

# CT-MSCT tehnološke sličnosti i razlike

---

Terze, Živko

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:176:657374>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-04**



Sveučilišni odjel zdravstvenih studija  
SVEUČILIŠTE U SPLITU

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University Department for Health Studies, University of Split](#)



zir.nsk.hr



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

Živko Terze

CT - MSCT TEHNOLOŠKE SLIČNOSTI I RAZLIKE

Završni rad

Split, 2017.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

Živko Terze

CT - MSCT TEHNOLOŠKE SLIČNOSTI I RAZLIKE

CT – MSCT TECHNOLOGICAL SIMILARITIES AND DIFFERENCES

Završni rad

Mentor:

Dr. sc. Frane Mihanović

Split, 2017.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	4
2. CILJ RADA .....	5
3. POVIJESNI TIJEK I RAZVOJ KOMPJUTERIZIRANE TOMOGRAFIJE (CT).....	6
3.1.1. Uređaji I. generacije .....	10
3.1.2. Uređaji II generacije.....	11
3.1.3. Uređaji III. generacije .....	11
3.1.4. Uređaji IV. Generacije uređaja .....	12
3.1.5. Spiralni CT uređaji .....	13
3.1.6. Višeslojni CT uređaji .....	14
4. GRAĐA I FUNKCIJA CT UREĐAJA.....	16
4.1. Građa CT uređaja .....	16
4.1.1. Kućište (engl. gantry).....	16
4.1.2. Stol za bolesnika .....	20
4.1.3. Visokofrekventni generator.....	20
4.1.4. Upravljački stol s računalom.....	21
4.2. Funkcija CT uređaja.....	22
6. CT- MSCT TEHNOLOŠKE SLIČNOSTI I RAZLIKE .....	24
8. ZAKLJUČAK .....	26
9. SAŽETAK .....	27
10. SUMMARY .....	28
11. LITERATURA.....	29
12. ŽIVOTOPIS .....	30

## 1. UVOD

Kompjutorizirana tomografija, CT (engl. Computed Tomography), digitalna je tehnika slikovnog prikaza koja koristi snop rendgenskih zraka u obliku lepeze (kolimirani snop zraka) i / ili konusa, stožca (engl. cone beam) a čiji rezultat su poprečni (aksijalni) slikovni isječci snimanog objekta. Za CT u svijetu se još koristi i naziv kompjutorizirana aksijalna tomografija, CAT (engl. Computed Axial Tomography) (1).

Otkriće kompjutorizirane tomografije predstavlja najveći napredak u radiologiji nakon otkrića rendgenskih zraka. Prvi uređaji za kompjutoriziranu tomografiju bili su konstruirani samo za pregled glave i mozga zbog dužine trajanja pretrage, jer je za dobar prikaz bilo potrebno apsolutno mirovanje snimanog "objekta". Već druga generacija CT uređaja (od 1975. godine) omogućuje CT pregled glave i tijela (2).

Princip rada CT-a temelji se na atenuaciji rendgenskih zraka koje prolaze kroz snimani dio tijela, a razlog je apsorpcija i rasap energije rendgenskih zraka. To slabljenje rendgenskih zraka se izražava tzv. koeficijentom apsorpcije, a on ovisi o atomskom broju i elektronskoj gustoći tkiva te energiji rendgenskih zraka. Što je veći atomski broj i gustoća elektrona snimanog tkiva, to je veći koeficijent apsorpcije. Nakon prolaska kroz tkiva različitih organa, atenuirano zračenje dolazi na detektore koji ga pretvaraju u električne signale proporcionalne atenuaciji snimanog objekta. Iz niza takvih projekcija nastalih unutar 360° za vrijeme rotacije rendgenske cijevi i detektora, matematičkim algoritmima uz uporabu računala rekonstruira se slika objekta i prikazuje na zaslonu kao slika sastavljena od piksela u obliku matrice veličine obično 512 x 512 i 1024 x 1024 piksela (2).

## 2. CILJ RADA

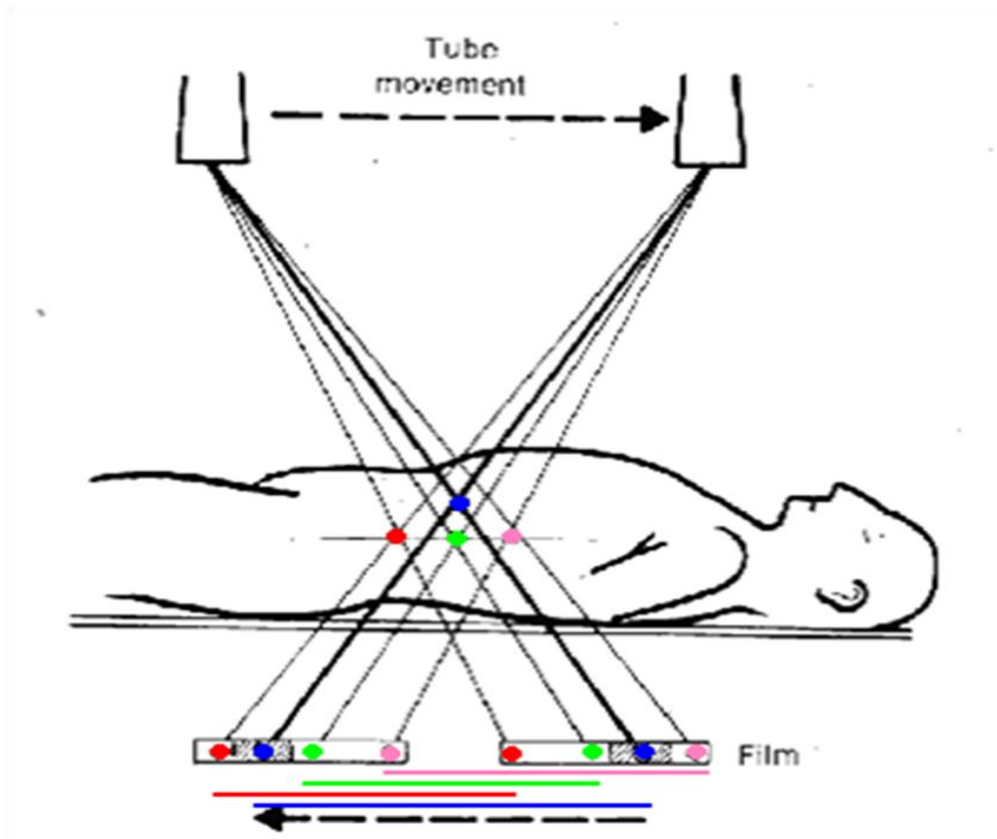
Danas se u praksi koriste CT uređaji sa spiralnim načinom snimanja (za vrijeme rotacije cijevi i detektora putuje i stol s pacijentom) i višerednim nizom detektora na CT uređaju koji se naziva MDCT (engl. **M**ultidetector **c**omputed **t**omography i /ili MSCT uređaj (engl. **M**ultisllice **C**omputed **T**omography).

Cilj rada je prikazati sličnosti i razlike u tehnologiji kompjuterizirane tomografije (CT) i višeslojne kompjuterizirane tomografije MSCT.

### 3. POVIJESNI TIJEK I RAZVOJ KOMPJUTERIZIRANE TOMOGRAFIJE (CT)

Teoretske matematičke temelje CT-a (kompjuterizirane tomografije) postavio je 1917. godine austrijski fizičar i matematičar Radon. On je baveći se teorijom gravitacije, zaključio da se svako dvodimenzionalno ili trodimenzionalno tijelo može rekonstruirati iz velikog broja njegovih projekcija.

U Japanu 1946. godine, znanstvenici su konstruirali rendgenski aparat za rotacijsku tomografiju koju su nazvali rotografija. Rotografija je radila na slijedećem principu: pacijent je ležao na stolu, rendgenska cijev je bila postavljena na strani pacijenta, a rendgenski film u kazeti s druge strane pacijenta i paralelno su rotirali oko pacijenta praveći krug ( $0^\circ - 230^\circ$ ) za vrijeme ekspozicije. Princip rotografije nakon pojave kompjutera postao je idejna osnova za kompjuteriziranu tomografiju (Slika 1.).



Slika 1. Shematski prikaz principa rada rotografije

Izvor: Prof. dr. sc. Marina Maras Šimunić. Dodatni materijali s predavanja-power point prezentacije

Američki neurolog William Oldendorf bio je zainteresiran za *neuroimaging*, jer je imao odbojnost prema invazivnim metodama u neurologiji. Od 1959 - 1961. godine radio je eksperimente na fantomu glave. Postavio je princip da se nakon skeniranja glave rendgenskim zrakama može rekonstruirati gustoća slojeva u glavi.

Oldendorf je 1961. godine na osnovu svojih eksperimenata ukazao na mogućnost mjerenja apsorpcije zračenja u poprečnom presijeku tijela koristeći uski snop rendgenskih zraka, a nedostatak je bio izračuna dobivenih vrijednosti atenuacija. Allan MacLeod Cormack je 1956.godine uočio probleme koji se javljaju pri planiranju radioterapije zbog nejednolike gustoće tkiva i zbog toga idućih šest godina radi na matematičkim problemima kako bi riješio taj problem. Nažalost njegovi radovi s početka šezdesetih godina dvadesetog stoljeća ostaju bez ikakva odjeka. Cormack je objavio dva rada 1963. i 1964. godine o svojoj teoriji kompjuterizirane tomografije u *Journal of Applied Physics*. U radovima je predstavio ideju da se rendgenske zrake mogu upotrijebiti i usmjeriti pod raznim kutovima na tijelo ili mozak, također je htio programirati računalo kako bi mogao dobiti trodimenzionalne slike.

Godfrey Newbold Hounsfield je bio električar zaposlen u tvrtki EMI gdje je radio na radarskoj tehnologiji i razvoju računala. Tijekom rada došao je do zaključka da nakon prolaska rendgenskih zraka kroz određeni objekt iz mnogo smjerova i mjerenja apsorpcije zračenja može rekonstruirati unutarnja struktura objekta. Poslužio se razrađenim matematičkim modelima i teoretskim osnovama, uz primjerena računala, te zadovoljavajuće karakteristike rendgenske cijevi. Nakon dugog rada i pokusa na laboratorijskim uređajima konstruirao je prvi praktično upotrebljiv uređaj za kompjuteriziranu tomografiju. Njemu u čast jedinica za mjerenje gustoće tkiva na CT uređaju zove se Hounsfieldova jedinica (HU) (slika 2).

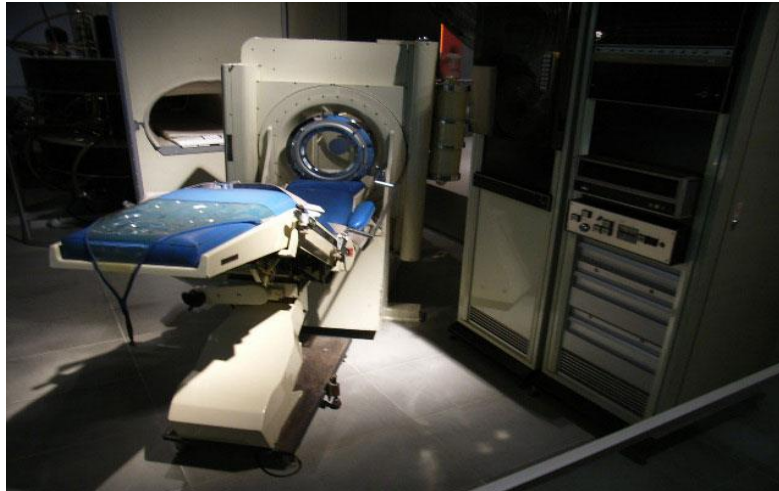


Slika 2. Prvi CT uređaj je konstruiran 1969. godine

Izvor: <http://abrahamo-radiologia.blogspot.hr/2011/07/historia-da-tomografia-computadorizada.html>

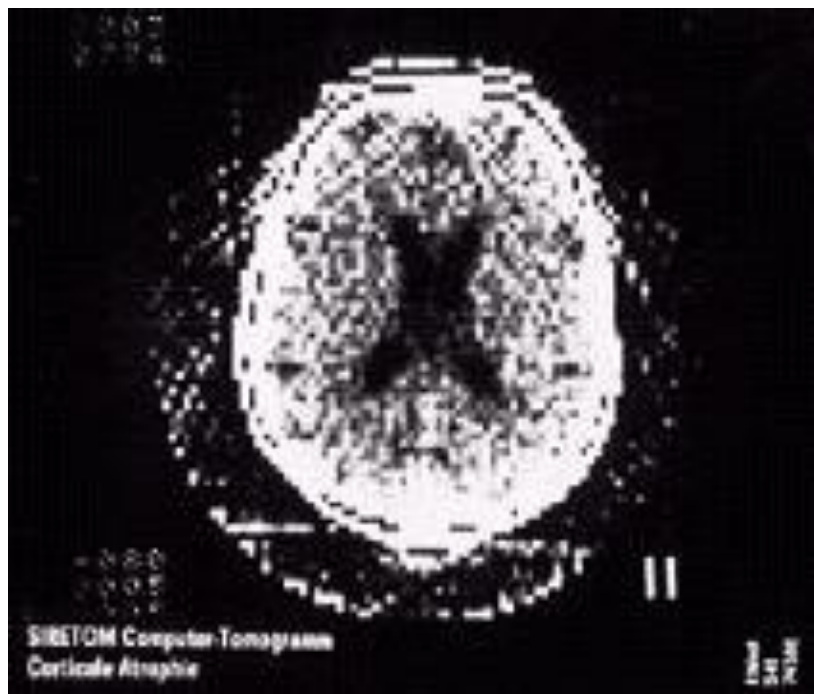


Prvi uređaj za kompjuteriziranu tomografiju glave postavljen je 1971. godine, EMI-Mark1 u maloj bolnici Atkinson Morley Hospital u Wimbledonu kod Londona (Slika 3). Prvi CT uređaj se koristio isključivo za glavu, te je na tom uređaju doktor J. Ambrose 1972. godine učinio prvi CT pregled glave.



Slika 3. Povijesni EMI skener

Izvor: Prof. dr. sc. Marina Maras Šimunić. Dodatni materijali s predavanja-power point prezentacije



Slika 4. Prvi CT sken glave 1972. godine

Izvor: Prof. dr. sc. Marina Maras Šimunić. Dodatni materijali s predavanja-power point prezentacije

Prvi klinički CT uređaj imao je slijedeće karakteristike:

- a) koristio se samo za snimanje glave
- b) matrica slike je bila 80 x 80 piksela
- c) jedna revolucija odnosno obrtaj rtg cijevi je trajao 4,5 minute
- d) jedna slika po revoluciji
- e) debljina skena (sloja) je 10 mm
- f) 8 stupnjeva sive skale (nijansi sive skale)
- g) rekonstrukcija slike odvijala se preko noći.

Kliničkom primjenom CT-a otpočela je era moderne radiologije koja je dovela do razvoja raznih digitalnih tehnologija. Robert Ledley je 1974. godine konstruirao uređaj za kompjuteriziranu tomografiju cijelog tijela, a ekspozicija jednog sloja je trajala 2,5 minute.

Prvi CT uređaj za cijelo tijelo (engl. whole body scanner) 1975. godine montiran je u North With Parc Hospital de Honoro, zatim u klinici Cleaveland, te nakon toga na institutu za radiologiju Mallinekradt i Mayo klinici.

Allan M.Cormack i Godfrey N. Hounsfield 1979. godine dobili su Nobelovu nagradu za medicinu i fiziologiju „za otkriće kompjuterski asistirane tomografije, revolucionarne radiološke metode osobito u istraživanju bolesti nervnog sistema“. Pechmann i Boyd su radili na uređaju koji umjesto rendgenske cijevi koristi akcelerator elektrona, a 1990. godine pojavljuje se prvi spiralni CT uređaj.



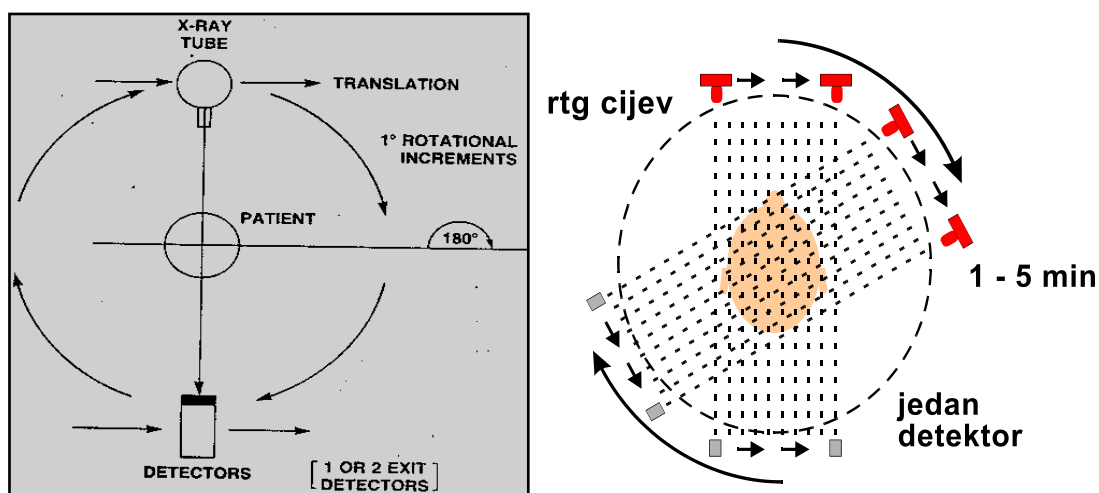
Slika 5.Prvi CT uređaj za snimanje cijelog tijela

Izvor: Prof. dr. sc. Marina Maras Šimunić. Dodatni materijali s predavanja-power point prezentacije

## 3.1 Generacije CT uređaja

### 3.1.1. Uređaji I. generacije

Uređaji prve generacije (1972. godina) imali su kombinaciju rotacijskog pomaka rtg cijevi oko snimanog objekta i translacijskog (transverzalno-poprečnog) i vrlo uski pravocrtni snop rendgenskih zraka (engl. pencil beam) koji je usmjeren samo na jedan detektor. Kada se napravi jedna projekcija, rtg uređaj i detektor se pomiču za jedan stupanj oko snimanog objekta, te se tako cijev pomiče sve dok ne dođe do 180°. Potrebno je mnogo translacija i rotacija da bi se dobila odgovarajuća slika, pa je vrijeme skeniranja bilo dugo, dok je dužina ekspozicije jednog sloja trajala od 3 do 5 minuta. Iz navedenih razloga CT uređajima prve generacije bilo je moguće snimanje samo mozga (potpuno miran dio tijela), zbog toga što se drugi organi zbog fizioloških pokreta nisu mogli snimati „artefakti micanja“, a slike su bile slabije prostorne rezolucije i pacijenti su bili izloženi velikim dozama zračenja.

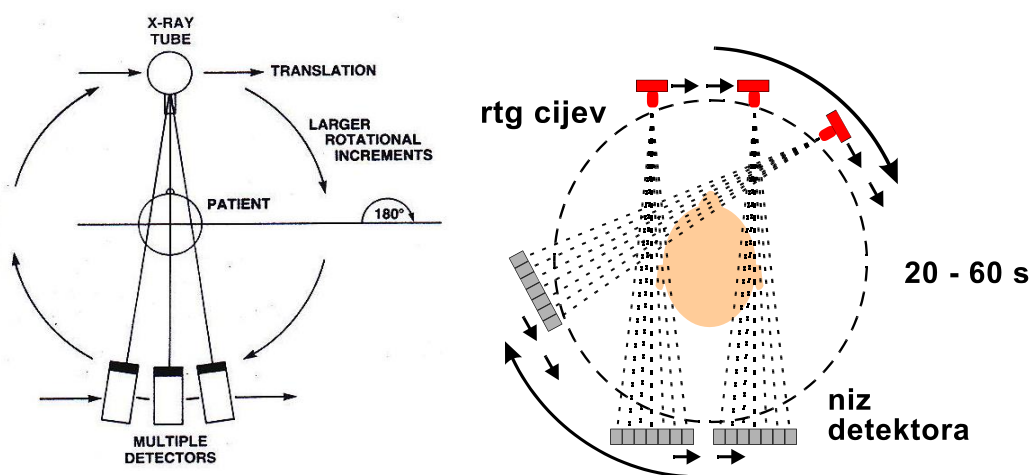


Slika 6. Shematski prikaz principa rada CT uređaja I. generacije

Izvor: Prof. dr. sc. Marina Maras Šimunić. Dodatni materijali s predavanja-power point prezentacije

### 3.1.2. Uređaji II generacije

Uređaji druge generacije (1975. godina) su imala kombinaciju rotacijskog i translacijskog pomaka rendgenske cijevi za vrijeme skeniranja, također su imala širi snop rendgenskih zraka i do 16 detektora. Postignuta je bolja iskoristivost rendgenskih zraka nastalih u rendgenskoj cijevi, skraćeno vrijeme ekspozicije (10 - 60 sekunda po sloju), te smanjeno zračenje pacijenta. S ovim uređajima moguće je bilo snimiti glavu i tijelo pacijenta.



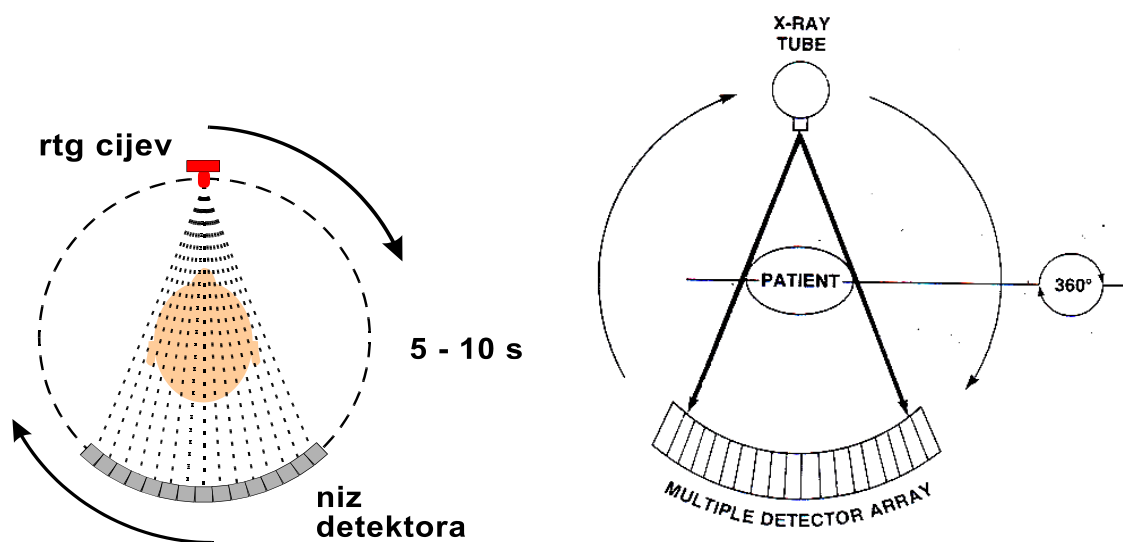
Slika 7. Shematski prikaz principa rada uređaja II. generacije

Izvor: Prof. dr. sc. Marina Maras Šimunić. Dodatni materijali s predavanja-power point prezentacije

### 3.1.3. Uređaji III. generacije

Uređaji III. generacije uređaja (1977. godina) imaju rotaciju rendgenske cijevi i detektorskog luka oko snimanog dijela tijela s širokim lepezastim snopom zračenja. Jedna ekspozicija sadrži 360° rotacije (dužina ekspozicije po jednom sloju traje 1,4 do 14 sekunda). Kod ove generacije CT uređaja karakterističan je fiksni mehanički odnos rendgenske cijevi i detektora. Uglavnom imaju od 380 do 600 detektora. Ovi uređaju imaju kolimaciju ispred i iza tijela pacijenta, a ispred detektorskih kanala

od volframa ili titana u svrhu kolimacije raspršenog zračenja. S ovim uređajima moguće je skeniranje svih organa odnosno i onih organa koji imaju različite fiziološke pokrete (crijeva, ošit, pluća, jednjak, itd).



Slika 8. Shematski prikaz principa rada III. generacije uređaja

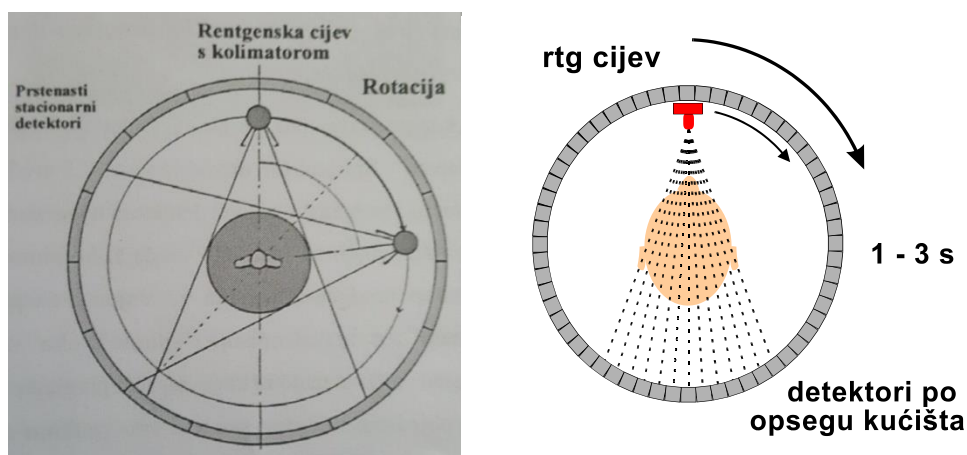
Izvor: Prof. dr. sc. Marina Maras Šimunić. Dodatni materijali s predavanja-power point prezentacije

### 3.1.4. Uređaji IV. Generacije uređaja

Uređaji IV. generacije uređaja (1977. godina) imaju kontinuirano gibanje rendgenske cijevi oko stacioniranih detektora poredanih po čitavom krugu kućišta (engl. gantry) (detektorskoj banani), a snop zračenja je isti kao i u III. generaciji uređaja. Kolimator kod ovih uređaja je pričvršćen na detektorsku bananu, na otvore detektorskih kanala. Ovi uređaji imaju od 1200 do 2000 detektora i više, što značajno poboljšava kvalitetu dobivene slike ovisno o širini lepeze snopa zračenja i broju „obasjanih“ detektora.

Zračenje rendgenske cijevi je kontinuirano, a očitavanje podataka sa dijela detektorske banane odvija se u sekvencijama. Vrijeme ekspozicije jednog sloja traje od 1 do 3 sekunde. Ova generacija uređaja je pogodna za snimanje organa s različitim fiziološkim pokretima organa, slično kao i uređaji III. generacije. Ovi uređaji imaju optimalne tehničke parametre za prostornu odnosno spacijalnu rezoluciju jer koriste najveću moguću kolimaciju snopa rendgenskih zraka (promjera 0,5 do 1,5 mm) i visoku spacijalnu frekvenciju rekonstrukcijskog algoritma. Zahvaljujući odnosu kuta

lepeze zračenja i broja na detektorskoj banani koje ta lepeza zračenja u jedinici vremena obasjava, ovi uređaji daju visokorezolucijsku sliku. Ovi su uređaji osobito značajni za CT dijagnostiku prsnih organa (osobito plućnog intersticija, CT denzitometrija, prikaza struktura piramide temporalne kosti, itd.).



Slika 9. Shematski prikaz principa rada uređaja IV. Generacije

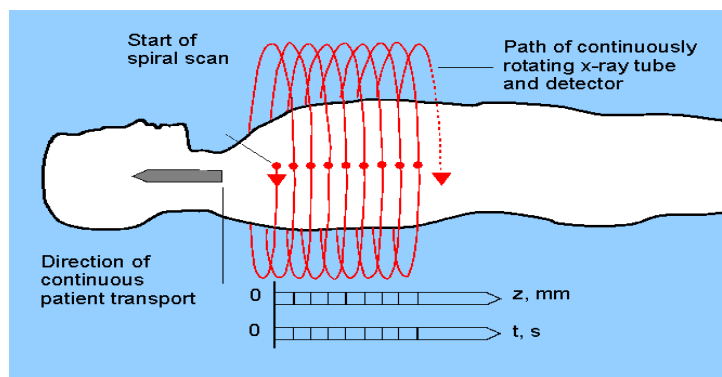
Izvor: S. Janković, F. Mišanović i suradnici. Radiološki uređaji i oprema u radiologiji, radioterapiji i nuklearnoj medicini, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Split, 2015

### 3.1.5. Spiralni CT uređaji

Danas je napuštena podjela uređaja po generacijama zbog uvođenja spiralnog CT uređaja u proizvodnju. U današnje vrijeme upotrebljavaju se isključivo spiralni CT uređaji s više redova detektora na detektorskoj banani. Kod spiralnog CT uređaja vrši se kontinuirana rotacija rendgenske cijevi i detektora u jednom smjeru oko snimanog objekta, koji se automatski na stolu uređaja kontinuirano linearno pomiče kroz linearni snop rendgenskih zraka za vrijeme ekspozicije. Dijagnostički snop rendgenskih zraka na taj način opisuje spiralu oko snimanog objekta, te omogućava pregled velikog anatomskog područja pregledavanoga dijela tijela bez pauza između pojedinih slojeva, i to sve u vrlo kratkom vremenskom periodu.

Osnovna značajka rada spiralnog CT uređaja je dobivanje podataka iz volumena pregledanog dijela tijela. Upotrebom računala pregledani volumen rekonstrukcijskim algoritmima za spiralu (engl. slim, slim2, wide) dobivamo debljinu slojeva koje želimo analizirati (npr. prikaz određenog

sloja kroz hipofizu itd.). Prednosti spiralnih CT uređaja u odnosu na konvencionalne CT sustave su mogućnosti prikaza organa s fiziološkim pokretima, trodimenzionalnog prikaza (3D CT), brzog kontrastnog prikaza krvnih žila (angio CT, perfuzijski CT), virtualne endoskopske pretrage, kvalitetnog prikaza plućnog intersticija (pulmo CT), itd., a sve to uz slike visoke prostorne i kontrastne rezolucije.



Slika 10. Shematski prikaz principa rada spiralnog CT uređaja

Izvor: Prof. dr. sc. Marina Maras Šimunić. Dodatni materijali s predavanja-power point prezentacije

### 3.1.6. Višeslojni CT uređaji

Kao rezultat rješavanja problema brzine rotacije rendgenske cijevi i detektora u jedinici vremena nastala je najnovije generacija CT uređaja koja se zove ultrabrzi CT uređaji (milisekundni CT, „ultrafast CT“). Prvi poznati ultrabrzi CT uređaji imali su rotaciju od 80 okretaja u minuti (subsekundni CT). Tijekom daljnjeg tehnološkog poboljšanja postigle su se brzine od 250 ms po jednoj rotaciji rendgenske cijevi. Pri jednoj rotaciji korištenjem višeredne detektorske banane moguće je rekonstruirati više slojeva, te na takav način dobiti podatke iz većeg volumena u istoj jedinici vremena.

Danas se proizvode uređaji s 2 do 320 detektorskih redova. U svakom detektorskom nizu nalazi se od 600 do 800 detektora, što uz višerednost detektora čini matricu od 1200 do 320 x 800 detektora. Mogućnost obrade velikog volumena pregledanog dijela tijela u vrlo kratkom vremenu je prednost ovakvog sustava. To je omogućilo CT angiokardiografije s uporabom „trigger-a“ ili retrogradnog „gating-a“, CT angiografije, obradu cijelog volumena plućnog parenhima u jednom inspiriju, itd.. Veliku brzinu pojedinačnih pregleda, malu dozu zračenja pacijenta, visoku dijagnostičku pouzdanost, mogućnost obrade velikog broja bolesnika u jedinici vremena, možemo

navesti kao velike prednosti ove vrste CT uređaja. Kao negativnu stranu možemo navesti visoku cijenu uređaja.

Razvojem uređaja za kompjuteriziranu ili računalnu radiografiju, tj. korištenjem više redova detektora za prijem informacija, razvio se novi uređaj koji se zove MSCT (engl. Multislice Computed Tomography) ili višeslojni kompjuterizirani tomograf. Isto tako ovaj uređaj se naziva i MDCT (engl. Multidetector Computed Tomography). MSCT je CT uređaj koji koristi više redova detektora za generiranje više slojeva po jednoj rotaciji. Spiralni način snimanja je kada se vrši snimanje za vrijeme pomicanja stola i objekta za snimanje. Na takav način se pregleda veći dio tijela u manjem vremenu, što direktno utječe na dozu zračenja za pacijenta. Prostorna rezolucija današnjih MSCT uređaja iznosi od 15.5-30 lp/mm (engl. line pair), te što je veća vrijednost lp/mm, to više možemo prostorno razlučiti detalje na dobivenoj slici. Debljina aksijalnog sloja može se mijenjati od 0,5mm - 10mm, i to nakon samog snimanja iz tzv. „sirovih podataka“ (engl. raw data). Poželjno je generirati navedene slojeve debljine do 1 mm zbog toga što je kvalitetna osnova za 3D prikaz dobivenih podataka.



## 4. GRAĐA I FUNKCIJA CT UREĐAJA

### 4.1. Građa CT uređaja

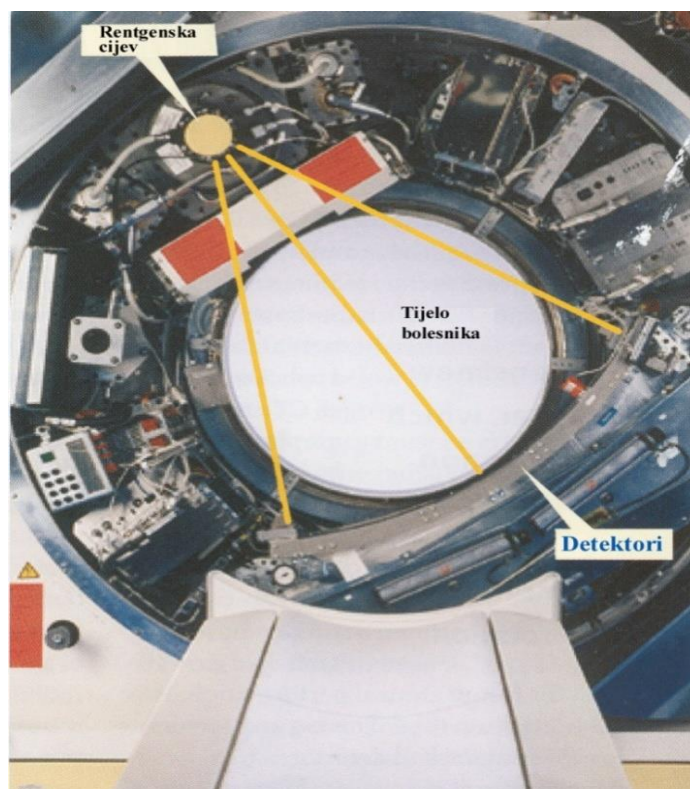
Glavni sastavni dijelovi CT uređaja su:

- Kućište (engl. gantry), koje sadrži rendgensku cijev, detektore i sustav za njihovo hlađenje,
- Stol za bolesnika,
- Visokofrekventni generator,
- Upravljači stol s računalom (radno mjesto operatera) i radna stanica s računalom (evaluacijska konzola, radno mjesto radiologa) za obradu podataka,
- Uređaji za pohranjivanje slika (multispot kamera, laser kamera, suha laser kamera, MOD, CDR, PACS).

#### 4.1.1. Kućište (engl. gantry)

Kućište CT uređaja sadrži i služi za zaštitu bitnih dijelova uređaja: specijalno građenu rendgensku cijev, detektore, (neki uređaji imaju dvije rendgenske cijevi i dva reda detektora), uređaje za transformiranje električne energije, te osigurava kružnu rotaciju rendgenske cijevi oko snimanog dijela tijela pacijenta. Posljednjih nekoliko godina CT uređaji s dvije rendgenske cijevi DSCT (engl. Dual Source Computed Tomography) su sve više u uporabi. Ovi uređaji koriste dvije rendgenske cijevi kao izvor zračenja, koje kruže po kutu od 90° i njima nasuprot dva niza detektora. Rekonstrukciju slike u četvrtini rotacijskog vremena kućišta (330 ms) omogućuje ovakva konstrukcija uređaja, te podiže temporalnu rezoluciju na 82,5 ms. Uporabom isključivo rekonstrukcijskog algoritma za pojedini segment, temporalna rezolucija nije ovisna o srčanoj akciji te nema potrebe za konstantnim pomakom (engl. pitch) koji treba biti prilagođen srčanoj frekvenciji. DSCT poboljšava kvalitetu slike jer smanjuje artefakte pokreta, osobito srčane akcije za razliku od CT-a s jednom rendgenskom cijevi. CT s jednim izvorom rendgenskih zraka, čak i ako je 64-slojni i uz pomoć „trigger-a“, ima malu temporalnu rezoluciju kako bi prikazalo srce bez artefakata pokreta. Promjena energetske razine rendgenskih zraka (dvije rendgenske cijevi s različitim kV) rezultira u promjenama atenuacije koje ovise o vrsti tkiva. DSCT na taj način olakšava diferencijaciju (karakterizaciju) npr. različitih tipova aterosklerotskog plaka (npr. kalcificiranog i mekog plaka).

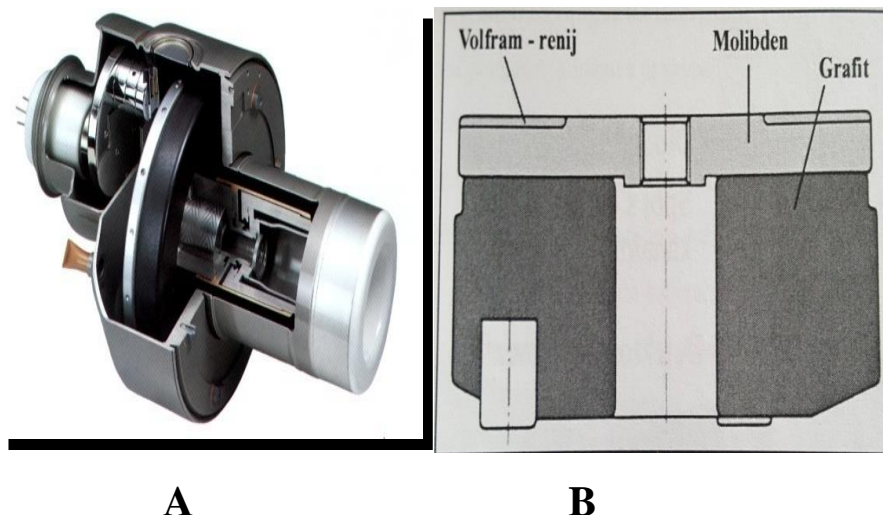
U sredini kućišta nalazi se otvor različitih dimenzija, promjera 50-70 cm (CT simulator ima otvor od 80 cm), u koji se smješta tijelo pacijenta prije snimanja. Rotacija rendgenske cijevi i detektora omogućena je preko remena pokretanog električnim motorom ili linearnim motorom kod kojeg je kućište stator, a rendgenska cijevi detektor rotor. Ovo posljednje je najnovija tehnologija koja omogućuje rotacije brže od 80 okretaja u minuti.



Slika 11. Kućište CT uređaja

Izvor: S. Janković, F. Mihanović i suradnici. Radiološki uređaji i oprema u radiologiji, radioterapiji i nuklearnoj medicini, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Split, 2015.

Rendgenska cijev je posebno konstruirana jer je u radu izložena velikim toplinskim opterećenjima (dugačka ekspozicija za spiralu visoki napon na cijevi itd.), što zahtjeva i poseban sustav za hlađenje (ulje, ulje - voda). Cijevi CT uređaja imaju snagu 20-60 kW pri naponu od 140 kV, rotirajuće anode visokog toplinskog kapaciteta, koje su specijalno građene anode od molibdena na debelom grafitnom sloju, s anodama od volframa i renija. Cijev se osim rotacijom, dodatno hladi posebnim sustavom hlađenja (ulje, ulje - voda). Novije generacije CT uređaja trebaju zadovoljiti još zahtjevnije uvjete kao što su veća snaga rendgenske cijevi, kraće vrijeme ekspozicije, kraće vrijeme hlađenja i manji fokus. STRATON rendgenska cijev je nova tehnologija izrade rendgenske cijevi koja zadovoljava navedene uvjete. Uređaji koji koriste ovakve rendgenske cijevi imaju najkraće vrijeme skeniranja oko 0,37 sekundi pri punoj rotaciji (od 360°).



Slika 12. A) Rendgenska cijev CT uređaja B) Shematski prikaz anode rtg cijevi s CT uređaja s visokim toplinskim kapacitetom

Izvor: S. Janković, F. Mihanović i suradnici. Radiološki uređaji i oprema u radiologiji, radioterapiji i nuklearnoj medicini, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Split, 2015.

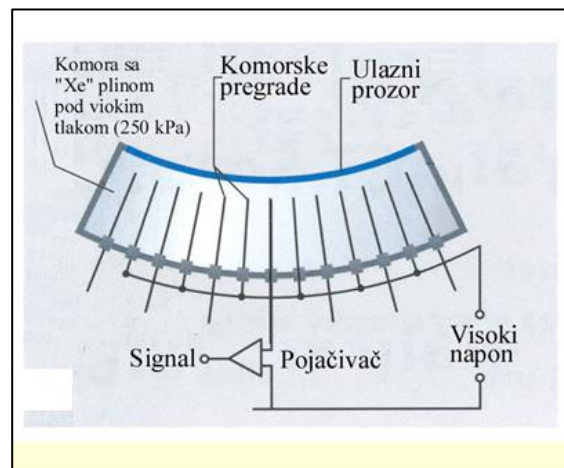
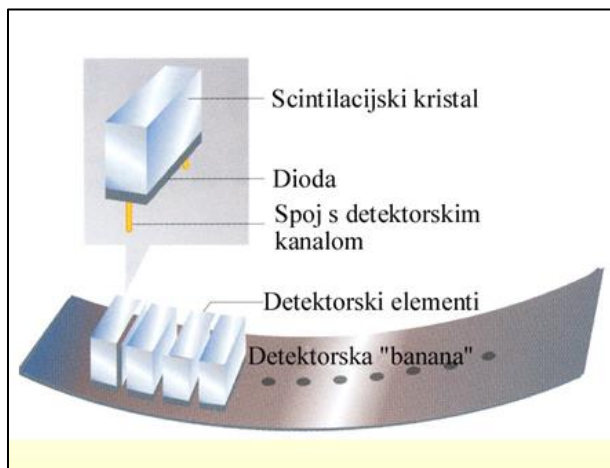
Uz rendgensku cijev, najvažniji dio kućišta su detektori i detektorski kanali. Detektori služe za prihvaćanje rendgenskog zračenja nakon prolaska kroz tijelo pacijenta i njegovo pretvaranje u električni signal, koji će biti digitaliziran i poslužiti za stvaranje slike. Detektori su razmješteni linearno, u obliku luka (detektorska banana). Pojedinačni detektori su građeni od scintilacijskog kristala (cezij jodid, kadmij tungstat, ili keramički detektori ) i fotodiode (ili plinski ksenonski detektori). Scintilacijski detektori su osjetljiviji na rendgensko zračenje, što rezultira manjom dozom zračenja, nije potreban visoki napon za njihov rad, osjetljiviji su na temporalne promjene, a njihova je proizvodnja skuplja.

Plinski detektori (gotovo svi plemeniti plinovi mogu poslužiti za ovu svrhu) rade na principu ionizacije. Za rad ovih detektora potreban je visoki napon između ploča detektorske banane, a tehnološki postupak postizanja paralelnosti u detektorskom nizu je složen. Plinski detektori su jeftiniji i nije potrebna kalibracija, ali imaju slabiju sposobnost detekcije rendgenskog zračenja, kao i povremeno obnavljanje plemenitog plina.

Detektori moraju imati veliku sposobnost apsorpcije rendgenskog zračenja, mogućnost detekcije širokog raspona intenziteta rendgenskog zračenja, moraju biti veoma stabilni neovisno o vremenu korištenja ili temperaturi, itd., a sve to uz dovoljno snažan izlazni signal za digitalizaciju. Detektori (scintilacijski ili plinski) rade na principu scintilacije (svjetlucanja). Nakon izlaganja ionizirajućem zračenju neki materijali scintiliraju, a količina

tako emitiranog svjetla u pravilu je proporcionalna količini apsorbirane energije rendgenskih zraka u detektorskom materijalu. U današnjim CT sustavima CT detektori apsorbiraju preko 90 % energije rendgenskih zraka nakon njihova prolaska kroz tijelo pacijenta. Njihova ukupna efikasnost je oko 45% zbog neizbježnog slobodnog prostora između detektora, te oko 55% energije rendgenskih zraka ne sudjeluje u stvaranju rendgenske slike u CT uređaju.

Prvi CT uređaji su imali samo jedan detektor, dok današnji imaju preko 2500 detektora. Gustoća detektora po dužnom centimetru detektorskog luka kreće se od nekoliko do osam detektora, a osobito je važna jer utječe na prostornu rezoluciju CT uređaja. Danas postoje i prilagodljivi detektorski nizovi AAD (engl. Adaptive Array Detector) koji širinu snopa korisnog rendgenskog zračenja mogu prilagoditi širini detektora bez prekida (engl. gap) između dva detektora. Detektorski kanali služe međusobnom povezivanju detektorskih elemenata. U osnovi kanali sadrže detektorski element, predpojačalo signala i integrator ili analogni filter, te analogno-digitalni konverter.



Slika 14. Shematski prikaz scintilacijskih detektora

Slika 15. Shematski prikaz plinskog detektora

Izvor: S. Janković, F. Mihanović i suradnici. Radiološki uređaji i oprema u radiologiji, radioterapiji i nuklearnoj medicini, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Split, 2015.

**Kolimator** je napravljen od materijala visokog atomskog broja (obično olova). On mora osigurati uski, gotovo monokromatski snop rendgenskih zraka usmjeren na dio tijela koji se snima i detektore. Nalazi se na prozoru rendgenske cijevi, a neke generacije CT uređaja (II i IV. generacija) imaju još jedan kolimator, koji se nalazi iza tijela pacijenta, a ispred detektora. Dodatni kolimator prevenira nastanak artefakata koji mogu nastati zbog varijabilnog položaja izvora rendgenskih zraka, razlučuje raspršeno zračenje koje nastaje u tijelu bolesnika izvan snimanog dijela, itd.

#### 4.1.2. Stol za bolesnika

Stol za pregled bolesnika, služi kao i kod svakog rendgenskog uređaja, služi kao oslonac za vrijeme skeniranja. Nosivi dio stola (ležaj za pacijenta) građen je od karbonskih vlakana, koja su radiotransparentna, ali i vrlo čvrsta.



Slika 16. Uređaj za kompjuteriziranu tomografiju CT sa stolom za pregled bolesnika  
(Izvor: Dr. sc. F. Mihanović)

#### 4.1.3. Visokofrekventni generator

Visokofrekventni generator stvara izmjenični napon visoke frekvencije 5 do 20 kHz. Visokofrekventni napon se dovodi na visokonaponski transformator, a daljni proces je isti kao i kod klasičnog generatora. Izmjenični napon visoke frekvencije se dobiva, tako što se mrežni izmjenični napon 380 V / 50 Hz ispravlja i dobiva istosmjerni napon od 250 do 400 V. Padovi



napona kod ove vrste generatora su manji od 1%, što se odražava na kvalitetu i kvantitetu visokoprodornih rendgenskih zraka, a što je osobito značajno za stabilan rad CT uređaja.

Prednosti visokofrekventnog generatora su :

- broj impulsa je neovisan o frekvenciji mrežnog napona (kod klasičnih generatora taj broj impulsa može biti 2, 4, 6 ili 12),
- na rendgenskoj cijevi stvara napon s minimalnim valovanjima gotovo kontinuiranu istosmjernu struju,
- VF generator iste snage kao klasični znatno je manjih dimenzija,
- omogućuje postizanje vrlo kratkih ekspozicija svega nekoliko milisekundi (ms).

#### 4.1.4. Upravljački stol s računalom

Upravljanje CT uređajem odvija se preko upravljačkog računala smještenog u drugoj prostoriji. Računalo ima aplikativni softver s protokolima za snimanje, kao i mogućnost promjene parametara snimanja i protokola. Razvojem aplikacija za CT otvorila se mogućnost naknadne obrade dobivenih slikovnih isječaka (engl. postprocessing), u 2D, 3D, 4D i 5D slikovnim prikazima. Za naknadnu obradu slika koriste se radne stanice (računala s visokim tehnološkim performansama) na kojima su instalirane aplikacije koje podržavaju naknadnu obradu slike. Slike s CT-a, uz pomoć teleradiologije, mogu biti dostupne na udaljenim lokacijama bez prostornog ograničenja.



Slika 17. Upravljačka konzola CT uređaja

(Izvor: Dr. sc. F. Mihanović)



Slika 18. Radna stanica za obradu i evaluaciju slika s CT uređaja  
(Izvor: Dr. sc. F. Mihanović)

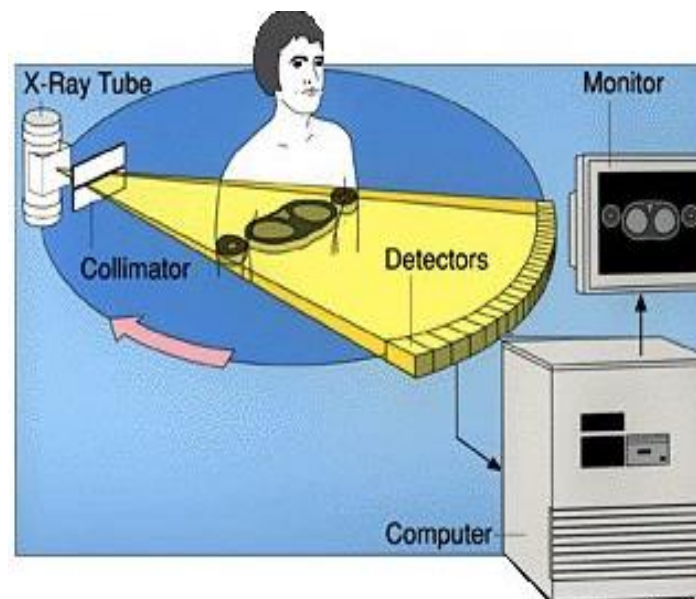
## 4.2. Funkcija CT uređaja

Princip rada se temelji na slabljenju (atenuaciji) rendgenskih zraka prolaskom kroz snimani dio tijela, do čega dolazi zbog apsorpcije i rasapa energije rendgenskih zraka. Slabljenje rendgenskih zraka izražava se koeficijentom apsorpcije, koji ovisi o atomskom broju i elektronskoj gustoći tkiva te energiji rendgenskih zraka. Što je veći atomski broj i gustoća elektrona snimanog tkiva, to je veći koeficijent apsorpcije. Nakon prolaska rendgenskog zračenja kroz tkiva različitih organa, oslabljeno zračenje pada na detektore koji ga pretvaraju u električne signale koji su proporcionalni atenuaciji snimanog objekta. Iz niza takvih projekcija koji su nastali za vrijeme rotacije rendgenske cijevi i detektora, složenim matematičkim algoritmima uz pomoć računala rekonstruira se slika objekta i prikazuje na ekranu u oblike matrice slike sastavljene od piksela.

Kontrastna rezolucija kod CT-a je visoka, jer se kod snimanja tankih slojeva tijela (obično u rasponu od 0,5 do 10 mm debljine) izbjegava superpozicija normalnih i patoloških tkiva izvan odabranog sloja. Osjetljivost CT-a u detekciji intenziteta rendgenskih zraka nakon prolaska kroz tijelo pacijenta je za oko 100 puta veća u odnosu na konvencionalni rendgenski film. To je glavna karakteristika kompjuterizirane tomografije, jer omogućava dosta precizno mjerenje atenuacije rendgenskih zraka prolaskom kroz određeni dio tijela. Atenuacija se izražava brojem atenuacije ili CT brojem, koji je u čast izumitelja kompjuterizirane tomografije nazvan **Hounsfieldovom jedinicom** (engl. HU, Hounsfield unit). Raspon mjerljivih stupnjeva atenuacije je od -1000 do +3000 jedinica. Atenuacijski broj za vodu je 0,

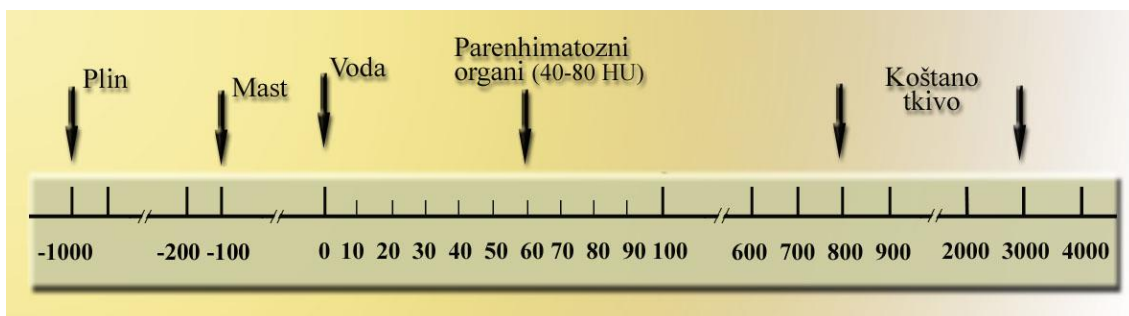
plin -1000, mast-100, parenhimatozne organe 40-80, a za koštano tkivo 800-3000 Hounsfieldovih jedinica.

Najnoviji CT uređaji imaju proširenu skalu CT atenuacije u rasponu od -10000 do +30000 HU (koristi se za bolji prikaz metalnih implantata, umjetnih kukova i sl.). Za kompjutorsku obradu su najpogodniji poprečni (transverzalni, aksijalni) presjeci tijela, pa svi CT uređaji rade na principu prikazivanja tijela s transverzalnim presjecima i slojevima.



Slika 19. Shematski prikaz principa rada CT za generiranje apsorpcijskih vrijednosti

Izvor: Prof. dr. sc. Marina Maras Šimunić. Dodatni materijali s predavanja-power point prezentacije



Slika 20. Hounsfieldova skala apsorpcijskih vrijednosti na CT uređaju

Izvor: S. Janković, F. Mihanović i suradnici. Radiološki uređaji i oprema u radiologiji, radioterapiji i nuklearnoj medicini, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Split, 2015.

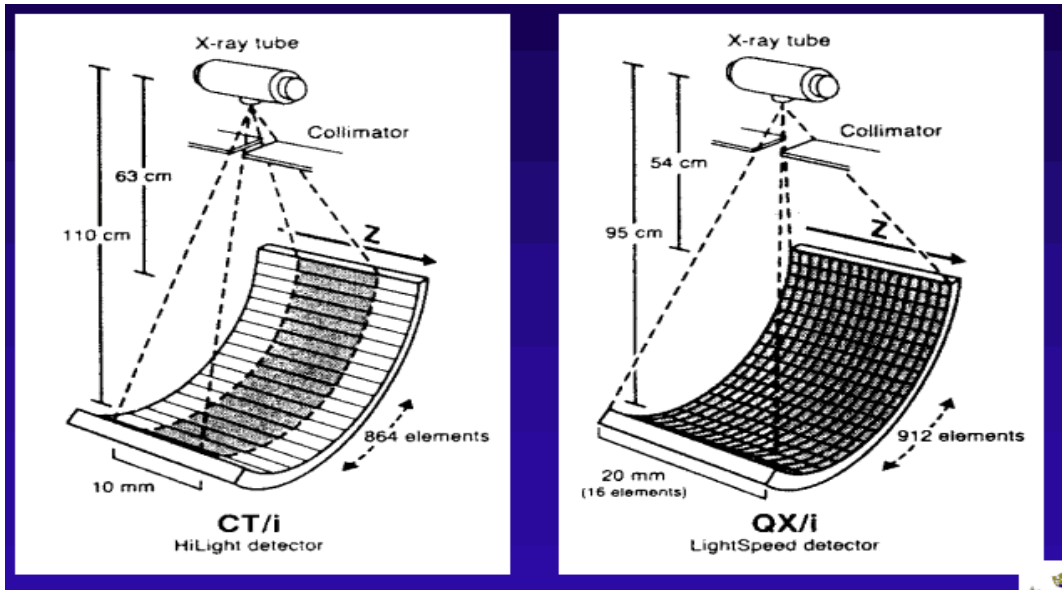


## 6. CT - MSCT TEHNOLOŠKE SLIČNOSTI I RAZLIKE

Kod konvencionalnog CT uređaja tijelo pacijenta se snima sloj po sloj. Karakteriziraju ih aksijalni (poprečni) slojevi i gibanje rendgenske cijevi i stola po principu start/stop. Rtg cijev i detektor rotiraju oko pacijenta, a tijekom rotacije se na posebni bubanj u kućištu namotavaju visokonaponski kablovi koji cijev opskrbljuju električnom energijom. Tijekom skeniranja jednog sloja pacijent mora duboko udahnuti i zadržati dah. Nakon što se snimi jedan sloj stol i pacijent se pomiču na položaj za snimanje idućeg sloja, te se rendgenska cijev i detektori rotiraju uz odmotavanje kablova. Mogućnost da pacijent za vrijeme snimanja pojedinih slojeva zadrži dah u raznim fazama disanja dovodi do izostanka prikaza cijelog volumena tijela koji želimo prikazati, odnosno mogućeg izostanka prikaza manjih struktura. Također možemo reći da je postupak snimanja spor, te da su 2D i 3D rekonstrukcije vrlo slabe kvalitete.

Kod spiralnih CT uređaja koristi se tzv. „slip rings“ tehnologija tj. kontakti napona i struje potrebni za rad rtg cijevi i detektora nalaze se na tzv. prstenu, što omogućuje kontinuiranu rotaciju u jednom smjeru rtg cijevi i detektora, te se kontinuiranim pomakom stola za vrijeme snimanja generiraju podaci iz snimanog volumena tijela. Danas je ova tehnologija u potpunosti zamjenila sve dosadašnje načine rotacije rtg cijevi i detektora kod CT uređaja.

Višeslojni CT uređaj (engl. Multislice, MSCT) je najnovija vrsta CT uređaja koja sadrži više slojeva detektora koji omogućuju kraće vrijeme snimanja, te više podataka može biti poslano u kompjuter tijekom trajanja jedne rotacije. Koristi se spiralni način snimanja, a to znači da se tijekom snimanja vrši pomicanje stola i objekta snimanja zajedno, a to posredno utječe na dozu zračenja za pacijenta. Kod MSCT uređaja možemo reći kako je većina prije navedenih parametara bolja nego kod jednoslojnih, a posebno se izdvaja kraće vrijeme skeniranja većeg volumena tijela. Kod ovih uređaja nešto je bolja kontrastna rezolucija, postižu se tanji slojevi jer se može koristiti velik broj fotona za bolju kvalitetu slike. Prostorna rezolucija ovisi o tehnološkoj razini MSCT uređaja ali nije značajno bolja od tehnološko razvijenih jednoslojnih CT uređaja.



Slika 21. Shematski prikaz jednoslojnog (lijevo) i višeslojnog (desno) detektora

Izvor: Prof. dr. sc. Marina Maras Šimunić. Dodatni materijali s predavanja-power point prezentacije

## 8. ZAKLJUČAK

Danas se u svakodnevnoj radiološkoj praksi koriste spiralni jednoslojni i višeslojni CT uređaji. Korištenje pojedine vrste CT uređaja ovisi o vrstama dijagnostičkih procedura i postupaka te traženom i željenom konačnom prikazu anatomskih struktura pojedinih dijelova tijela. Tehnološke razlike tj. tehnološka razina MSCT uređaja značajno doprinosi kvaliteti pretrage i radiološkog prikaza dijelova tijela kao i brzini izvođenja pretrage, što je omogućilo uvođenje novih pretraga na CT uređaju kao npr. CT koronarografije i MSCT angiografije, kao i naknadnoj obradi slike u 2D, 3D, 4D i 5D prikazu slike i eksportu slike u druge slikovne formate ovisno o potrebama daljnje distribucije slika s CT-a.

Doza zračenja za pacijenta je manja ali ne značajno kada se uzme u obzir količina fotona (zračenja) koja je potrebna da bi se dobila kvalitetna slika, posebno kada se snimaju transverzalni presjeci s submilimetrskom debljinom. Prostorna rezolucija kod MSCT uređaja je slična kod uređaja koji generiraju 16 i više slojeva u jednoj rotaciji. Iako se ne radi o tehnološkim razlikama bitno je napomenuti kako su velike razlike u cijenama MSCT uređaja i ovisne o broju redova detektora i tehnologiji koja se koristi za stvaranje slike.

## 9. SAŽETAK

CT uređaji koji se upotrebljavaju u radiologiji koriste spiralni način snimanja i višeredne nizove detektora koji se nazivaju MDCT (engl. **M**ultidetector **c**omputed **t**omography i /ili MSCT uređajima (engl. **M**ultislice **C**omputed **T**omography).

Spiralni CT uređaji koristi se tzv. „slip rings“ tehnologijom, što omogućuje kontinuiranu rotaciju u jednom smjeru rtg cijevi i detektora, te se kontinuiranim pomakom stola za vrijeme snimanja generiraju podaci iz snimanog volumena tijela. Danas je ova tehnologija u potpunosti zamjenila sve dosadašnje načine rotacije rtg cijevi i detektora kod CT uređaja.

Spiralni višeslojni CT uređaj (engl. Multislice, MSCT) je najnovija vrsta CT uređaja koja sadrži više slojeva detektora koji omogućuju kraće vrijeme snimanja što direktno utječe na dozu zračenja za pacijenta i brzinu snimanja. Prostorna rezolucija ovisi o tehnološkoj razini MSCT uređaja ali nije značajno bolja od tehnološko razvijenih jednoslojnih CT uređaja.

Tehnološka razina i razvoj MSCT uređaja značajno doprinose kvaliteti pretraga i radiološkog prikaza dijelova tijela kao i brzini izvođenja pretrage, što je omogućilo uvođenje novih pretraga na CT uređaju kao i naknadnoj obradi slike u 2D, 3D, 4D i 5D prikazu slike.

## **10. SUMMARY**

CT radiology devices use a helical recording mode and multilayer array of detectors called Multidetected Computed Tomography (Multidetector Computed Tomography and / or MSCT).

Spiral CT devices are used so-called. "Slip rings" technology, allowing continuous rotation in one direction of the rtg tube and detector, and continuous scrolling of the table during recording generates data from the recorded volume of the body. Today, this technology has completely replaced all the current rotation of rtg tubes and detectors at CT devices.

Multislice CT (MSCT) is the latest type of CT device that contains multiple layers of detectors that allow shorter recording time, which directly affects the dose of radiation for the patient. Spatial resolution depends on the technological level of MSCT but is not significantly better than technologically advanced single-layer CT devices.

The technological level and development of the MSCT device contributes significantly to the quality of the scan and the radiological appearance of the body parts as well as the speed of the scan and exame, enabling the introduction of new CT scan results as well as the subsequent processing of images in 2D, 3D, 4D and 5D image views.

## 11. LITERATURA

1. S. Janković, F. Mihanović. Uvod u radiologiju, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Split, 2013. ISBN 978-953-7220-17-4
2. S. Janković, F. Mihanović i suradnici. Radiološki uređaji i oprema u radiologiji, radioterapiji i nuklearnoj medicini, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Split, 2015., ISBN 978-953-7220-21-1
3. Prof. dr. sc. Marina Maras Šimunić. Dodatni materijali s predavanja-power point prezentacije

## 12. ŽIVOTOPIS

Zovem se Živko Terze. Rođen sam u Splitu 28. svibnja 1991. godine. Osnovnu školu „Kamen-Šine“ završio sam u Splitu 2006. godine. Srednju školu Braća Radić Kaštela, zanimanje – Poljoprivredni tehničar fitofarmaceut, završio sam 2010. godine. Sveučilišni odjel zdravstvenih studija u Splitu, preddiplomski sveučilišni studij Radiološka tehnologija, upisao sam 2011. godine. Imam verificiranu svjedodžbu o znanju engleskog jezika na razinama B1 i B2 Centra za strane jezike u Splitu. Posjedujem vozačku dozvolu B kategorije.