

---

# RAČUNALNIŠKA RADIOGRAFIJA – CR SLIKOVNE PLOŠČE

## COMPUTER RADIOGRAFY – PHOTOSTIMULATIVE PHOSPHOR PLATES

Nejc Mekiš, dipl. inž. rad., Visoka šola za zdravstvo Ljubljana,  
Poljanska 26a, 1000 Ljubljana, nmekis@gmail.com

### **IZVLEČEK**

Zaradi stremenja k zmanjšanju dozne obremenitve pacienta in osebja ter izboljšanju kvalitete slik in možnosti kasnejše obdelave je prišlo do naglega razvoja na področju radiologije in radiološke tehnologije. Analogne sisteme je začela zamenjevati računalniška radiografija (CR) s fotostimulativnimi fluorescentnimi detektorskimi sistemi (PSP).

Fotostimulativne fluorescentne plošče vsebujejo določene kemijske elemente, ki ob izpostavljenosti rentgenskim žarkom tvorijo latentno sliko, ki jo kasneje preberemo s pomočjo CR digitalizatorja oz. CR bralne enote.

Glavna prednost novejšje tehnologije pred sistemom folija-film je ekspozicijska širina. Pri slikovni tehniki lahko dosežemo optimalen razpon sivin pri ekspozicijskih pogojih, ki so višji ali nižji od optimalnih vrednosti.

### **ABSTRACT**

Radiology and radiographic technology has recently developed in a way to reduce dose index for patients and personnel, to improve quality of images and postprocessing. Computed radiography which uses photostimulable phosphor plates was the first development in digital radiography.

Photostimulable phosphor plate is a radiographic screen containing a special class of phosphors which when exposed to X-rays, stores the latent image, the energy of which may later be freed as light by stimulation with a scanning laser beam.

The imaging plate has a much wider dynamic range than film-screen systems, with a linear characteristic curve, giving the system a much wider exposure latitude than film-screen systems.

## UVOD IN NAMEN ČLANKA

Z napredkom razvoja v tehnologiji, je prišlo do naglega razvoja tudi v radiologiji in radiološki tehnologiji. Konvencionalne oz. analogne sisteme so začeli zamenjevati posredni in neposredni digitalni detektorji. Prve so že v začetku osemdesetih let v uporabo prišle CR slikovne plošče, ki so zamenjale filme v radiografskih kasetah ([medical.koniaminolta.us/eprise/main/kmmi/content/products/documents/CRPlateInfo.pdf](http://medical.koniaminolta.us/eprise/main/kmmi/content/products/documents/CRPlateInfo.pdf), 2007). Do razvoja le-teh je prišlo zaradi stremenja k zmanjšanju dozne obremenitve pacienta in osebja, izboljšanju kvalitete slik in možnosti kasnejše obdelave slike, kar z analognimi sistemi folija-film ni bilo mogoče. Uporaba CR plošč pa se je znatno povečala na prelomu stoletja, ko so v večini bolnišnic začeli uporabljati sistem PACS (Bushberg et al 2002). Prvotna zmes materialov je bila BaFBr:Eu<sup>2+</sup>. Zaradi zelo nizkega atenuacijskega koeficienta te zmesi, je leta 1988 v uporabo prišla zmes BaF(Br,I):Eu<sup>2+</sup>, z izboljšanim atenuacijskim koeficientom. S tem se je izboljšala kvaliteta slike in zmanjšala dozna obremenitev pacienta ([medical.koniaminolta.us/eprise/main/kmmi/content/products/documents/CRPlateInfo.pdf](http://medical.koniaminolta.us/eprise/main/kmmi/content/products/documents/CRPlateInfo.pdf), 2007).

Namen članka je predstaviti sestavo in delovanje posredne metode digitalne radiografije oz. CR slikovnih plošč, ter njihove prednosti in pomanjkljivosti.

## PREDSTAVITEV IN SESTAVA CR SLIKOVNIH PLOŠČ

Računalniška radiografija ali angleško computed radiography (CR) je marketinško ime za fotostimulativne fluorescentne detektorske (PSP) sisteme (Bushberg et al 2002), ki je v uporabo prišlo leta 1998 ([medical.koniaminolta.us/eprise/main/kmmi/content/products/documents/CRPlateInfo.pdf](http://medical.koniaminolta.us/eprise/main/kmmi/content/products/documents/CRPlateInfo.pdf), 2007). Plošče v resnici ne vsebujejo fosforja, vendar izraz izhaja iz angleške besede »phosphors«, ki označuje halogene elemente, ki se obnašajo kot fosfor, če jih osvetlimo s svetlobo določene frekvence. Kot npr. Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S (gadolinijev oksisulfid), ki se uporablja pri sistemu folija-film; ta odda oz. emitira vidno svetlobo neposredno po ekspoziciji z rentgenskimi fotoni (Bushberg et al 2002).

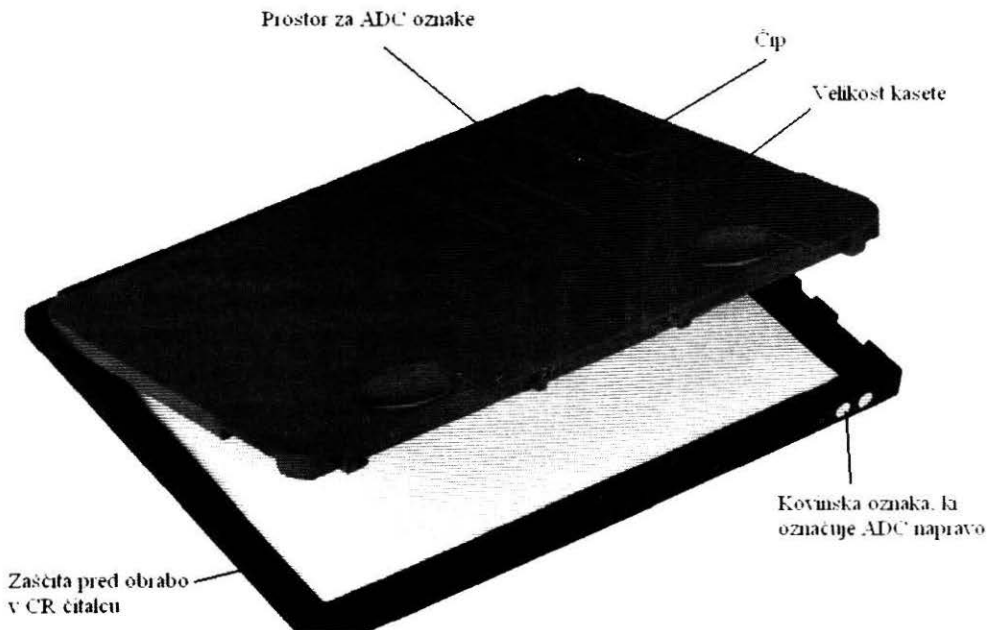
Kot nam že samo ime fotostimulativne fluorescentne plošče pove, pri tem sistemu izkoriščamo fluorescenco. Fluorescenca je oblika luminescence, ko snov, ki oddaja vidno svetlobo zasveti v času, ki je krajši od 10<sup>-8</sup> sekunde po stimulaciji ([www.slovarcek.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=2893&Itemid=52](http://www.slovarcek.com/index.php?option=com_content&task=view&id=2893&Itemid=52), 2007).

Ko fluorescentne plošče absorbirajo rentgenske fotone, se energija ujame v CR slikovni plošči in tvori latentno sliko. Nekaj prejete energije se emitira takoj po prejemu, pomembna pa je energija, ki ostane ujeta v CR plošči ([www.e-radiography.net/cr/crt\\_imaging\\_cycle.html](http://www.e-radiography.net/cr/crt_imaging_cycle.html), 2007).

To latentno energijo lahko kasneje preberemo s pomočjo CR digitalizatorja oz. CR bralne enote. Prav zaradi tega postopka so fluorescentne plošče imenovane tudi »shranjevalni fosfor« (Bushberg et al 2002).

CR slikovna plošča je prav tako kot film vložena v kaseto in se pri uporabi zunaj digitalizatorja nahaja v kaseti. Kasete za CR slikovne plošče se imenujejo analogno-digitalne kasete (ADC). ADC kasete ima vgrajen notranji čip, na katerega prenesemo s pomočjo identifikacijskega signatorja t.i. demografske podatke. Ti podatki zajemajo podatke o kaseti, pacientu, preiskavi in posamezni ekspoziciji

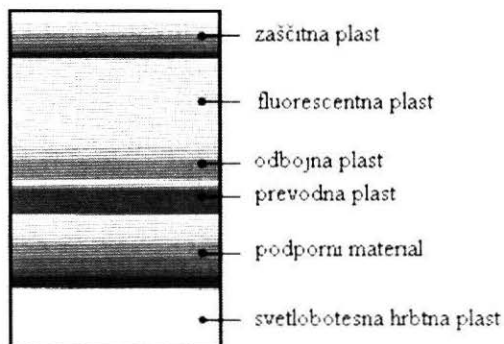
(www.kodak.com, 2007). Slikovna plošča je popolnoma analogna komponenta podatke na njej digitaliziramo z analogno digitalnim pretvornikom (ADC) oz. CR bralno enoto, ki jo »prebere«. Zato vsako posamezno sliko, narejeno na CR slikovni plošči, obravnavamo kot sliko na filmu. To pomeni, da je potrebno CR ploščo, ki se nahaja v kaseti, po vsaki izpostavljenosti rentgenskim fotonom, vstaviti v CR čitalec, da sliko odčita in pretvori v digitalno sliko in/ali, da jo popolnoma izbriše v primeru, da je bila izpostavljena sipanemu sevanju ali sončni svetlobi (dalj časa) in pripravi za ponovno uporabo (Bushberg et al 2002).



Slika 1: ACD kasete (www.e-radiograph.net/cr/agfa\_cr\_plates.pdf, 2007)

Plasti CR slikovne plošče so: (Bushberg et al 2002)

- Zaščitna plast je tanka in prepustna za rentgenske fotone. Ščiti fluorescentno plast pred poškodbami, ki lahko nastanejo zaradi vstavljanja plošče v bralno enoto, med branjem plošče ali čiščenjem le-te.
- Fluorescentna plast, v kateri so fluorescentne snovi vezane z organskimi polimeri. Vezivo zagotavlja visoko stopnjo disperzije fluorescentne snovi in oblikuje zgradbo plasti. Plast mora biti neobčutljiva na temperaturne razlike in vlago. Kot vezivo pa se uporabljajo sintetični polimeri (poliester, akril, poliuretan...).
- Lahka odbojna plast zagotavlja, da se iz slikovne plošče v CR čitalcu emitira čim večja količina svetlobe.
- Prevodna plast, ki odstranjuje statično elektriko in sipano svetlobo. Do statične elektrike pride predvsem pri transportu slikovne plošče skozi bralno enoto, kar lahko močno vpliva na kvaliteto slike.
- Podporna plast, ki daje trdnost plošči in jo ščiti pred mehanskimi poškodbami. Zgrajena je iz polietilen tereftalata (PET), debeline 200 do 350  $\mu\text{m}$ . Črni PET absorbira svetlobo in preprečuje odboj svetlobe nazaj v fluorescentno plast.
- Hrbtna plast je iz mehkega polimera, ki ščiti zadnjo stran pred poškodbami.



Slika 2: Zgradba fluorescentnih plošč  
([www.everestvit.com/download/products/xr/cr\\_dr/GEIT-45483EN\\_dxr-solutions.pdf](http://www.everestvit.com/download/products/xr/cr_dr/GEIT-45483EN_dxr-solutions.pdf), 2007)

CR slikovne plošče zmorejo več kot 200 tisoč bralnih ciklov brez kakršnih koli zmanjšanih vrednosti parametrov kakovosti slike, vendar le, dokler ni fizičnih poškodb na sami plošči (<http://www.cobrascan.com>, 2007).

## SESTAVA CR PLOŠČE IN PRIDOBIVANJE LATENTNE SLIKE

Kemijska formula za CR slikovne plošče je  $\text{BaFX:Eu}^{2+}$  ([www.fujifilm.com/products/life\\_science/si\\_imgplate/whatis20.html](http://www.fujifilm.com/products/life_science/si_imgplate/whatis20.html), 2007). Na mesto X se veže eden izmed treh elementov 7. kemijske skupine oz. halogenih elementov ([projekti.svarog.org/periodni\\_sistem/glavna-7.html](http://projekti.svarog.org/periodni_sistem/glavna-7.html), 2007). Prav zaradi tega se materiali iz katerih so narejene CR plošče imenujejo barijevi fluor halogenidi aktivirani z evropijem (Bushberg et al 2002). Kot je že omenjeno na začetku odstavka, se na mesto X vežejo halogeni elementi, ki

tvorijo naslednje zmesi: BaFI:Eu<sup>2+</sup>, BaFCl:Eu<sup>2+</sup>, BaFBr:Eu<sup>2+</sup> ([http://www.medcyclopaedia.com/library/topics/volume\\_i/p/photostimulable\\_phosphor\\_plate.aspx](http://www.medcyclopaedia.com/library/topics/volume_i/p/photostimulable_phosphor_plate.aspx), 2007).

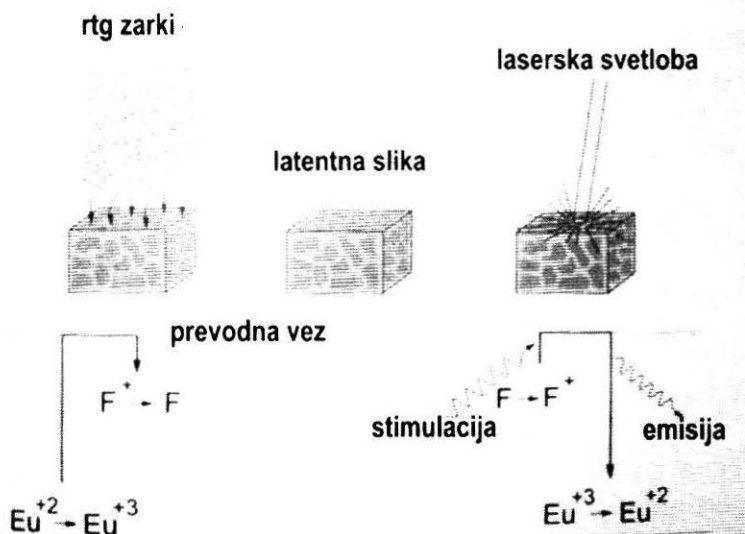
Na začetku so uporabljali zmes BaFBr:Eu<sup>2+</sup>, ki je imela zelo nizek atenuacijski koeficient ([www.amersham-health.com](http://www.amersham-health.com), 2007). Ko pa je leta 1988 v uporabo prišla zmes BaF(Br,I):Eu<sup>2+</sup>, pa se je povečal atenuacijski koeficient, kar je izboljšalo kvaliteto slike in zmanjšalo dozno obremenitev pacienta ([medical.konicaminolta.us/eprise/main/kmml/content/products/documents/CRPlateInfo.pdf](http://medical.konicaminolta.us/eprise/main/kmml/content/products/documents/CRPlateInfo.pdf), 2007).

Tipične CR slikovne plošče so sestavljene iz približno 85% BaFBr in 15% BaFI in so aktivirane z majhno koli-

čino evropija (Eu) (Bushberg et al 2002).

Ta aktivacijski proces se imenuje vzburljenje ali »doping«. Aktivacija z evropijem povzroči na BaFX kristalih napake oz. F<sup>+</sup> centre v katere se elektroni ujamejo in tvorijo latentno sliko. Poimenovanje F centra izhaja iz nemške besede »Farbe« - barva (Bushberg et al 2002).

Ko je fluorescentna snov izpostavljena rentgenskim fotonom, se veliko število elektronov nabije z energijo in preide iz valentne vezi v prevodno vez. To omogoči, da fluorescentna snov shrani večino energije rentgenskih fotonov. V kristalu nastane praznina, ker je elektron, ki je nabit z energijo odletel in se ujel v F centru. Ta proces povzroči, da dvovalentni evropijevi atomi (Eu<sup>2+</sup>) oksidirajo



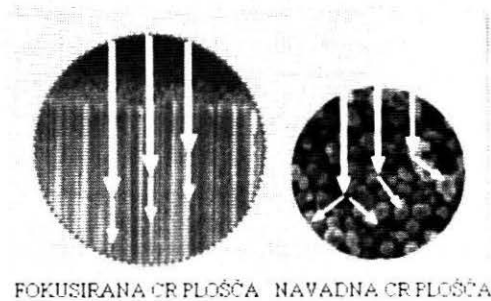
Slika 3: Pridobivanje in odčitavanje latentne slike (Bushberg et al 2002)

in se pretvorijo v trivalentne ( $\text{Eu}^{3+}$ ). Latentna slika, ki nastane po ekspoziciji na fluorescentni plošči je v bistvu milijarda elektronov, ujetih v F centrih. Elektroni, ki so ujeti v F centrih se nato počasi vračajo v prvotno stanje ([www.e-radiography.net/cr/crt\\_imaging\\_cycle](http://www.e-radiography.net/cr/crt_imaging_cycle)). Kljub vračanju v prvotno stanje pa so elektroni pri sobni temperaturi tehnično uporabi še približno 8 ur po ekspoziciji ([www.amers-hamhealth.com](http://www.amers-hamhealth.com), 2007).

Število ujetih elektronov določenih na enoto slikovne plošče je odvisno od intenzitete rentgenskih fotonov ([http://www.medcyclopaedia.com/library/topics/volume\\_i/p/photostimulable\\_phosphor\\_plate.aspx](http://www.medcyclopaedia.com/library/topics/volume_i/p/photostimulable_phosphor_plate.aspx), 2007).

Novosti pri sestavi CR plošč pa sta fokusirana fosforna plošča in dvostransko branje slikovnih plošč.

Pri fokusirani CR plošči so uporabili debelejšo plast baze oz. fotostimulativnega materiala. Glavni razlog je sprememba strukture delcev (iglična struktura), ki omogoča, da svetloba prodre globoko v notranjost in zato fluorescentna plast zajame večjo količino svetlobe, kar da boljšo kvaliteto slike ([www.fujifilm-slovenia.com/?ids=velocityTfp](http://www.fujifilm-slovenia.com/?ids=velocityTfp), 2007).



Slika 4: Prikaz zgradbe fokusiranih CR plošč ([www.fujifilm-slovenia.com/?ids=velocityTfp](http://www.fujifilm-slovenia.com/?ids=velocityTfp), 2007)

Dvostransko branje CR slikovnih plošč omogoča transparentna baza plošče. Zaradi večje učinkovitosti fotostimulativnega plastnega obojestranskega branja CR plošče slika nastane z manjšo ekspozicijo. Doza za pacienta je manjša, kvaliteta slike pa nespremenjena ([www.fujifilm-slovenia.com/?ids=profectone](http://www.fujifilm-slovenia.com/?ids=profectone), 2007).

## BRANJE SLIKE

CR kaseto je po ekspoziciji potrebno vstaviti v CR bralno enoto oz. v analogno-digitalni pretvornik. Ko kaseto vstavimo v CR bralno enoto, sledijo naslednji koraki:

1. Kasetna se pomakne v notranjost aparata, ki jo odpre in iz nje mehanično odstrani CR slikovno ploščo (Bushberg et al 2002). Nato jo bralna enota prebere CR slikovno ploščo, ki s pomočjo dveh laserskih diod, katerih svetlobo usmerja večkotno zrcalo. CR slikovna plošča se v bralni enoti premika v vertikalni (y) smeri, laser pa jo bere v horizontalni (x) smeri ([www.fujifilm.com/products/life\\_science/si\\_imgplate/whatis20.html](http://www.fujifilm.com/products/life_science/si_imgplate/whatis20.html), 2007).

Laserska svetloba stimulira emisijo v plošči ujete energije v obliki vidne svetlobe. Ko rdeči laser (laser - »light amplification of stimulated emission of radiation«, kar v prevodu pomeni svetlobno ojačanje spodbujeno z emisijo sevanja) ([sl.wikipedia.org/wiki/laser](http://sl.wikipedia.org/wiki/laser), 2007) skenira del slikovne plošče, se rdeča svetloba absorbira v F centrih, kjer se njena energija prenese na elektrone, ki so ujeti v njih. Ko elektroni od laserskih fotonov pridobijo dovolj energije, postanejo zopet aktivni (Bushberg et al 2002). Večina se jih vrne na svoja mesta v evropske atome, kar te atome povrne v dvovalentno stanje. Tako rdeča laserska svetloba stimulira emisijo modre in zelene svetlobe fotonov iz slikovne plošče ([www.e-radiography.net/cr/crt\\_imaging\\_cycle.html](http://www.e-radiography.net/cr/crt_imaging_cycle.html), 2007). Energija fotona laserja rdeče svetlobe ( $\lambda = 650 - 670 \text{ nm}$ ) je nižja kot modro-zelena emisija evropskega ( $\Delta E_{\text{rdeča}} < \Delta E_{\text{modro-zelena}}$ ), ( $\lambda = 400$

- 550 nm) (Bushberg et al 2002). Svetlobni fotoni, ki jih plošča odda, se ujamejo v tanko optično svetlobno vodilo, ki jo usmeri v fotopomnoževalko, kjer se njihova energija spremeni v električno energijo. Svetloba, ki je sproščena iz slikovne plošče je modro-zelene barve. Da svetloba laserja kasneje na sliki ne bi povzročila artefaktov, se uporablja optični filter, ki se nahaja tik pred fotopomnoževalko. Svetlobni filter ustavi rdečo svetlobo in prepušča samo modro-zeleno svetlobo ([www.e-radiography.net/cr/crt\\_imaging\\_cycle.html](http://www.e-radiography.net/cr/crt_imaging_cycle.html), 2007).

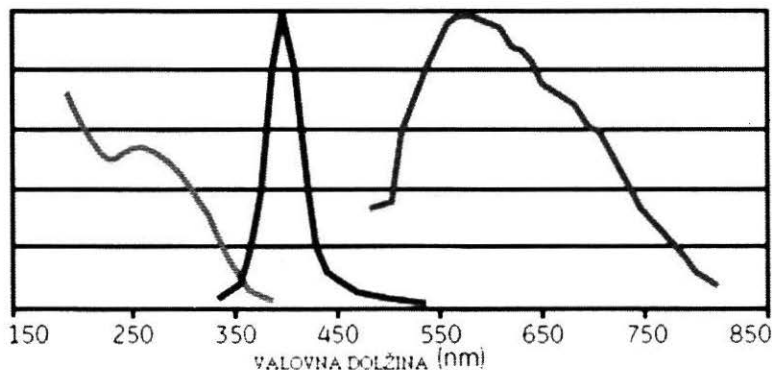
Električni signal, ki je ustvarjen s pomočjo fotopomnoževalke, analogno digitalni pretvornik digitalizira in shrani v spomin. Za vsako prostorsko lokacijo (x,y) je določena ustrezna stopnja sivine (Bushberg et al 2002). Plošča je nato izpostavljena močni beli svetlobi, ki jo dajo halogenske luči z močjo 100 W. Ta svetloba »izbriše« preostalo latentno energijo kar elektrone povrne v nično stanje in sprosti veliko večino F centrov ([www.e-radiography.net/cr/crt\\_imaging\\_cycle.html](http://www.e-radiography.net/cr/crt_imaging_cycle.html), 2007).

2. Plošča se nato vrne v kaseto in je pripravljena za ponovno uporabo (Bushberg et al 2002).

Slika, ki se prikaže na ekranu lahko obdelujemo s pomočjo digitalnih tehnik kot so spreminjanje centra in

širine okna, opravljanje natančnih meritev razdalj, kotov, povečava slike (zoom) in navsezadnje tudi digitalno shranjevanje ([http://www.medcyclopaedia.com/library/topics/volume\\_i/p/photostimulable\\_phosphor\\_plate.aspx](http://www.medcyclopaedia.com/library/topics/volume_i/p/photostimulable_phosphor_plate.aspx), 2007).

CR sistemi so lahko priključeni neposredno na laserski tiskalnik, ki omogoča tiskanje slik, lahko pa so priključeni na sistem PACS. V teh primerih je mogoče digitalno sliko pošiljati po internetnem omrežju ([www.kodak.com](http://www.kodak.com), 2007).



Slika 5: Spekter valovnih dolžin pri stimulaciji in luminiscenci ([www.everestvivo.com/download/products/xr/cr\\_dr/GEIT-45483EN\\_dxr-solutions.pdf](http://www.everestvivo.com/download/products/xr/cr_dr/GEIT-45483EN_dxr-solutions.pdf), 2007)

## PREDNOSTI IN SLABOSTI RAČUNALNIŠKE RADIOGRAFIJE

Pri uporabi konvencionalne tehnike slikanja se nepazljivost pri nastavitvi ekspozicijskih pogojev lahko odraža kot preveč osvetljen film (prevelika počrnitev filma), kar da takojšno povratno informacijo glede ekspozicijskih pogojev in relativne doze (Bushberg et al 2002).

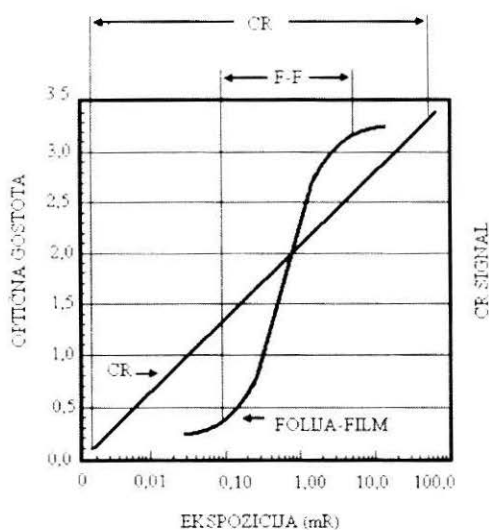
CR sistemi delujejo na podoben način kot sistemi folija-film. Glavna prednost in razlika med tema dvema sistemoma, je da imajo CR plošče veliko večji dinamični razpon. Ekspozicijska širina pri CR slikovnih ploščah je veliko večja kot pri

filmih. Zato pri teh ploščah zelo redko pride do podeksponiranja ali preeksponiranja (Bushberg et al 2002). Pri CR slikovnih ploščah lahko torej dosežemo optimalen razpon svin pri ekspozicijskih pogojih, ki so višji ali nižji od optimalnih vrednosti ([www.e-radiography.net/cr/cr\\_fs\\_screen\\_review.htm](http://www.e-radiography.net/cr/cr_fs_screen_review.htm), 2007).

Če je slika narejena s premajhno količino rentgenskih fotonov, je na njej, kljub optimalni kontrastni ločljivosti s prostim očesom viden kvantni šum (Bushberg et al 2002).

Pri višjih ekspozijskih pogojih je kvantni šum manjši, ker je število rentgenskih fotonov, ki tvorijo sliko na površinski enoti plošče večje.

Pri CR slikovnih ploščah uporabljamo veliko nižje ekpozicijske pogoje kot pri sistemih folija-film zaradi večjega atenuacijskega koeficienta barijeve fluor halogenidne zmesi. (Bushberg et al 2002). Za določitev optimalnih ekspozijskih pogojev so potrebne meritve. Previsoki ekspozijski pogoji se namreč na sliki narejeni s CR slikovno ploščo ne opazijo, kot prevelika počrnitev tako kot na sliki pri sistemu folija-film. To se odraža v količini prejete doze pri pacientu in osebju (Bushberg et al 2002).



Slika 6: Prikaz dinamičnega razpona ekspozijskih pogojev pri radiografiji s filmi in ploščami (Bushberg et al 2002).

## ZAKLJUČEK

Računalniška tehnologija se danes na vseh področjih zelo razvija. V radiološki tehnologiji, filme in razvijalne avtomate oz. analogne komponente, vse pogosteje nadomeščajo računalniški detektorji, računalniki, računalniški skenerji in laserski tiskalniki oz. digitalne komponente. Ena izmed prvih digitalnih novosti, ki se je pojavila v radiologiji je CR slikovna plošča, ki je zamenjala konvencionalni sistem folija-film. Z napredkom računalniške radiologije so se razvile še računalniška tomografija, magnetna resonanca, pozitronska emisijska tomografija itd. Vse te tehnologije so od njihovega razvoja zelo napredovale in se izpopolnile.

Z uporabo in razvojem računalniške radiografije se je izboljšala kvaliteta slik, povečal izkoristek rentgenskih fotonov, skrajšal čas preiskave in zmanjšala doza sevanja na pacienta in operaterja (Bushberg et al 2002). Vsi ti naštetih dejavniki pa so poleg stalnega izobraževanja in izpopolnjevanja pripomogli k izboljšanju kvalitete dela radiološkega inženirja.

## LITERATURA IN SPLETNI VIRI

1. Bushberg T. J., Seibert J. A., Leidholdt E.M., Jr., Boone J. M. *The essential physics of medical imaging, second edition*; Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002: 293 - 316
2. najdeno na internetu; [medical.konicaminolta.us/eprise/main/kmmi/content/products/documents/CRPlateInfo.pdf](http://medical.konicaminolta.us/eprise/main/kmmi/content/products/documents/CRPlateInfo.pdf), 24.4.2007
3. najdeno na internetu; [projekti.svarog.org/](http://projekti.svarog.org/)

- 
- periodni\_sistem/glavna-7.html*, 26.4.2007
4. najdeno na internetu; [sl.wikipedia.org/wiki/laser](http://sl.wikipedia.org/wiki/laser), 26.4.2007
  5. najdeno na internetu; [www.amershamhealth.com](http://www.amershamhealth.com), 26.4.2007
  6. najdeno na internetu; [www.slovarček.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=2893&Itemid=52](http://www.slovarček.com/index.php?option=com_content&task=view&id=2893&Itemid=52), 24.4.2007
  7. najdeno na internetu; <http://www.cobrascan.com>, 24.4.2007
  8. najdeno na internetu; [www.e-radiograph.net/cr/agra\\_cr\\_plates.pdf](http://www.e-radiograph.net/cr/agra_cr_plates.pdf), 24.4.2007
  9. najdeno na internetu; [www.e-radiography.net/cr crt\\_imaging\\_cycle](http://www.e-radiography.net/cr crt_imaging_cycle), 24.4.2007
  10. najdeno na internetu; [www.e-radiography.net/cr cr\\_is\\_screen\\_review.htm](http://www.e-radiography.net/cr cr_is_screen_review.htm), 26.4.2007
  11. najdeno na internetu; [www.everestivit.com/download/products/xr/cr\\_dr/GEIT-45483EN\\_dxr-solutions.pdf](http://www.everestivit.com/download/products/xr/cr_dr/GEIT-45483EN_dxr-solutions.pdf), 26.4.2007
  12. najdeno na internetu; [www.fujifilm.com/products/life\\_science/si\\_imgplate/whatis20.html](http://www.fujifilm.com/products/life_science/si_imgplate/whatis20.html), 24.4.2007
  13. najdeno na internetu; [www.fujifilm-slovenia.com/?ids=protect-one](http://www.fujifilm-slovenia.com/?ids=protect-one), 3.12.2007
  14. najdeno na internetu; [www.fujifilm-slovenia.com/?ids=velocityTfp](http://www.fujifilm-slovenia.com/?ids=velocityTfp), 24.4.2007
  15. najdeno na internetu; [http://www.medcyclopaedia.com/library/topics/volume\\_i/p/photostimulable\\_phosphor\\_plate.aspx](http://www.medcyclopaedia.com/library/topics/volume_i/p/photostimulable_phosphor_plate.aspx), 26.11.2007
  16. najdeno na internetu; [www.kodak.com](http://www.kodak.com), 24.4.2007