Primjena radiografije u drugim područjima

Liljak, Marin

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:176:828302

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

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

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

Marin Liljak

PRIMJENA RADIOGRAFIJE U DRUGIM PODRUČJIMA

Završni rad

Split, 2017.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

Marin Liljak

PRIMJENA RADIOGRAFIJE U DRUGIM PODRUČJIMA

APPLY OF RADIOGRAPHY IN OTHER FIELDS

Završni rad / Bachelor's Thesis

Mentor:

dr. sc. Frane Mihanović, mag. med. rad.

Split, 2017.

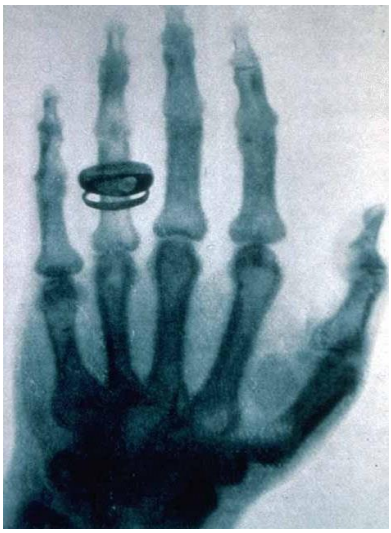
1. Uvod 1
1.1. Radiografija kroz povijest 2
2. Korištenje radiografije u arheologiji 5
2.1. Radiografija u paleoradiologiji 7
2.2. Radiografija u umjetnosti 9
3. Radiografija u industriji 15
3.1. Kontrola kvalitete radiografijom u industriji 18
3.2. Radiografski uređaji i sustavi u industriji 21
4. Radiografija u veterini 23
4.1. Mobilni generatori i mobilni uređaji u veterini 27
5. Radiografija na graničnim prijelazima 30
6. Eksperimentalna radiografija(Mikro CT) 34
7. Zaključak 36
8. Literatura 37
9. Sažetak 39
10. Summary 40
11. Životopis 41

1. Uvod

Radiografija je postupak, tj. snimanje uz pomoć elektromagnetskog zračenja malih valnih duljina (gama ili x-zraka) koje se osniva na činjenici da snimani dijelovi nisu jednako propusni tj. da nemaju jednaku apsorpciju. Ako su atomi neke tvari veće mase i debljeg sloja apsorpcija zračenja tog materijala će biti veća. Tako npr. kisik apsorbira manje zračenja od aluminija, aluminij od željeza a, željezo od olova. Sam postupak snimanja se sastoji u propuštanju zračenja odgovarajućih valnih duljina kroz objekte koji se ispituju i u dobivanju slika na fluorescentnom zaslonu ili fotografskoj ploči. Tako će se npr. na mjestu šupljine ili pukotine rendgensko zračenje manje apsorbirati pa će se na fotografskom filmu vidjeti tamniji oblik šupljine ili pukotine. Danas se radiografija rabi u mnogim znanstvenim područjima kao što su: medicina, paleoradiologija, arheologija, industrija i mnoge druge.

1.1. Radiografija kroz povijest

Radiografija je nastala isto kada i radiologija 1895. godine kada je Wilhelm Conrad Roentgen završio ispitivanja u svom laboratoriju na njemačkom sveučilištu Wurzburg. On je u zamračenoj prostoriji Crookesovu cijev potpuno omotao u fotografski crni papir tako da bolje vizualizira učinak katodnih zraka na cijev. Pri tome je primijetio da kristali barijevog platin cijanida svjetlucaju u blizini katodne cijevi kad je kroz nju puštao struju. Eksperimentirajući, utvrdio je zacrnjenje fotografske ploče u blizini katodne cijevi kad je bila u „pogonu", iako je fotografska ploča bila zaštićena od djelovanja svjetla. Tada je došao do zaključka da to proizvodi nekakve nevidljive zrake, te ih nazvao x-zrakama, danas se te zrake nazivaju rtg (roentgen) zrake u čast Wilhelmu Conradu Roentgenu. Prvi zabilježeni radiografski snimak zbio se 22.12.1895. kada je Wilhelm snimio ruku svoje žene Berte. Ekspozicija je trajala punih petnaest minuta, a na radiografskoj slici su se jasno vidjele kosti i dva prstena koja je Berta nosila.



Slika 1. Prva zabilježena rtg snimka (22.12.1895)
Izvor: https://kimrendfeld.wordpress.com/2015/02/06/wonders-of-the-x-ray/

U medicini radiografija je prisutna od samog pronalaska rtg zraka, te je uočena njena korist za snimanje samog tijela, ili kao dijaskopija. Danas se radiografija razvija što sa samom smanjenom dozom zračenja što s razvojem digitalne radiografije i prestanka korištenja rtg-filmova.

Bitne godine za razvoj radiografije / radiologije:

- 1896. Prva aplikacija RTG zraka u radioterapiji tumora,
- 1929. Rotirajuća anoda uvedena u upotrebu,
- 1930. Prva primjena tomografije,
- 1931. Roentgen prihvaćen kao jedinica za dozu ekspozicije zračenja,
- 1948. Razvijeno prvo elektronsko pojačalo.

Kroz povijest je radiografija bila prisutna u mnogim djelatnostima, u nekima se još i dan danas zadržala dok su neke prošlost. U nekim područjima se zadržala nakratko , npr. postojao je stroj koji je uz pomoć fluoroskopije otkrivao ljudima pristaju li im cipele "shoe-fitting fluoroscope" (1920-1970), a nalazio se u dosta zemalja koje su bile onda veoma napredne kao što su: (Sjedinjene Američke Države, Velika Britanija, Švicarska). To se naravno izbacilo iz uporabe zbog nepotrebnog zračenja. Od 1960. X-zrake tj. rtg se koristi na aerodromima za detekciju bombi u prtljazi. Inače prva zabilježena žrtva x-zraka je bio Clarence Daily, jedan od pomagača Thomasa Edisona, 1913. godine.



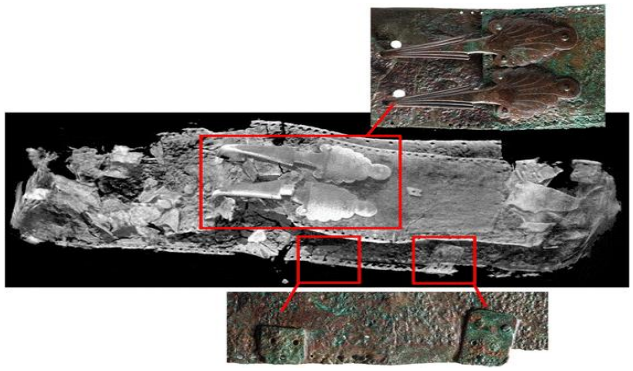
Slika 2. Wilhelm Conrad Roentgen
Izvor: https://www.pinterest.com/contilab/great-minds/



Slika 3. Shoe-fitting fluoroscope
Izvor: http://www.orau.org/ptp/collection/shoefittingfluor/shoe.htm

2. Korištenje radiografije u arheologiji

Rendgenska slika imala je značajan doprinos arheologiji, osobito posljednjih godina i kroz radiografiju i tomografiju. Radiografskim metodama se mogu otkriti, osim metalne jezgre, debljina oksidacijskog sloja, pukotine i lomove, prisutnost drugih metala, tekstila, kože ili drva. U mnogim je slučajevima korištena kompjuterizirana tomografija (CT), a to je suvremena metoda kojom se, osim panoramske, dobije i trodimenzionalna slika predmeta. Programiranjem računala za očitavanje pojedinih materijala te njihovom numeriranjem dobijemo tabelarne vrijednosti, kako za metale, tako i za okside, drvo, kožu, kost itd. Pomoću CT-a također možemo izračunati debljinu metalne jezgre, oksidacijske kore ili nemetala koji leži na samom originalu). Zbog svog potencijala za vizualizaciju unutarnjih i nevidljivih dijelova objekta, pružajući informacije na potpuno neinvazivan način. Zahvaljujući njihovoj dostupnosti, često su korišteni medicinski CT skeneri na arheološkom polju: za istraživanje mumija i raznih materijala, otkriti sadržaj posude prije otvaranja ili jednostavno proučavati unutarnje i vanjske strane objekta. CT se pokazao vrlo moćnim sredstvom čak i u srodnim područjima antropologije. Sinkroton radijacija se također može koristiti za neke posebne slučajeve. Najčešća analiza koja se vrši CT-om je analiza blokova tla. Tako imamo jedan primjer iz Italije gdje se CT-om provela analiza tla. Blok tla koji je analiziran izvađen je u nekropoli Villalfonsina, otkriven u pokrajini Chieti i vjerojatno potječe iz razdoblja od 4.-6. stoljeća. Analizirani blok je sadržavao ukrasni, elegantni i široki brončani pojas za muškarce. Sličnog sadržaja su bili i ostali analizirani blokovi.



Slika 4. Ukrasni brončani pojas

Izvor: http://media.springernature.com/full/springer-static/image/art%3A10.1186%2Fs40494-015-0033-6/MediaObjects/40494_2015_33_Fig4_HTML.gif

Jedan sličan projekt se odvijao i u hrvatskoj, u Naroni (naselje Vid, blizu Metkovića). Fizičko stanje mramornih skulptura iz Narone, a to su pukotine vidljive na samoj površini, dubina vena koje se nalaze u mramoru, negativni efekti izazvani oksidacijom željeznih klinova te tehnike zapunjavanja i spajanja nije dopuštalo pomicanje samih , pa je prije konzervacije napravljena radiografska analiza. Zbog izuzetno debelih gabarita mramora, trebalo je naći dovoljno jak rendgen koji će moći prozračiti takve debljine. Trebalo je pripremiti specijalne filmove koji će uspjeti registrirati snimke. Za cijeli projekt angažirani su bili KBC Firule u Splitu, Brodogradilište Split - odjel Testing, Institut za brodogradnju i strojarstvo u Zagrebu te, Fotokemika iz Zagreba (nitko od njih nije radio s kamenim skulpturama do tada). 9. rujna 1997. je cijeli projekt bio izveden, prostor oko snimanja je bio ograđen (sam prostor je u blizini škole) zbog djece i svi su bili pomaknuti od zone zračenja. Napravljena je improvizirana tamna komora, a samo snimanje je trajalo 7 dana.



Slika 5. Skulptura iz Narone

Izvor: http://www.e-insitu.com/hr/iz-struke/iz-struke/radiografske-analize-mramornih-statua-iz-narone.html

Rezultati radiografskog snimanja su bili:

1. Svi željezni klinovi su jako korodirali, te su uzrokovali stvaranje pukotina u obliku paukove mreže.
2. Prostor između željeznih klinova i rupe za klinove nije popunjen olovom, nego zasad nedefiniranom masom.
3. Dužina željeznih klinova varira od 1 do 11 cm, a debljina od 4 do 12 mm.
4. Uspješna prozračavanja bila su do 24 cm.

2.1. Radiografija u paleoradiologiji

Paleoradiologija je istraživanje bioarheoloških i arheoloških materijala pomoću radiografije, CT-a, mamografije, magnetske rezonancije (MRI), terahertz imaginga i mikro-CT-a. Paleoradiologija ima ključnu ulogu u antropologiji, arheologiji i povijesti medicine od izuma rendgenskih zraka, a tek nekoliko mjeseci nakon izlaganja rendgenskim zrakama korištena je u znanstvenom istraživanju mumija. Najranije radiološke preglede mumija izvodili su Koenig, Holland i Dedekind, u roku od nekoliko mjeseci otkrića rendgenskog snimanja od strane Roentgena. Dragutin Gorjanović Kramberger je prvi put slikao hominidne fosile s rendgenskim zrakama 1901. godine u Zagrebu, Hrvatska. Kasnije je CT uveden i na snimanje arheoloških materijala. Razvojem post-processing softvera povećava se mogućnost korištenja radiologije u antropologiji jer omogućuje bolju vizualizaciju struktura i arhiviranje skeniranih slika. Pa ipak, danas paleoradiologija još uvijek nije korištena kao profesionalni put kliničkih radiologa, sub-specijaliziran u radiologiji mišića i kostiju, a antropolozi je rijetko susreću. Iako su nedavni napori u primjeni novih metoda u drevnim suhim uzorcima kao što su terahertz imaging i MRI su proširili ulogu paleoradiologije u znanstvenim istraživanjima arheoloških materijala, i dalje postoje isti problemi: dostupnost skenera i nedostatak standardiziranih protokola. Ove činjenice moraju biti nadvladane u budućnosti uz blisku suradnju znanstvenika. Paleoradiološke analize imaju veliki potencijal javne prezentacije, osobito u obliku muzejskih izložbi, kao što su svi prošli događaji imali veliki javni utjecaj.

Postoje brojne potencijalne radiološke zamke kada se ispituju egipatske mumije. Proces balzamiranja dovodi do nekih tipičnih promjena koje se mogu otkriti na CT-u. Dehidracija i dekompozicija nakon smrti proizvodi nepravilnu presavijenu kožu koja se pojavljuje kao višestruki sloj suhih mekih tkiva, odvojenih zračnim džepovima. Nadalje, u nekim slučajevima, meka tkiva su radiološki neprozirna, vjerojatno zbog stezanja i taloženja balzamirajućih materijala. Dakle, diferencijacija trbušnih organa mumije može biti vrlo teška. Matrica između kosti trabekula često je zamijenjena zrakom, stoga postaje sve radijalnija. Mozak mumija može pokazati različit stupanj očuvanosti, kao što je prikazano u konvencionalnim rendgenskim filmovima tijela koja su sačuvana u tresetištima. Kad mozak još ostaje in situ, ponekad je, ali ne uvijek, moguće razlikovati sivu tvar od bijele tvari na kompjutoriziranim tomografskim snimkama. Prisutnost preostalih meningealnih obloga tumačena je kao dokaz za nedostatak pokušaja uklanjanja post mortem mozga u takvom pojedincu. Međutim ti meningealni slojevi mogu se naći čak i kada je mozak potpuno uklonjen i stoga se ne smije koristiti kao indikator

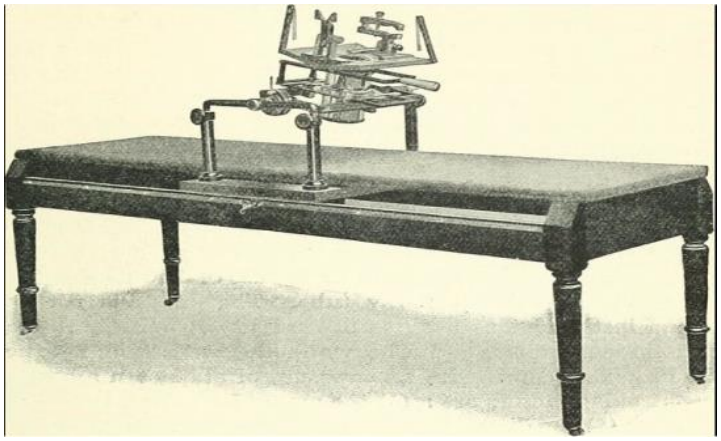
očuvanja mozga. Ti intrakranijalni artefakti mogu simulirati autentične lezije, svijest o tim problemima je što je najvažnije za sprečavanje pogrešne dijagnoze cerebralnih patologija u mumija.



Slika 6. CT prikaz mozga mumije
Izvor: Frank J. Rühli, Dr. med., PhD; Rethy K. Chhem, MD, PhD, FRCPC; Thomas Böni, MDDiagnostic paleoradiology of mummified tissue: interpretation and pitfalls

2.2.Radiografija u umjetnosti

Konzervacija i radiografija zaštite umjetnosti obuhvaćaju ispitivanje, očuvanje i obnavljanje umjetnina i kulturnih materijala. Zbog inherentnih degradacija uzrokovanih vremenom, okolišnim uvjetima i ostalim katalizatorima pogoršanja, očuvanje umjetnina je neophodno kako bi se osigurala očuvanje umjetnosti i artefakata koji čine našu kulturnu baštinu. Osim toga, informacije koje konzervatori otkrivaju u tehničkom pregledu umjetničkih djela mogu pružiti znanstvenicima i javnosti uzbudljive informacije o prošlim civilizacijama, kulturama i ljudima. Dok je radiografija sastavni dio tehničkog pregleda artefakata već desetljećima, digitalna računalna radiografija brzo postaje preferirana modalitet za ovaj bitan alat u naprednom ispitivanju umjetničkih djela. Prije nego što se poduzmu napori za obnovu, praktičari moraju proučavati predmete na intenzivno detaljnim razinama kako bi napravili ključna opažanja koja će otkriti ne samo povijest dijela, već i strukturne i kvalitativne informacije bitne za njegovo očuvanje i restauraciju. Radiografsko se snimanje primjenjuje na ispitivanje gotovo svih medija, uključujući slike, skulpture, drvo, gravure, keramiku, papire, bronce i željezo, među ostalima, a sama radiografija u umjetnosti je slična radiografiji za ljude i za životinje, bar po pitanju uređaja koji se koriste.



Slika 7. Radiografski stol za umjetnine
Izvor:
https://www.flickr.com/photos/internetarchivebookimages/14777545043/in/photostream/



Slika 8. Restauracija i konzervacija u crkvi
Izvor: dr.sc.Frane Mihanović,mag.med.rad.,v. pred. Primjenjena radiografija u drugim područjima

Ovakav način rekonstrukcije je neinvazivan. Zračenje na samim materijalima i umjetninama na koje se ono vrši je znatno manje nego u medicini, ali i dalje ljudi moraju biti primjereno zaštićeni od zračenja. Radiografska analiza na slikama se vrši kada konzervatori i restauratori žele doći do oku nedostupnih detalja. U svijetu su se vršila i vrše se mnoge radiografske pretrage slika i ostalih umjetnina pa ću navesti neke od primjera. U Belgiji se odlučilo na radiografsko istraživanje Ghentskog oltara naslikanog od strane Jana Van Eycka, iz katedrale u Ghentu gdje su pokazani struktura i kompozicijske sheme koju je slikar koristio. Snimanje je provedeno između 2010. i 2011. godine, te je financirano od strane Getty fundacije. Snimanje je provedeno kao priprema za konzervatorsko restauratorske radove na oltaru.



Slika 9. Ghentski oltar
Izvor: http://www.wga.hu/frames-e.html?/html/e/eyck_van/jan/09ghent/1open.html



Slika 10. Deity na tronu
Izvor: http://closertovaneyck.kikirpa.be/#viewer/id1=13&id2=0

Veliki projekt se odvijao i u nizozemskoj na Rembrandtovoj slici, gdje se radiografijom otkrilo da na njegovoj slici iz 1662. "De Staalmeesters" (the syndics) se mijenjala kompozicija slike, te raspored portretiranih osoba.

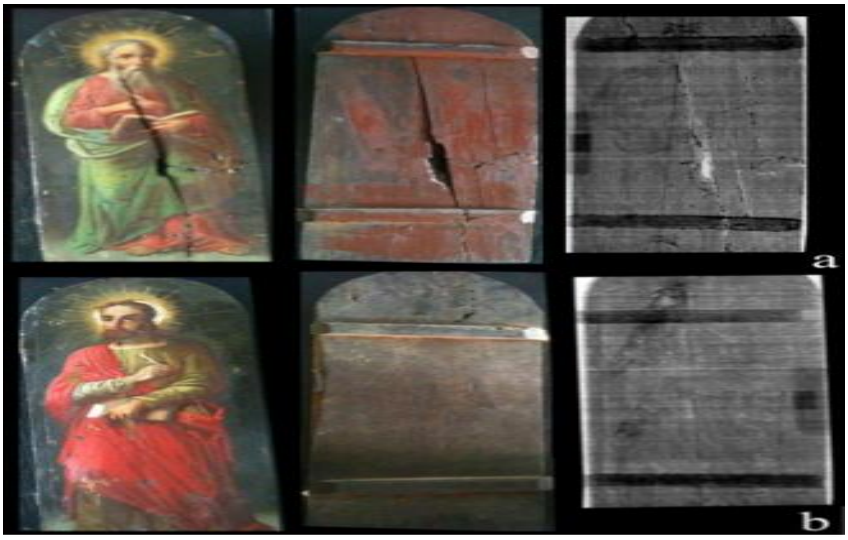


Slika 11. The Syndics
Izvor: http://kpnrijksmuseum.com/destaalmeesters

Još jedno od poznatijih istraživanja sakralnih umjetnina se zbilo u Rumunjskoj u crkvi Svetog Nikole koja je bila u originalu izgrađena 1682. godine i to od drva, ali kroz povijest je više puta bila uništavana (potresi) zadnji puta je popravljena u potpunosti 1940. godine, ali i ona je bila djelomična oštećena u potresu, stoga je i takva trebala obnovu. Djelomično bojanje crkve je izvršio Emil Ivanescu, a kompletno bojanje je izvršio G.Bobuleanu. Zadnju restauraciju crkve je podupro i financirao Ioan Negoescu Barland 1969. godine. Sva radiografska istraživanja su izvršena s dual energy CT-om koji je u sebi imao anodu od

tungstena (U= 150kV, I= 3mA) i po 2 seta od 240 in-line detektora, koji su bili odvojeni pregradom od bakra debljine jednog milimetra. Zračenje je bilo lepezasto da bi se izbjeglo nepotrebno raspršenje. Slike evanđelista Mateja i Ivana koje su napravljene početkom dvadesetog stoljeća. Karakteristike slika su da je debljina drva na kojoj su nacrtane je 10 mm dok je sloj boje samo 0.5 mm-a. Te slike su bile izložene eksperimentu, tj. istraživanju. U istraživanju se otkrilo da je slika Mateja više oštećena fizički tj. da je više oštećeno samo drvo, nego što je oštećena boja na slici. Također je zamijećeno da je sama slika spajana iz više dijelova.

Kod slike Ivana se vidi manje oštećenje drva, ali se vide oštećenja izazvana od insekata, također se vidi spajanje više drvenih dijelova da bi nastala slika.



Slika 12. Matej i Ivan a) Matej b) Ivan
Izvor: https://www.researchgate.net/publication/279710761_X-Ray_Radiographic_Study_of_some_Panel_Painting_Icons_from_the_Beginning_of_the_XX_Century

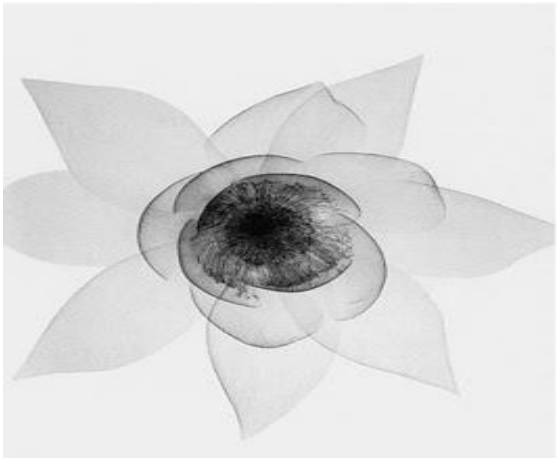
Osim na slikama radiografska istraživanja su se vršila i na nekim skulpturama. Tako se iz britanskog muzeja ispred radiografskih uređaja našla i "božanska mačka" poznata i po imenu Gayer-Andersonova. Sve donedavno ta skulptura nije bila podvrgnuta nikakvim ispitivanjima, ali kada su je odlučili podvrgnuti istima (2007. godine) otkrili su mnoge zanimljive stvari o samoj skulpturi. Mačka je podložena rendgenskom snimanju i mikroskopiranju pa se u glavi same otkrio metalni cilindar, a i otkrilo se da je samo tijelo izgrađeno od bronce sa sastavom (bakar 85%, 13% kositar, 2% arsen i 0,2% olovo). Snimkama su otkrili da je sama skulptura prije dolaska u muzej bila prepravljana u četrdesetim godinama prošlog stoljeća. Prvotno se

mislilo da su oštećenja mala, ali su pronađeni vijci koji tijelo povezuju s metalnim cilindrom koji je u glavi, nađene su još i dvije veće pukotine. Samu restauraciju je napravio bojnik Gayer-Anderson koji je znao kako restaurirati, pa je zbog toga teško znati kako je sama skulptura izgledala u originalu.



Slika 13. Gayer-Andersonova mačka
Izvor: http://www.futuropasado.com/?p=939

Radiografija je u umjetnosti veoma zastupljena, ali i sama radiografija je postala dijelom umjetnosti. Sedamnaest godina nakon otkrića rendgenskih zraka, 1913. godine, stvorila je i objavila cvjetnu radiografiju P. Goby. Godine 1925. znanstvenici s pristupom rendgenskim strojevima počeli su proizvoditi slike za umjetničke potrebe. Jedan od tih pojedinaca dr. Dain Tasker smatra se pionirom uporabe rendgenskih zraka kao umjetničkog medija. Tasker je stvorio slike cvijeća. Njegovi su radiografski radovi bili zaboravljeni. Kad su pronađeni, na aukciji u New Yorku su prodani za više od 25.000 dolara. Danas, pojedinci koji imaju pristup opremi za radiografiju stvaraju slike predmeta kao umjetnost.



Slika 14. Lotus dr. Taskera
Izvor: http://radiblography.blogspot.hr/2010/01/radiography-as-art.html

Jedan od umjetnika koji se danas bavi s radiografijom kao umjetnošću je Nick Veasey kojem je to i profesija, a svoje radove radi za tvrtke kao reklamu ili za privatne kupce. Kao svoja umjetnička djela nikad ne uzima živa bića već samo umjetne materijale.



Slika 15. Avion Nick Veasey-a
Izvor: http://radiblography.blogspot.hr/2010/01/radiography-as-art.html

Slika Boeinga 777 koju je Veasey snimio izvršena je u više dijelova, pa je npr. gdje je avion deblji, morao je povećavati kV za bolju penetraciju kroz slojeve aviona. Na kraju je sve te slike spajao u jednu cjelinu kao u photoshopu.

3. Radiografija u industriji

Radiografija je tehnika koja se može koristiti kao nerazorno ispitivanje unutarnjih značajki nekog objekta kako bi se dobilo dvodimenzionalno ili trodimenzionalno kompjuterizirane tomografije (CT) ovisno o potrebama testiranja. Sama primjena radiografije i CT-a u industriji je raznovrsna. Također se može odlučiti hoće li se koristiti digitalna radiografija ili računalna radiografija (oba načina snimanja su bez klasičnog filma, ali imaju drukčije vrste detektora). Konvencionalna radiografija nije u upotrebi zbog uštede materijala (samih filmova), ali i uštede vremena. Računalna i digitalna radiografija mogu se primijeniti u prednosti za ispitivanje sastava materijala. Prva upotreba radiografije tako i najranijeg i najjednostavnijeg CT-a bio je za medicinske svrhe koji se sastojao od jednog izvora i detektora koji se okreće oko objekta (ljudska glava), zatim je napravljen napredniji tomografski skener koji se sastojao od jednog izvora i više detektora u lepezastom obliku, i izvor i detektori se okreću oko objekta. Drugi raspored sastojao se od rotirajućeg izvora i fiksnog niza detektora raspoređenih u krug oko objekta.

Consideration	Medical tomography	Industrial tomography
Relative motion	Patient is translated, X-ray source/detector combination rotates.	Object can be both translated and rotated and X-ray source/detector combination may be moved
Subject	Tissue, blood and bone	Polymers, wood, concrete, ceramics, metals, composites.
Requirement	Visualization of small changes in density is required.	High special resolution is required.
Energy	Normally < 200 kev	Up to 9 Mev available (9 Mev real time radiography at Ford Motor Company)
Dosage level	Limited for subject safety	As much as needed
Complex 3D visualization capabilities and software development	Good advancement during the last two years. Many commercial SW packages available	Good advancement during the last two years. Several commercial SW packages available.
Nominal resolution	1 – 2 mm for human subjects	< 0.3 mm for engineering–scale object (mini-tomography) and 10 to 20 μm for small object (micro-tomography)
Scan modes	Use 2^{nd}, 3^{rd} or 4^{th} generation which called the spiral scan CT system	Use 2^{nd} (translate-rotate scan) or 3^{rd} (rotate scan) generation CT system.
Education and training	Medical schools and radiological training courses	University and industrial facilities
Facility availability	Available at most hospitals	Low power facilities available. Large high–power are scarce
Facility costs	Expensive	Very expensive for high power

Slika 16. Razlika između medicinske industrijske tomografije
Izvor: https://pdfs.semanticscholar.org/3719/cb4f8ce11c842a92a2ff0961ddd0f3aea030.pdf

Konvencionalna radiografija je još uvijek u upotrebi i prije prelaska na digitalnu treba dobro razmisliti, jer posljedice kvara opreme su ekonomski ogromne, velik broj je inspekcija koje se mogu napraviti, podaci se ne mogu dobiti na bilo koji drugi način, potrebno je znati obrađivati slike.

Industrijski CT koristi niz dvodimenzionalnih snimaka snimljenih u određenim intervalima oko cijelog uzorka. Uglavnom bilo koji tip industrijskog CT sustava koristi tri glavne komponente: rendgensku cijev, detektor rendgenskog zračenja i rotacijsku fazu. Sve je zatvoreno unutar ormarića za zaštitu od zračenja, čelika / olova / čelika koji se obično kreće između 120 i 300 cm oblika kocke. To omogućuje korištenje sustava u javnom okruženju bez ikakvih dodatnih sigurnosnih problema. Visokokvalitetni CT scan sastoji se od uzimanja nekoliko 2D rendgenskih slika oko objekta, po mogućnosti pokrivajući 360 stupnjeva. CT sustavi obično stječu između 360 slika (jedna slika svaki stupanj) i 3600 slika (jedna slika svaka 0,1 stupnja) ovisno o konačnoj željenoj razlučivosti. Svaka slika je između 3 do 10 megapiksela i filtrira se kako bi se smanjila buka. 2D digitalne fotografije snimljene tijekom ovog koraka spremaju se izravno u jednu mapu, koja će se koristiti u sljedećem koraku CT procesa.

Rekonstrukcija i vizualizacija:

Nakon završetka procesa akvizicije CT skeniranja, CT kalibracija i CT rekonstrukcijski algoritmi koriste se za rekonstrukciju 3D CT volumena. Te 3D slike izrađene su od voksela (trodimenzionalni pikseli), a pomoću vizualizacijskog softvera 3D volumen može se manipulirati u stvarnom vremenu. Zbog toga je moguće provrtati bilo gdje unutar objekta, pregledati i potražiti nedostatke, poduzeti točne mjerenja, rekonstruirati površinski model i tako dalje. Industrijska CT tehnologija se vrlo brzo poboljšava. Dok bi nekoliko pojedinačnih CT rezova trebalo nekoliko sati da se generiraju prije nekoliko godina, sada je moguće rekonstruirati potpune 3D modele s milijardama voxela u samo nekoliko sekundi. To otvara vrata za brojne nove aplikacije kao što su 3D reverzni inženjering, brzo prototipovanje, 3D mjeriteljstvo i još mnogo toga. S tim u vezi, industrijski CT postao je vrlo konkurentna tehnologija za 3D skeniranje. Glavna korist korištenja 3D CT-a za skeniranje ili digitalizaciju je da dobivamo kompletan model s vanjskim i unutarnjim površinama objekta bez uništavanja. Štoviše, CT radi s bilo kojom površinom, oblikom, bojom ili materijalom, do određene gustoće i / ili debljine koja se može probiti s rendgenskim zrakama. Općenito, suvremena CT skeniranja početi-završiti mogu biti jednako brzo kao i nekoliko sekundi ili se interno i eksterno, što omogućuje mjerenje na površinama i unutar i izvan objekta. Također, zbog penetracije rendgenskih zraka, CT snimke ne utječu na određene karakteristike objekta kao što su tamne,

reflektirajuće ili prozirne površine i zasjenjene zone na predmetu koji mogu uzrokovati poteškoće s drugim 3D metodama skeniranja. Nadalje, modeli 3D rekonstrukcije CT-a mogu se izravno usporediti s CAD modelima i ostalim CT modelima kako bi se prikazale razlike ili zajednički u mjerenjima, gustoćama, prazninama i tako dalje.

3.1.Kontrola kvalitete radiografijom u industriji

U industriji su prisutne mnoge kontrole: s razaranjem i bez razaranja među kojima je i kontrola radiografijom.

Metode kontrole bez razaranja su:

- vizualna kontrola (VK),
- dimenzionalna kontrola (DK),
- penetrantska kontrola (PK),
- magnetska kontrola (MK),
- ultrazvučna kontrola (UK),
- **radiografska kontrola (RK)** ,
- akustička emisija (AE),
- ostale metode,
- kontrola nepropusnosti.

Radiografska kontrola je vrsta kontrole bez razaranja, koja pri kontroli kvalitete metodama prozračavanja u praksi koristi rendgenske zrake ili gama zrake. Rendgenske i gama zrake ostavljaju trag na filmskoj emulziji, na čemu se i zasniva radiografska kontrola i ispitivanje grešaka u unutrašnjosti materijala. Izvor rendgenskog zračenja je rendgenska cijev s vakuumom, priključena na visok napon do 400 kV (za prozračivanje čeličnih predmeta do 70 mm debljine). Radiografska kontrola se obično koristi za otkrivanje pogrešaka zavarenih spojeva, poroznosti, uključaka troske, neprovarenog korijena. Teško je otkrivanje plošnih pogrešaka poput pukotina (mogu se otkriti samo pukotine položene u smjeru zračenja). Ionizirajuće zračenje može uzrokovati štetne posljedice kod ljudi i ostalog živog svijeta, pa je pri radiografiji obavezno provođenje mjera zaštite na radu s izvorima ionizirajućeg zračenja, te pri transportu i skladištenju radioaktivnih materijala.

Metoda KBR	Širina pukotine, mm	Dužina pukotine, mm	Dubina pukotine, mm	Primjedba
Penetranti	0,1	2	-	Ovisno o stanju površine i optičkim pomagalima
Magnetske čestice	0,01	1	0,2	Ovisno o stanju površine
Ultrazvuk	0,01	1	0,2	Samo za feromagnetske materijale
Radiografija	0,3	5	0,3	-
Akustička emisija	0,001	0,001	0,001	-

Slika 17. Metode kontrole bez razaranja

Izvor: http://www.sfsb.unios.hr/kth/zavar/tii/kbr_met.html

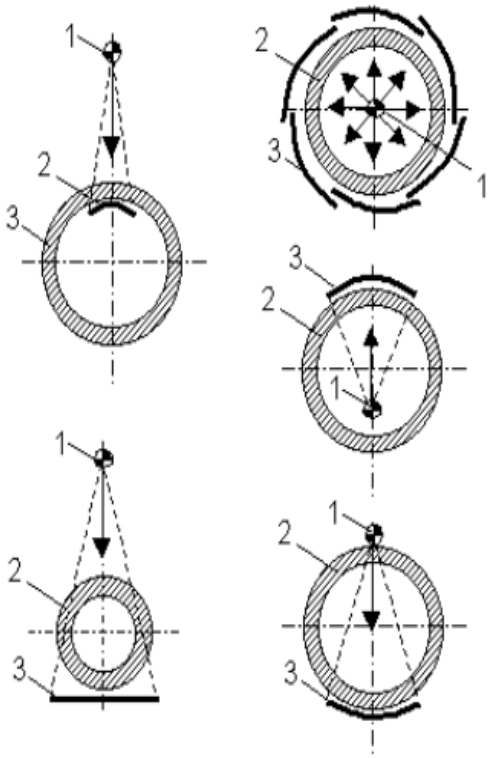
Interpretacija rezultata kontrole prozračavanjem u prvom redu ovisi o kvaliteti snimke. Kod radiografske kontrole za ocjenu kvalitete radiograma koriste se različiti oblici indikatora kvalitete snimka (penetrametri). Postavljaju se ispod prozračavanog predmeta, s gornje strane radiografskog filma. Najčešće su to žičice standardiziranih različitih promjera ili provrti standardiziranih različitih dimenzija, ovisno o propisima koji se primjenjuju kod kontrole. Npr., penetrametar prema DIN 54109 napravljen je tako da se između folija od plastične mase nalaze pravilno raspoređenih sedam kalibriranih žica različitih dimenzija (ovi se indikatori izrađuju s tri područja debljina) od materijala koji približno odgovara materijalu koji se prozračuje. Iznad i ispod žica nalaze se informacije o materijalu (Fe, Al, Cu) i o području debljina. Kvaliteta snimke iskazuje se preko promjera žice koja se vidi na radiogramu. Kvaliteta razaznavanja radiograma Z može se iskazati formulom:

$Z = \frac{d_{min}}{d} \cdot 100\ \%$, gdje je:

d_{min} ... debljina najtanje žice ili detalja penetrametra

d ... debljina prozračavanog predmeta

Što je veličina Z manja, to je razaznavanje radiograma bolje.



Shematski prikaz radiografske kontrole zavarenih spojeva na cilindričnim elementima

1. izvor zračenja, 2. zavareni element, 3. radiogram

Slika 18. Shema radiografske kontrole zavarenih spojeva na cilindričnim elementima

Izvor: http://www.sfsb.unios.hr/kth/zavar/tii/kbr_met.html

3.2.Radiografski uređaji i sustavi u industriji

Ovdje ću navesti nekolicinu primjera radiografskih uređaja i sustava koji se koriste u industrijske svrhe.



Slika 19. Amadeo NDT
Izvor: https://www.or-technology.com/en/products/testing/amadeo-ndt.html#Images

Sustav Amadeo NDT namijenjen je za nerazorna radiografska ispitivanja cijevi i ploča, kao i za radiografski pregled radnih komada od željeza, aluminija, titana, bakra, plastike itd. Sustav obuhvaća sve komponente i funkcije nužne za digitalno rendgensko snimanje: kombinirani visokofrekventni generator i rendgensku cijev, do tri detektora rendgenskog zračenja, prilagođeni sustavi pozicioniranja (npr. manipulator cijevi), kao i softver ORinspect s optimiziranim postupcima i specijaliziranim alatima za rendgensku sliku obrada.

Kompaktan dizajn Amadeo NDT sustava omogućuje instalaciju u zatvorenim prostorima. Rendgenski generator je integriran u rendgensku tablicu. Jedinica je jednostavna za rukovanje i pruža fleksibilnost za različite protektivne protokole. Djelotvorne radne procedure i specijalizirane hardverske komponente Amadeo NDT smanjuju broj radnih koraka.

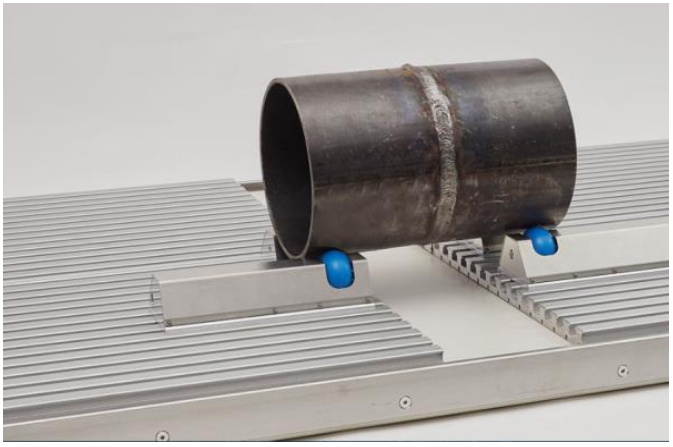
Prilagodljivi manipulator cijevi radi zajedno sa softverskim alatom koji automatski povezuje susjedne slike. Ova kombinacija znatno ubrzava pregled cijevi zavarivanja i učinkovito funkcionira kao robot za ispitivanje cijevi.

Karakteristike uređaja Amadeo NDT:

- odlična kvaliteta slike,
- lak za korištenje,
- brz,

- pouzdan,
- različiti načini snimanja.

Robot za ispitivanje šavova za zavarivanje



Slika 20. Robot za ispitivanje šavova za zavarivanje
Izvor: https://www.or-technology.com/en/products/testing/robot-for-testing-welding-seams.html

Sustav obuhvaća tvrde i softverske komponente koje zajedno rade za automatsko snimanje višestrukih rendgenskih slika zavarenih cijevi različitih promjera i naknadno ubodne susjedne slike. Cijevni manipulator ima i valjke za vođenje i nosače koji se mogu prilagoditi na rendgenskoj tablici kako bi se obradile cijevi različitih promjera. Mali detektori mogu se priključiti izravno na cijevi dok su veliki detektori postavljeni ispod stola. Specijalizirani sustav manipulacije uzorcima automatski postavlja uzorke u ispravnu orijentaciju. Sustav obuhvaća tvrde i softverske komponente koje zajedno rade za automatsko snimanje višestrukih rendgenskih slika zavarenih cijevi različitih promjera i naknadno ubodne susjedne slike. Cijevni manipulator ima i valjke za vođenje i nosače koji se mogu prilagoditi na rendgenskoj tablici kako bi se obradile cijevi različitih promjera. Mali detektori mogu se priključiti izravno na cijevi dok su veliki detektori postavljeni ispod stola. Specijalizirani sustav manipulacije uzorcima automatski postavlja uzorke u ispravnu orijentaciju.

4. Radiografija u veterini

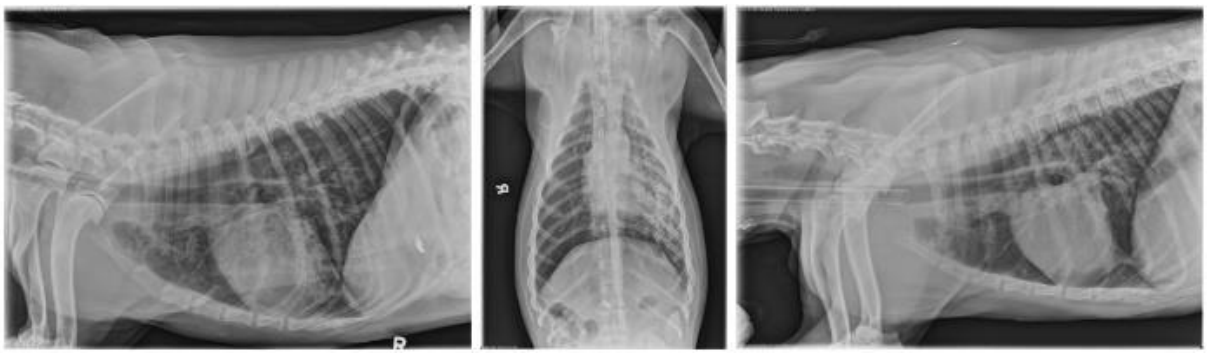
U veterinarskoj medicini radiologija se koristi kao pomoćna metoda kliničke dijagnostike kod mnogih oboljenja te predstavljaju nezamjenjivu metodu. Sama radiografija obuhvaća većinu dijagnostičkih slika koje nastaju u veterinarskoj praksi, ali i druge metode kao što su: ultrazvuk, MR, CT koje su jednako važne i dostupne u praksi i akademskim centrima. Izvori samog zračenja nisu isti kao u humanoj medicini iako se znaju naći, u veterini se koriste uređaji manjih dimenzija. Radiografija sama je bezbolna metoda koja se koristi za dijagnosticiranje kod životinja ali isto kao i kod ljudi sama radiografija ne mijenja tijek bolesti. Tri su grane same radiografije u veterini: klasična (film), kompjuterska i digitalna.

Samo dobivanje radiografske slike se zbiva na sličan način kao i kod ljudi tj. točnim pozicioniranjem samog pacijenta (životinje), nastojanjem da pacijent bude miran, a ako ne, životinju se sedira. Važno je i to da se sami broj snimanja smanji na minimum. Isto tako mogu se koristiti kontrastna sredstva ako želimo bolje prikazati šuplje organe, kontrastna sredstva povećavaju uspješnost same dijagnostike.

Ljudi trebaju biti oprezni kod radiografskih snimanja, te se također trebaju pridržavati pravila o zaštititi od zračenja. Rendgenski uređaji u veterini su snažni i ako se nepropisno koriste može doći do štetnog izlaganja tijekom vremena. Čimbenici izloženosti su danas mnogo manji nego oni u prošlosti (zbog bolje kvalitete samih uređaja), ali još uvijek mogu dovesti do negativnih posljedica. Životinje se nikad ne smiju držati golim rukama za vrijeme snimanja, ako ljudi žele držati svoje životinje za vrijeme snimanja moraju imati na sebi zaštitu od zračenja (olovnu pregaču, olovne rukavice, itd.)

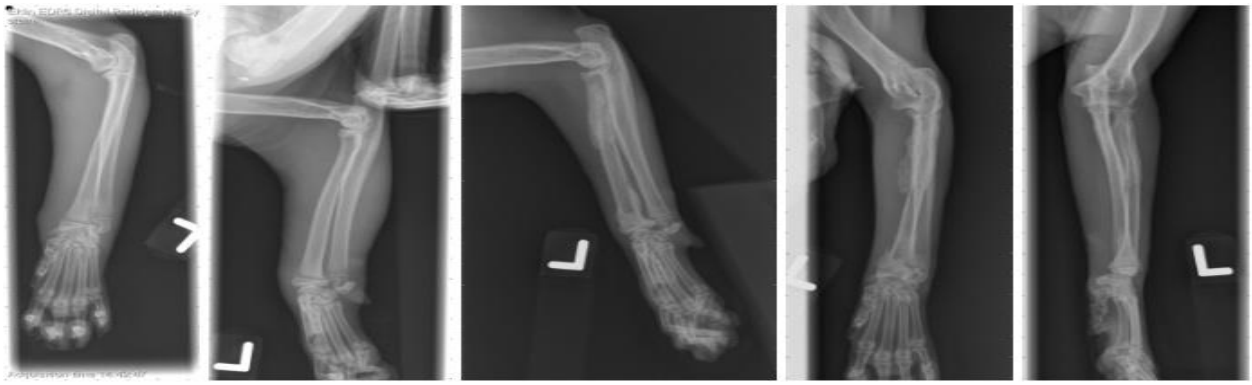


Slika 21. Ulazak psa u CT
Izvor: http://klinika-kreszinger.com/wp/wp-content/gallery/ct/fotografija-4.JPG



Slika 22. RTG slika trinaestogodišnjeg kastriranog muškog labradora. Imao je dug oporavak zbog anestezije radi MR mozga. Pacijent je sada na respiratoru.
Izvor: http://www.veterinaryradiology.net/2426/13-year-old-labrador-retriever/

Dg.: Na slici se vidi upala gornjeg dijela lijevog plućnog krila. Zahtjeva se kontrola kako bi se isključile atelektaze zbog ležanja i mirovanja. Na slici je prikazano metalno strano tijelo



Slika 23. Osteomijelitis kod mačića starog četiri mjeseca
Izvor: http://www.veterinaryradiology.net/2391/4-month-old-kitten/



Slika 24. RTG uređaj u veterini
Izvor: http://www.medical-centar.hr/proizvod/stol-za-rendgen-preglede-2/

Karakteristike rtg uređaja u veterini:

- pogodan za korištenje s analognim, digitalnim DR i CR kazetama,
- podesiv u 4 smjera,
- stol otporan na grebanje,
- mogućnost korištenja s različitim modelima RTG uređaja.
- dostupan u dvije dimenzije :
- 162 x 96 x 210 cm, Radna ploha: 162 x 75 cm,
- 149 x 86 x 200 cm Radna ploha: 149 x 64 cm.



Slika 25. Amadeo V
Izvor: https://www.or-technology.com/en/products/vet/amadeo-v-system.html

Amadeo V sustav posebno je namijenjen za uporabu u veterinarskoj praksi i uključuje sve komponente i funkcije potrebne za digitalno snimanje rendgenskih slika bez kaseta - uključujući tablicu pozicioniranja pacijenta s plutajućim stolom, trofaznim generatorom, računalom i monitorom, kao i dicomPACS , DX-R softver za preuzimanje i dijagnostiku. Amadeo V sustav je kompaktan i lako se može instalirati u zatvorenim prostorima. Rendgenski generator je integriran izravno u rendgensku tablicu. Sustav je jednostavan za korištenje i prilagođava se višestrukim tehnikama snimanja. Optimizirani tijek rada sustava Amadeo V dizajniran je za uštedu vremena, osoblja i financijskih sredstava. Kontrolna konzola dicomPACS ,DX-R nudi sve alate potrebne za rad s rendgenskim sustavom: od kontrole generatora do prikaza visokokvalitetnih slika za dijagnostičku evaluaciju. Sve se postavke unose na jednom monitoru. Osim toga, integrirani multimedijalni vodič za pozicioniranje rendgenskih zraka pomaže pri postavljanju bolesnika i postavkama softvera.

Karakteristike uređaja Amadeo V:

- isplativ,
- izvrsna kvaliteta slike,
- lak za korištenje,
- brz,
- efikasan.

4.1.Mobilni generatori i mobilni uređaji u veterini

Mobilni uređaji su transportni uređaji u veterini koji služe za postupak rendgenskog djelovanja. Sami uređaji su različitih veličina zbog različitih životinja, pa tako imaju uređaji koji se koriste za male životinje i oni uređaji koji se upotrebljavaju za velike životinje kao što su konji.



Slika 26. Uređaj BCF 8016 HF
Izvor: www.bcftechnology.com

1. Mogućnost namještanja 16 različitih programa
2. Drška za nošenje
3. Ugrađena razinska krivulja
4. Gumb za ekspoziciju
5. Aluminijsko kućište
6. Kabel za struju dužine 6 metara
7. Digitalni zaslon
8. Obrnuti zaslon za stacionarnu upotrebu
9. Kolimator
10. Laserske točke i metar za točno pozicioniranje
11. Idealan za snimanje konja zbog lake nosivosti i dizajna
12. Snage (80KV) jakosti (16mA)
13. Težina 6.4kg

Uređaj Amadeo P-100/35HB



Slika 27. Uređaj Amadeo P-100/35HB
Izvor: https://www.or-technology.com/images/PDF/Product_info_portable_monoblock_X-ray_machine_Amadeo_P-100_35HB_EN.pdf

Amadeo P-100 / 35HB je kompaktna i lagana, bežična prijenosna rendgenska jedinica (CE izjava o sukladnosti u skladu s Direktivom 93/42 / EEC). Koristeći revolucionarnu mikro tehnologiju i snažnu litij-ionsku bateriju, prijenosni isporučuje Amadeo P-100 / 35HB do 3000 mA bez punjenja baterije. Nije potreban nikakav vanjski izvor napajanja za izradu visokokvalitetnih rendgenskih slika, generatori su dizajnirani s Amadeo P-100 / 35HB najsuvremenijim mikroprocesorskim upravljačima i PROM memorijom za unaprijed programiranu APR, statuse baterije i zaslone razine energije mAs uključujući dvostruki laserski kolimator.

Karakteristike uređaja Amadeo-a P-100/35HB:

- maksimalna snaga: 2.4 kW,
- maksimalna jakost struje: 35 mA,
- dvostruki laser,
- litijeva baterija, vrijeme punjena 180 minuta,
- napon 130-260 V,
- dimenzija 250x214x349mm,
- masa:14.2 kg.

Cuattro Slate 6 veterinary DR X-ray system

Danas je najpopularniji digitalni direktni radiografski uređaj u veterini konja, a sastoji se od receptora slike 35x43 cm te potpuno bežićnog 4K tablet uređaja posebno opremljenog za mobilnu upotrebu.



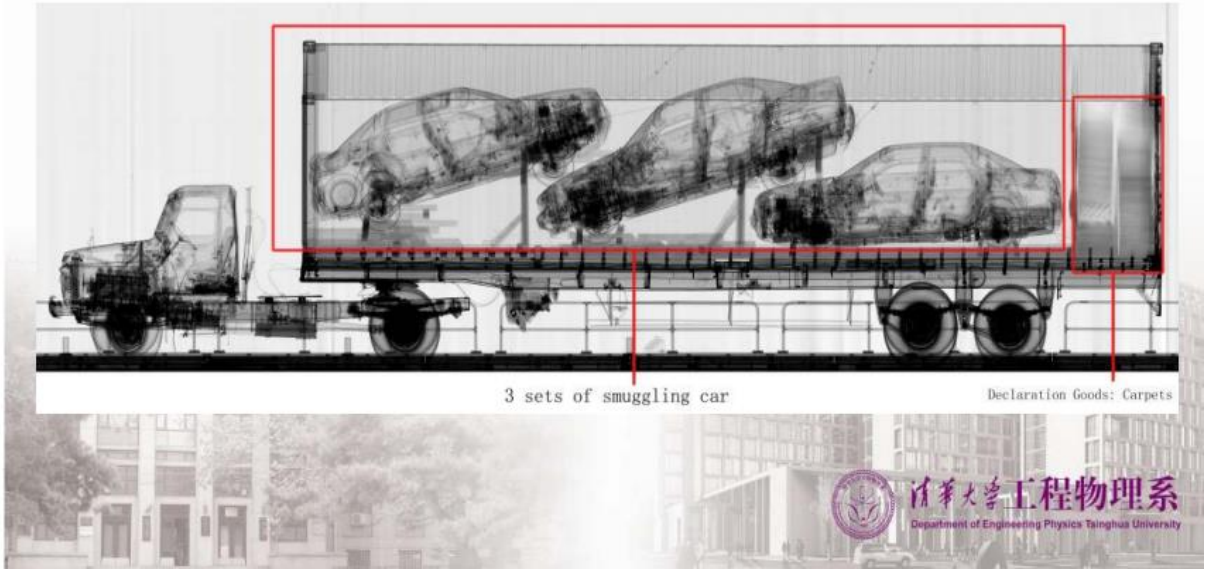
Slika 28. Cuattro Slate 6
Izvor: https://www.bcftechnology.co.uk/products/veterinary-x-ray/cuattro-slate-6/

Karakteristike uređaja Cuattro Slate 6:

- spreman je za uporabu 20 sekundi nakon pokretanja,
- slika se vidi 1.9 sekundi nakon ekspozicije,
- slika se može uraditi svako 3 sekunde,
- 16 inch zaslon,
- 4k rezolucija s ekranom osjetljivim na dodir u više točaka,
- lagan za uporabu.

5. Radiografija na graničnim prijelazima

Danas se na graničnim prijelazima upotrebljavaju radiografski uređaji linearni akceleratori koji svoju ulogu imaju i u medicini, ali sve veću ulogu uzimaju na graničnim prijelazima. Oprema za skeniranje kontejnera pomaže u povećanju učinkovitosti inspekcije. Skeniranje kontejnera / NII (Non-Intrusive Inspection) tj. sustavi neintruzivne (neometajuće) inspekcije opreme može povećati broj pošiljaka koje će na carini ubrzavati sam postupak prelaska granice i otkrivanja nedopuštene robe (automobila, radioaktivnog materijala, eksploziva i droge). Također se može koristiti i u sprječavanju krijumčarenja (ljudi, automobila).



Slika 29. Pokušaj krijumčarenja automobila
Izvor: Chuanxiang Tang ,Huaibi Chen,Yaohong Liu, Electron Linacs for cargo inspection and other industrial applications, International Topical Meeting on Nuclear Research Applications and Utilization of Accelerators, Vienna, Austria, 4–8 May 2009

Oprema zahtijeva veliki kapital i proces uvođenja, od začeća do djelovanja, utječe na kontrolne i obavještajne sektore. Sama oprema za skeniranje traje do 10 godina posebice se to odnosi na važnije dijelove uređaja kao što su akcelerator, detektor i softver.

Vrste zračenja koje se mogu koristiti za analizu su:

1. X-zrake

Rendgenske zrake su elektromagnetski val vrlo kratke valne duljine. X-zrake su polikromatske i imaju veći spektar od gama zraka. Izvor energije za rendgenske sustave je

električan, što znači da se može isključivati i uključivati. Energija se mjeri u MeV. Smatra se da rendgenski sustavi omogućuju bolju sliku , ali su skuplji i općenito su fizički veći od gama sustava.

2. Gama zrake

Prvo su razvijani sustavi s gama zračenjem. Monokromatskih su elektromagnetskih valova. Jednostavniji i jeftiniji, snimke su lošije od rendgenskih ali su i sami uređaji manji pa su i mobilniji.

3. Neutronsko

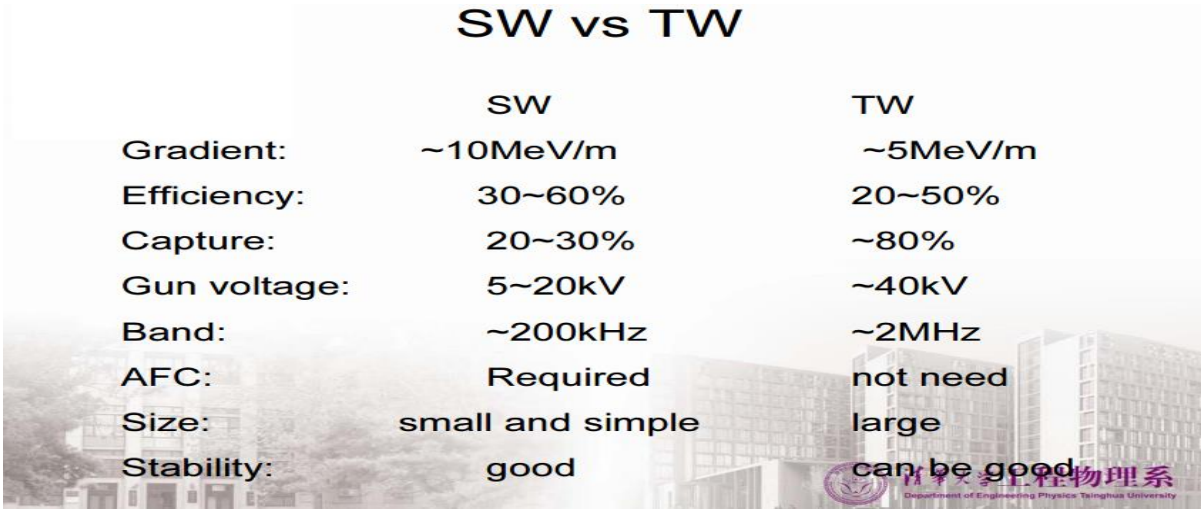
Neutronsko oslikavanje je nova tehnologija detekcije specifičnih materijala i tereta. Za skeniranje tereta se koriste neutroni energije 14 MeV-a.

Rendgenski uređaji su visokovoltažni, a dijelimo ih na:

Dual view X-ray sustavi obično se koriste kod skeniranja robe, a to su dvije slične energije u različitim ravninama (vertikalna vodoravna), a same informacije o dimenzijama snimke su kod analize

Dual Energy sustavi - Linearni akceleratori koji koriste dvije energije zračenja. Najčešće korišteni su linearni akceleratori s kombinacijama 3 i 6 MeV-a te 6 i 9 MeV-a, a one omogućavaju razlikovanje materijala.

Vrste linearnih akceleratora- fiksni/stacionarni (najskuplji su i najjači s energijom i do 9 MeV-a moraju biti u nekoj građevini), prenosivi (energija 6 MeV-a) i "drive through". Tu je i skeniranje vlakova kao najnovija metoda koja je slična drive thorugh-u. Danas se koristi tehnologija u uporabi linearnih akceleratora je „Standing Wave“ (SW) ili akceleratorska struktura stojnog vala, sa „S-band“ tipom izvora mikrovalova odnosno RF signala, s rasponom frekvencija od 2 do 4 GHz. Postoji još i TW "Travelling Wave" koji ima određene razlike od SW-a.



Slika 30. Razlika između Standing wave i Travelling wave

Izvor: Chuanxiang Tang ,Huaibi Chen,Yaohong Liu, Electron Linacs for cargo inspection and other industrial applications, International Topical Meeting on Nuclear Research Applications and Utilization of Accelerators, Vienna, Austria, 4–8 May 2009

Vrste linearnih akceleratora: S-band, X-band , C-band, L-band.

Za prenosive sustave najčešće se koriste S-band linearni akceleratori sa SW tehnologijom, dok se za kompaktne i mobilne sustave najboljom smatra kombinacija X-band linearnih akceleratora (8-12 GHz) i SW tehnologije. L-band i C-band nisu uobičajeni. L-band može isporučiti više od 1 MW prosječne snage, prikladan za elektronske linearne akceleratore velike snage koji se koriste u zračenju. C-band, koristi izvor manji od komercijalnih izvora energije.



Slika 31. Sistemi inspekcije tereta i njihovi linearni sustavi

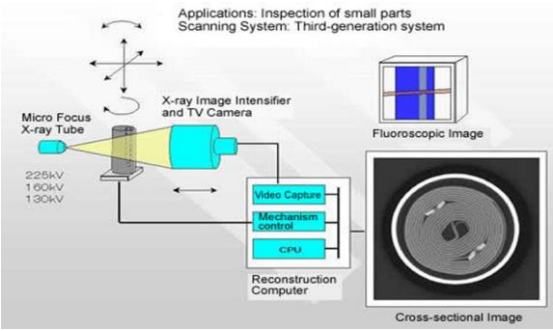
Izvor: Chuanxiang Tang ,Huaibi Chen,Yaohong Liu, Electron Linacs for cargo inspection and other industrial applications, International Topical Meeting on Nuclear Research Applications and Utilization of Accelerators, Vienna, Austria, 4–8 May 2009

6. Eksperimentalna radiografija(Mikro CT)

Začeci mikro CT-a su u ranim 1980-im godinama kada je John Elliot osmislio sustav koji koristi rendgenske zrake u području mikro tomografije, a prvo predstavljanje mikro CT-a je bilo 1994-e godine. Prve objavljene mikro CT slike su rekonstruirani slojevni isječci malog tropskog puža, a veličine piksela oko 50 mikrometara. Mikro CT je serija izuzetnih instrumenata, koji proširuju polje primjene kompjuterizirane tomografije i van medicine. Uređaji su zasnovani na klasičnim principima tomografije - registriranju serije rendgenskih projekcija pod različitim kutovima i rekonstrukciji upotrebom različitih algoritama za tzv. Radonovu inverziju. Ono što ih razlikuje od medicinskih modela je izuzetno visoka moć razlaganja koja je u mikronskom (a u najnovijem uređaju i submikronskom) nivou. Usporedbe radi, medicinski skeneri imaju razlaganje koje je reda veličine milimetra i nešto manje. Povećana rezolucija je ograničila volumena područja u kojoj je skeniranje moguće. Ovdje se radi o zoni čiji je promjer do 70 mm, a dužina oko 500 mm (zavisno od modela). Mikro CT još nije ušao u uporabu, još je u eksperimentalnoj fazi, ali njegova korist bi se mogla naći ubrzo u medicini (ne koristi se zbog doze zračenja i relativno slabe kontrastnosti mekih tkiva). Sada se rade ispitivanja na malim životinjama, in vitro preparatima i na sitnim mehaničkim uređajima. Za nas su trenutno posebno interesantne primjene ovog uređaja u analizi zubnog i koštanog tkiva. Zbog preciznosti samog uređaja kod zubnog tkiva bi mogli dobiti detaljnu analizu i puni mehanički model zuba, što bi pridonijelo razvoju stomatologije.

Popis područja u kojima se predviđa primjena opreme:

- biomedicina i zdravstvo,
- razvoj i ispitivanje novih pristupa koncepata dentalne protetike,
- istraživanja i razvoj ćelijastih struktura kao apsorbera energije udara i lakih nosivih konstrukcija,
- istraživanja u područjima pretkliničkih medicinskih znanosti.
- neinvazivna pretklinička i klinička istraživanja na malim životinjama,
- istraživanja u primjeni novih metoda kod konzervaciji restauracije baštine,
- geologija,
- botanika i zoologija,
- ribarstvo i marikultura.



Slika 32. Mikro CT s elektronskim pojačalom i CCD kamerom

Izvor: dr. sc. Frane Mihanović,mag.med. rad.,v.pred. Primjenjena radiografija u drugim područjima



Slika 33. Mikro CT

Izvor: dr. sc. Frane Mihanović,mag.med. rad.,v.pred. Primjenjena radiografija u drugim područjima

7. Zaključak

1. Radiografija je postupak, tj. snimanje uz pomoć elektromagnetskog zračenja malih valnih duljina (gama ili x-zraka)
2. Nastanak radiografije kao znanosti se zbio 22.12.1895.
3. Radiografija izvan medicine se pojavljuje u arheologiji/paleoradiologiji par godina nakon korištenja same u medicini.
4. Radiografija u veterini upotrebljava slične uređaje kao što su u medicini.
5. Radiografija na graničnim uređajima ima veliku važnost, jer sprječava razne kriminalne aktivnosti
6. Mikro CT je posebna grana radiografije koja se još razvija, ali u budućnosti će se koristiti za razne djelatnosti

8. Literatura

1. http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=51482
2. https://kimrendfeld.wordpress.com/2015/02/06/wonders-of-the-x-ray/
3. https://www.pinterest.com/contilab/great-minds/
4. http://www.orau.org/ptp/collection/shoefittingfluor/shoe.htm
5. http://media.springernature.com/full/springerstatic/image/art%3A10.1186%2Fs40494-015-0033-6/MediaObjects/40494_2015_33_Fig4_HTML.gif
6. http://www.e-insitu.com/hr/iz-struke/iz-struke/radiografske-analize-mramornih-statua-iz-narone.html
7. Frank J. Rühli, Dr. med., PhD; Rethy K. Chhem, MD, PhD, FRCPC; Thomas Böni, MD Diagnostic paleoradiology of mummified tissue: interpretation and pitfalls
8. https://www.flickr.com/photos/internetarchivebookimages/14777545043/in/photostream/
9. dr.sc.Frane Mihanović,mag.med.rad.,v.pred. Primjenjena radiografija u drugim područjima
10. http://4nsi.com/assets/files/3dscan-nsi.pdf
11. http://www.wga.hu/frames-e.html?/html/e/eyck_van/jan/09ghent/1open.html
12. http://closertovaneyck.kikirpa.be/#viewer/id1=13&id2=0
13. http://radiblography.blogspot.hr/2010/01/radiography-as-art.html
14. http://kpnrijksmuseum.com/destaalmeesters
15. https://www.researchgate.net/publication/279710761_XRay_Radiographic_Study_of_some_Panel_Painting_Icons_from_the_Beginning_of_the_XX_Century
16. http://www.futuropasado.com/?p=939
17. http://radiblography.blogspot.hr/2010/01/radiography-as-art.html
18. https://pdfs.semanticscholar.org/3719/cb4f8ce11c842a92a2ff0961ddd0f3aea030.pdf
19. http://www.sfsb.unios.hr/kth/zavar/tii/kbr_met.html
20. https://www.or-technology.com/en/products/testing/amadeo-ndt.html#Images
21. .https://www.or-technology.com/en/products/testing/robot-for-testing-welding-seams.html
22. http://klinika-kreszinger.com/wp/wp-content/gallery/ct/fotografija-4.JPG
23. http://www.veterinaryradiology.net/2426/13-year-old-labrador-retriever/
24. http://www.veterinaryradiology.net/2391/4-month-old-kitten/

25. http://www.medical-centar.hr/proizvod/stol-za-rendgen-preglede-2/
26. https://www.or-technology.com/en/products/vet/amadeo-v-system.html
27. www.bcftechnology.com
28. https://www.or-technology.com/images/PDF/Product_info_portable_monoblock_X-ray_machine_Amadeo_P-100_35HB_EN.pdf
29. https://www.bcftechnology.co.uk/products/veterinary-x-ray/cuattro-slate-6/
30. Chuanxiang Tang ,Huaibi Chen,Yaohong Liu, Electron Linacs for cargo inspection and other industrial applications, International Topical Meeting on Nuclear Research Applications and Utilization of Accelerators, Vienna, Austria, 4–8 May 2009
31. http://vad.hr/vetsservices/radiologija/
32. http://kpnrijksmuseum.com/destaalmeesters
33. http://hr.winesino.com/healthcare-industry/general-healthcare-industry/1016086864.html
34. http://www.veterinaryradiology.net/
35. http://www.merckvetmanual.com/clinical-pathology-and-procedures/diagnostic-imaging/radiography
36. http://radiblography.blogspot.hr/2010/01/radiography-as-art.html
37. https://pdfs.semanticscholar.org/3719/cb4f8ce11c842a92a2ff0961ddd0f3aea030.pdf
38. http://holography.phy.bg.ac.rs/clanak.php?r=br-106/Mikro-CT-(mikro-rentgenski-skener).html
39. http://www.qualitymag.com/articles/89683
40. Doc.dr.sc. Krešimir Dolić, Povijest radiografije, nastajanje rentgenskih zraka, njihove osobine i receptori slike
41. https://www.or-technology.com/en/products/testing/amadeo-ndt.html#Images
42. https://heritagesciencejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40494-015-0033-6
43. http://bib.irb.hr/prikazi-rad?rad=851941
44. https://oehm-rehbein.de/
45. Velimir Karadža,Uporaba linearnih akceleratora na graničnim prijelazima
46. World Customs Organization, Guidelines for the procurement and deployment of scanning/NII equipment, D/2010/0048/10, December 2011
47. (3)V. Shvedunov, LOW ENERGY ELECTRON ACCELERATORS APPLICATION, Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University,10 November 2011

9. Sažetak

Radiografija je dio medicine nastao slučajnim pokusom 1895. godine, a do danas se zadržala u medicini kao jedna od najvažnijih dijagnostičkih metoda. Uz to što je ostala u medicini radiografija je svoju djelatnost našla i u mnogim drugim strukama kao što su: arheologija, paleoradiologija, građevina, industrija itd. Radiografija je imala i ima svoje uspone i padove u medicini , ali i izvan nje, a jedan od većih padova izvan medicine je shoe fitting fluoroscope, za koji se pokazalo da mu je svrha štetna po ljudsko zdravlje. Najrašireniju primjenu je našla u arheologiji i paleoradiologiji, gdje su napisani brojni članci o istraživanjima i strojevima koji se koriste u te dvije grane. Također koristi se u industriji gdje služi najčešće kao kontrola nekih spojeva ili materijala. Sredinom 20. og stoljeća dolazi u uporabu na granicama kao kontrola, a od 60-ih godina dolazi kao kontrola protiv terorizma. Radiografija kao grana medicine je interesantna i ima široki spektar i u budućnosti će se zadržati kao jedna od bitnijih grana ljudskog djelovanja, što u arheologiji, a što u mikro CT-u koji dolazi kao nova metoda istraživanja.

10. Summary

Radiography is part of a medicine created by a random experiment in 1895, and has remained in medicine as one of the most important diagnostic methods. Apart from remaining in medicine, radiography has found its activity in many other areas, such as archeology, paleoradiology, construction, industry, etc. Radiography has and has its ups and downs in medicine but also outside of it, and one of the major falls outside medicine is a shoe fitting fluoroscope, which has been shown to be harmful to human health. The most widespread application was found in archeology and paleoradiology, where numerous research articles were written in these two branches. It is also used in the industry where it is most commonly used as control of some compounds or materials. In the mid-20th century, it came into use at the borders as a control, and since the 1960s it has come to control terrorism. Radiography as a branch of medicine is interesting and has a wide spectrum and will remain in the future as one of the most important branches of human activity, in archeology, and in micro CT that comes as a new research method.

11. Životopis

Ime i prezime:	Marin Liljak
Adresa:	Hektorovićeva 50, Solin
Mobitel:	095/587-8853
E-mail:	marin.liljak@gmail.com
Mjesto i datum rođenja:	Split, 07.rujna 1994

OBRAZOVANJE

2009.-2013. Zdravstvena škola Split, smjer Fizioterapeutski tehničar

2013.-2017. Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija;

smjer: Radiološka tehnologija

VJEŠTINE

Vozačka dozvola:	B kategorija
Rad na računalu:	Aktivno korištenje računala, poznavanje rada na MS Office paketu
Strani jezici:	Engleski jezik