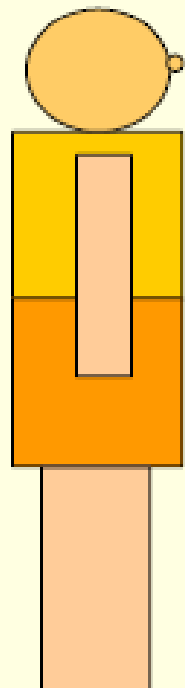
Meri se apsorbovana doza ili kerma
Tabele i kompjuterski programi
bazirani na ljudskom modelu
(fantomu): matematički i
vokselizovani

$$D = \frac{E_0 - E_1}{m} = \frac{\Delta E}{m}$$



$$E = \sum H_t \times W_t$$

PRIMER - ozračivanje dela tela



Glava 0,1

Grudni koš
0,3

Abdomen
0,5

Ruke & noge
0,05

» Glava: $D = 1 \text{ mSv}$

$$H_{\text{glava}} = 1 \text{ mSv}$$

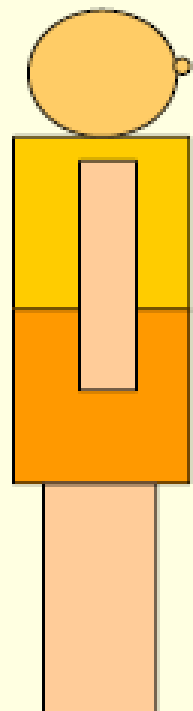
$$E = H_{\text{glava}} \times W_{\text{glava}} = 1 \text{ mSv} \times 0,1 = 0,1 \text{ mSv}$$

» Abdomen i noge: $D = 1 \text{ mSv}$

$$H_{\text{abdomen}} = 1 \text{ mSv}, H_{\text{noge}} = 1 \text{ mSv}$$

$$E = H_{\text{abdomen}} \times W_{\text{abdomen}} + H_{\text{noge}} \times W_{\text{noge}} = \\ = 1 \text{ mSv} \times 0,5 + 1 \text{ mSv} \times 0,05 = \\ 0,55 \text{ mSv}$$

PRIMER - ozračivanje celog tela



Glava 0,1

Grudni koš
0,3

Abdomen
0,5

Noge & ruke
0,05

» Ozračivanje celog tela sa 1 mSv

$$E = 1 \text{ mSv} \times 0,1$$

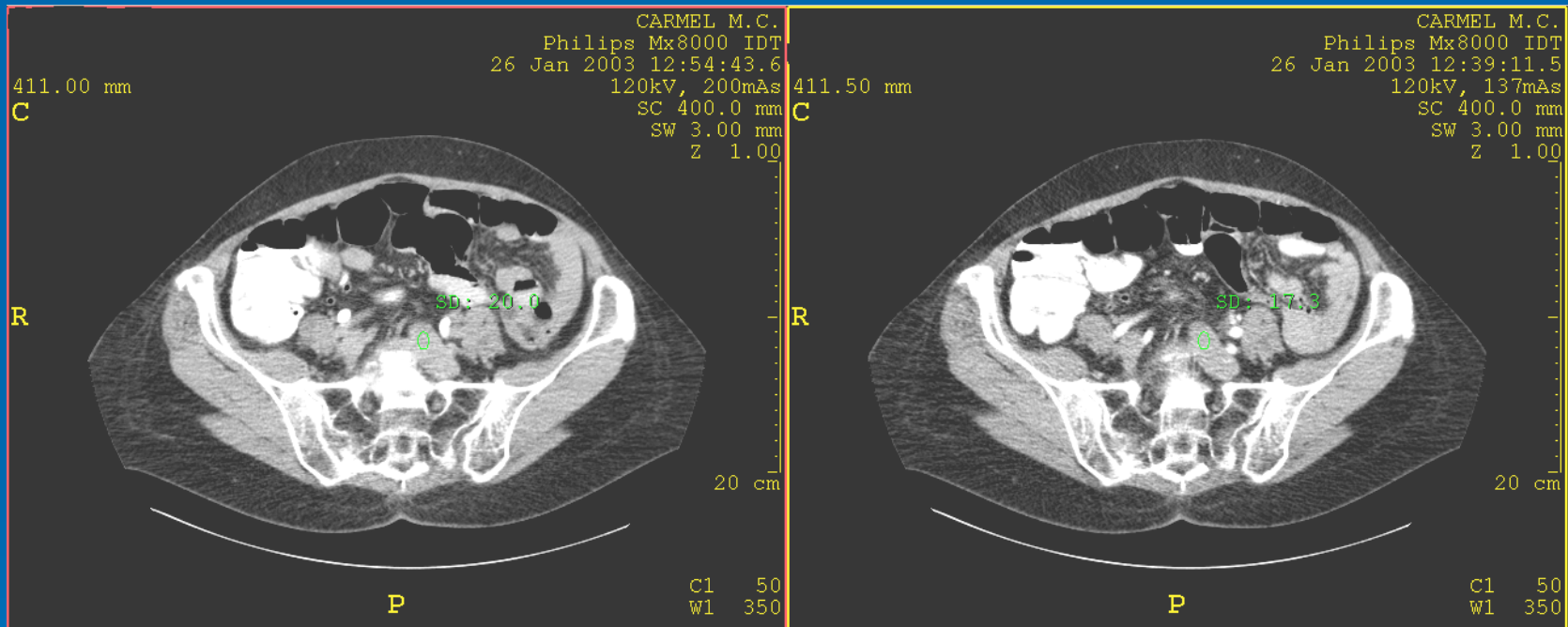
$$+ 1 \text{ mSv} \times 0,3$$

$$+ 1 \text{ mSv} \times 0,5$$

$$+ 2 \times (1 \text{ mSv} \times 0,05) =$$

$$= 0,1 + 0,3 + 0,5 + 2 \times 0,05 = 1 \text{ mSv}$$

Automatska kontrola ekspozicije AEC



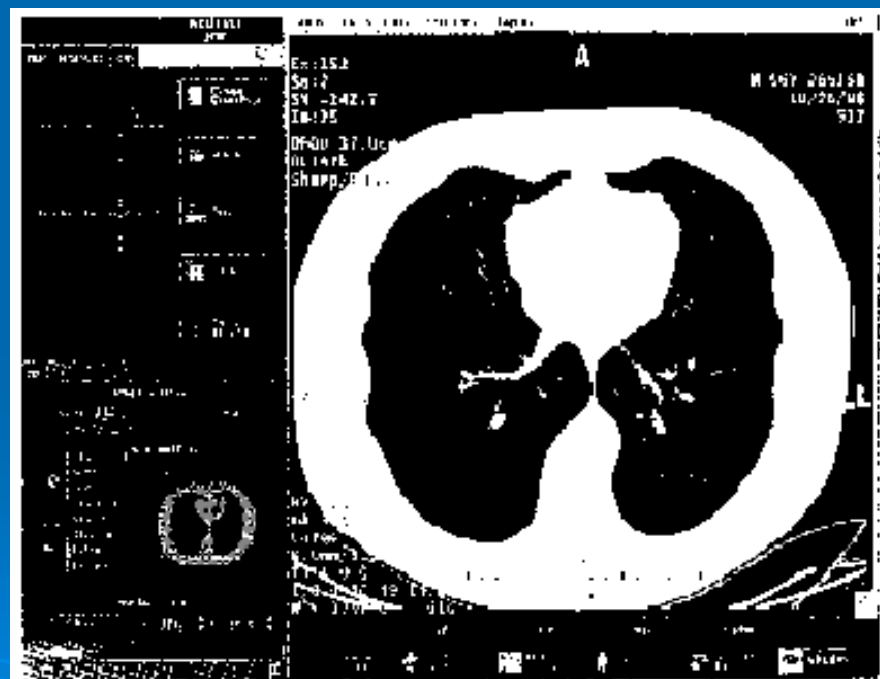
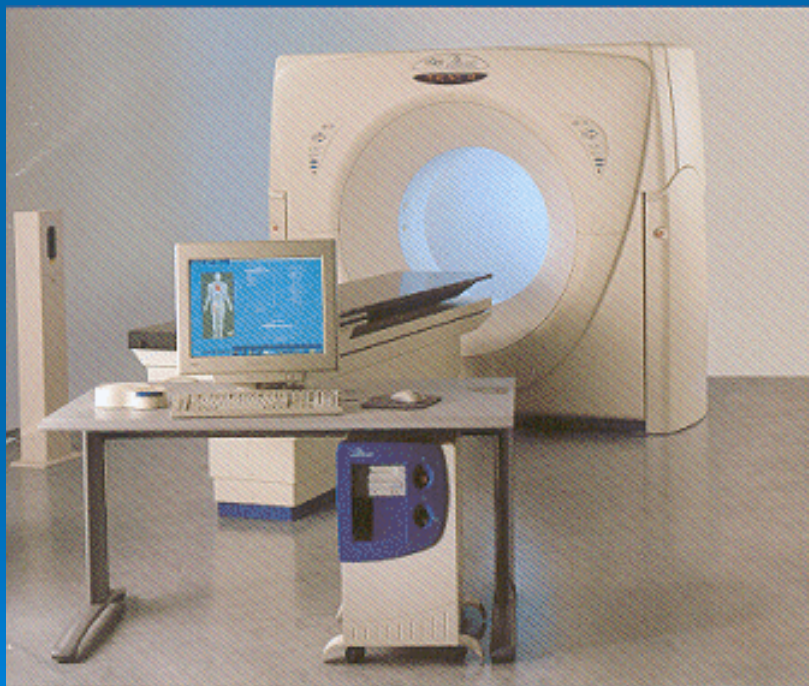
AEC Off → 200mAs

AEC On → 137mAs

Smanjenje doze = 31.5%

Upravljanje pacijentnom dozom u kompjuterskoj tomografiji(CT)

ICRP Publication 87



Efektivne doze kod CT i klasične radiografije

CT	E (mSv)	Radiografija	E (mSv)
Glava	2	Lobanja	0.07
Grudni koš	8	Grudni koš	0.02
Abdomen	10-20	Abdomen	1.0
Pelvis	10-20	Pelvis	0.7

Tipične doze osetljivih tkiva, u mGy, u toku CT odraslih

Pregled	Oči	Tiroida	Dojke	Uterus	Ovarium	Testis
Glava	50	1.9	0.03	*	*	*
Cervikalna kičma	0.62	44	0.09	*	*	*
Torokalna kičma	0.04	0.46	28	0.02	0.02	*
Grudni koš	0.14	2.3	21	0.06	0.08	*
Abdomen	*	0.05	0.72	8.0	8.0	0.7
L. kičma	*	0.01	0.13	2.4	2.7	0.06
Pelvis	*	*	0.03	26	23	1.7

* < 0.005 mGy

Procedura	Efektivna doza	Poređenje sa fonom
CT abdomena	10 mSv	3 godine
CT celog tela	10 mSv	3 godine
Intravenozni pielogram(IVP)	1,6 mSv	6 meseci
Radiografija GI trakta (donji deo)	4 mSv	16 meseci
Radiografija GI trakta (gornji deo)	2 mSv	8 meseci
CT glave	2 mSv	8 meseci
Radiografija pluća	0,1 mSv	10 dana
CT grudnog koša	8 mSv	3 godine
deca	Do 1,6 mSv	6 meseci

Dodatna literatura

- IEC 1223-2-6: Evaluation and routine testing in medical imaging departments. Part 2-6: Constancy tests - X Ray equipment for computed tomography. (Geneva, IEC) (1994)
- Edyvean S, Lewis MA, Britten AJ, Carden JF, Howard GA and Sassi SA. Type testing of CT scanners: methods and methodology for assessing imaging performance and dosimetry. MDA Evaluation Report MDA/98/25. London, Medical Devices Agency (1998)
- European guidelines on quality criteria for computed tomography - EUR 16262 report
- Radiation exposure in Computed Tomography; 4th revised Edition, December 2002, H.D.Nagel, CTB Publications, D-21073 Hamburg