

SVOJSTVA I PRIMJENE ULTRALJUBIČASTOG I RENDGENSKOG ZRAČENJA

Ravenski, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:365771>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-27**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Karlo Ravenski

**SVOJSTVA I PRIMJENE
ULTRALJUBIČASTOG I
RENDGENSKOG ZRAČENJA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2024.

Karlovac University of Applied Sciences
Safety and Protection Department
Professional undergraduate study of Safety and Protection

Karlo Ravenski

PROPERTIES AND APPLICATIONS OF ULTRAVIOLET AND X-RAY RADIATION

Final paper

Karlovac, 2024.

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Karlo Ravenski

**SVOJSTVA I PRIMJENE
ULTRALJUBIČASTOG I
RENDGENSKOG ZRAČENJA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr. sc. Slaven Lulić, prof. struč. stud.

Karlovac, 2024.



**VELEUČILIŠTE
U KARLOVCU**
Karlovac University
of Applied Sciences

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Trg J.J.Strossmayera 9
HR-47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2024.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Karlo Ravenski

Matični broj: 0415621014

Naslov: Svojstva i primjene ultraljubičastog i rendgenskog zračenja

Opis zadatka:

Uz pomoć literature obraditi temu Svojstva i primjene ultraljubičastog i rendgenskog zračenja. Pisat će se općenito o ultraljubičastom i rendgenskom zračenju te njihovoj primjeni u svakodnevnom životu. Dotaknut će se i djelovanje ultraljubičastog i rendgenskog zračenja na žive organizme. Također, bit će riječ i o zaštiti od ultraljubičastog i rendgenskog zračenja.

Zadatak zadan:

03/2024.

Rok predaje rada:

05/2024.

Predviđeni datum obrane:

06/2024.

Mentor:

dr. sc. Slaven Lulić, prof. struč. stud.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Ivan Štedul, v. pred.

PREDGOVOR

Ovim putem se zahvaljujem mentoru dr. sc. Slaven Lulić, prof. struč. stud. na svim savjetima i pomoći tijekom pisanja ovog rada.

Zahvaljujem se i svim ostalim profesorima na prenesenom znanju i iskustvu.

Također se želim zahvaliti svojoj obitelji i prijateljima na podršci tijekom studiranja.

Hvala Vam!

Karlo Ravenski

SAŽETAK

U prvom dijelu rada navedena su opća svojstva ultraljubičastog i rendgenskog zračenja. Zatim je opisana njihova primjena u svakodnevnom životu. U radu je također objašnjeno djelovanje ultraljubičastog i rendgenskog zračenja kao i njihove mjere zaštite.

KLJUČNE RIJEČI: ultraljubičasto zračenje, rendgensko zračenje, zaštita od zračenja

SUMMARY

In the first part of the paper, the general properties of ultraviolet and X-ray radiation are stated. Then their application in everyday life is described. The paper also explains the effect of ultraviolet and X-ray radiation as well as their protection measures.

KEY WORDS: ultraviolet radiation, X-ray radiation, radiation protection

SADRŽAJ

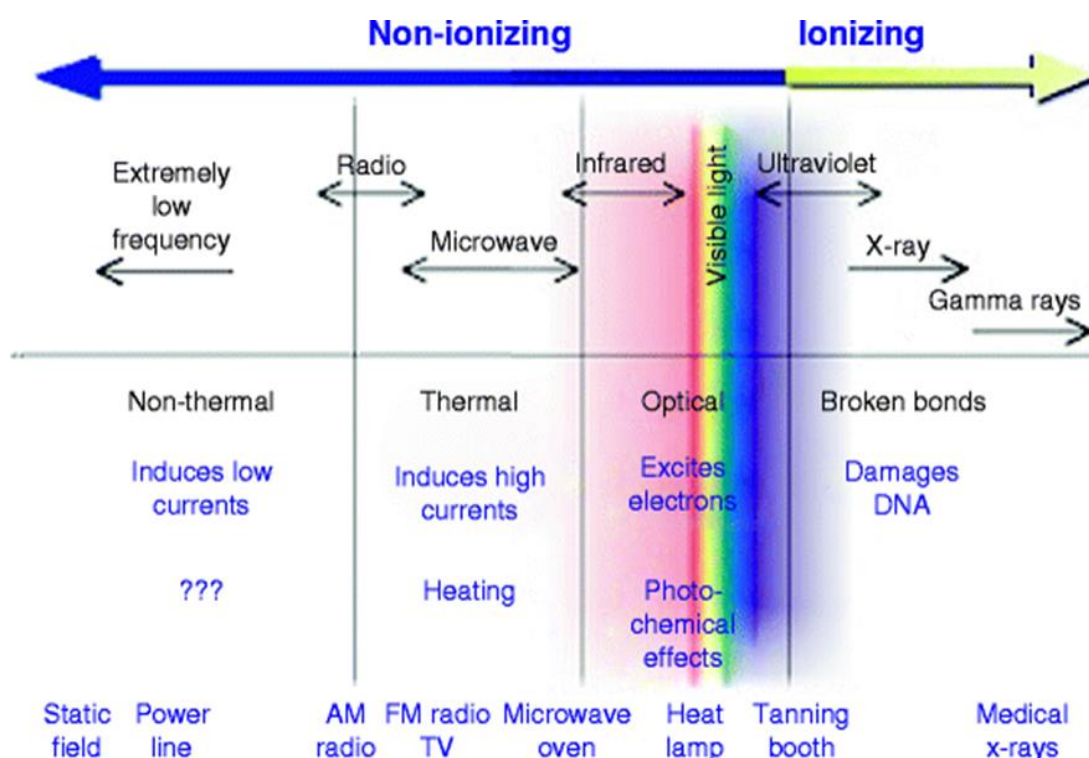
1. UVOD	1
2. OSNOVNA OBILJEŽJA ULTRALJUBIČASTOG I RENDGENSKOG ZRAČENJA	3
2.1. Ultraljubičasto zračenje	3
2.1.1. Izvori ultraljubičastog zračenja	4
2.1.2. Vidljivost ultraljubičastog zračenja	5
2.1.3. Luminiscencija	6
2.2. Rendgensko zračenje	6
2.2.1. Proizvodnja rendgenskog zračenja	7
3. PRIMJENA ULTRALJUBIČASTOG I RENDGENSKOG ZRAČENJA	9
3.1. Primjena ultraljubičastog zračenja	9
3.1.1. Dezinfekcija ultraljubičastim zračenjem	10
3.2. Primjena rendgenskog zračenja	12
4. DJELOVANJE ULTRALJUBIČASTOG I RENDGENSKOG ZRAČENJA NA ŽIVE ORGANIZME	15
4.1. Djelovanje ultraljubičastog zračenja na žive organizme	15
4.1.1. Djelovanje ultraljubičastog zračenja na kožu	15
4.1.2. Djelovanje ultraljubičastog zračenja na oči	16
4.2. Djelovanje rendgenskog zračenja na žive organizme	17
5. ZAŠTITA OD ULTRALJUBIČASTOG I RENDGENSKOG ZRAČENJA	19
5.1. Zaštita od ultraljubičastog zračenja	19
5.2. Zaštita od rendgenskog zračenja	21
6. ZAKLJUČAK	23
7. LITERATURA	24

8. PRILOZI	26
8.1. Popis slika.....	26
8.2. Popis tablica	26

1. UVOD

Zračenje postoji od samog nastanka svijeta. Dapače zračenje je ono prvo što je nastalo Velikom praskom prije 13,7 milijardi godina te od tada postoji sve do danas. Ima bitnu ulogu u materijalnom svijetu u kojem živimo te djeluje na naš svakodnevni život. Zračenje je kompleksan pojam za čije su shvaćanje znanstvenici morali detaljnije upoznati građu tvari jer ono dolazi upravo iz dubine tvari. Zračenje se još naziva i radijacija, a dolazi od latinske riječi *radiare* što znači sjati, odnosno sijevati. Sam pojam radijacija definira prirodnu pojavu kojom se energija prenosi elementarnim česticama tvari ili elektromagnetskim valovima kroz prostor [1].

Kao što je vidljivo iz spektra elektromagnetskog zračenja koji se nalazi na slici 1, zračenje se može podijeliti na neionizirajuće zračenje i ionizirajuće zračenje [2].



Slika 1: Spektar elektromagnetskog zračenja [2]

Zakonom o zaštiti od neionizirajućeg zračenja, NN 91/10, 114/18 definirano je neionizirajuće zračenje na sljedeći način: „*Neionizirajuće zračenje jesu elektromagnetska polja i elektromagnetski valovi frekvencije niže od 3000000 GHz ili ultrazvuk frekvencije niže od 500 MHz koji u međudjelovanju s tvarima ne stvaraju ione.*“ Pojednostavljeno, neionizirajuće zračenje je zajednički naziv za elektromagnetska zračenja koja ne mogu dovesti do ionizacije, odnosno nemaju potrebnu energiju po jednom kvantu kako bi iz atoma ili molekule uklonila elektron [3]. Elektromagnetsko zračenje tijekom prolaženja kroz neku tvar ne stvara ione, nego elektroni prelaze u više energetske stanje, a taj se proces naziva ekscitacija. Neki od primjera neionizirajućeg zračenja su radio valovi, mikrovalno, infracrveno, vidljivo zračenje te dio ultraljubičastog zračenja [4].

Za razliku od neionizirajućeg zračenja, ionizirajuće zračenje je zajednički naziv za sva zračenja koja imaju potrebnu energiju za ioniziranje tvari s kojom dolaze u međudjelovanje. Ta međudjelovanja su izuzetno složena jer osim promjena na tvari na koju zračenje djeluje mijenja se i samo zračenje uslijed predaje energije. Osnovni elementi ionizirajućeg zračenja mogu biti fotoni i elementarne čestice. Iz toga proizlaze dvije osnovne skupine ionizirajućeg zračenja: elektromagnetsko (fotonsko) zračenje i korpuskularno (čestično zračenje) [1,5].

Najpoznatiji primjeri ionizirajućeg zračenja su: dio ultraljubičastog zračenja, rendgensko zračenje, alfa-zračenje, beta-zračenje, gama-zračenje, elektronsko te neutronska zračenje [1].

2. OSNOVNA OBILJEŽJA ULTRALJUBIČASTOG I RENDGENSKOG ZRAČENJA

2.1. Ultraljubičasto zračenje

Ultraljubičasto zračenje, oznake UV, dolazi od engleske riječi ultraviolet. Ultraljubičasto zračenje je zračenje čiji spektar obuhvaća valne duljine od 10 do 400 nanometara [6].

Razvoj spoznaja o ultraljubičastom zračenju možemo pratiti od 1801. godine kada je J. W. Ritter primijetio kako kristali srebrnog klorida, koji su izloženi djelovanju zračenja iz područja spektra iza ljubičastog dijela, potamne. Nakon Ritterovog otkrića mnogi fizičari nastavili su proučavati ultraljubičasto zračenje te su pokušavali odrediti granicu spektra. G. G. Stokes 1862. godine odredio je granicu na 183 nanometra. Nešto kasnije otkriveno je da zrak, kremene leće i prizme mogu apsorbirati ultraljubičasto zračenje još nižih valnih duljina pa se ono ne primjećuje. Izumom vakuumske spektrografa Viktor Schumann pomaknu je granicu na 130 nanometra. Još su i fizičari Theodore Lyman te R. A. Millikan korigirali granicu ultraljubičastog zračenja da bi 1927. godine otkrili dodirivanje područja ultraljubičastog i rendgenskog zračenja [6].

Ultraljubičasto zračenje u elektromagnetskom spektru nalazi se između vidljive svjetlosti te rendgenskog zračenja. Vidljiva svjetlost ima veće valne duljine od ultraljubičastog zračenja, a rendgensko zračenje manje valne duljine, nego ultraljubičasto zračenje. Kako je već rečeno, jedan dio ultraljubičastog zračenja pripada neionizirajućem zračenju, a jedan dio ionizirajućem zračenju [7].

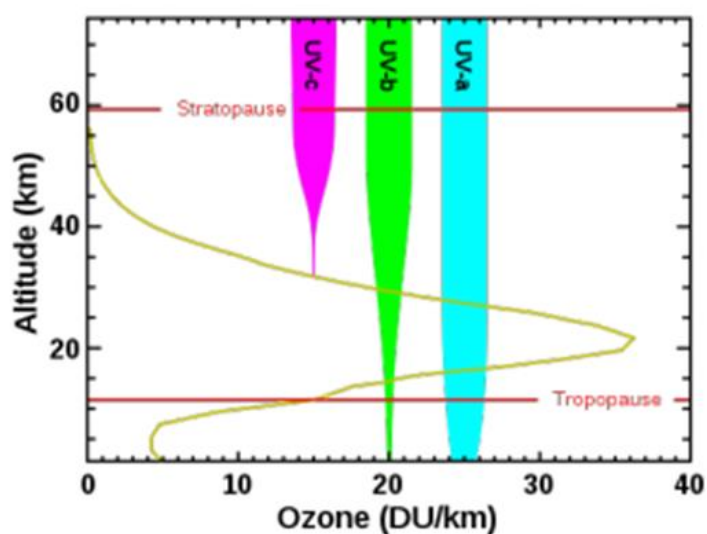
Postoje brojne podjele ultraljubičastog zračenja, a tablica 1 prikazuje podjelu ultraljubičastog zračenja prema standardu ISO-DIS-21348 [8]:

Tablica 1: Vrste ultraljubičastog zračenja [8]

Naziv zračenja	Kratica	Valna duljina (nm)
Ekstremno ultraljubičasto	EUV	10 - 121
Vakuum ultraljubičasto	VUV	100 - 200
Ultraljubičasto C	UVC	100 - 280
Ultraljubičasto B	UVB	280 - 315
Ultraljubičasto A	UVA	315 - 400

2.1.1. Izvori ultraljubičastog zračenja

Ultraljubičasto zračenje postoji u prirodi, tj. zrači ga Sunce. Sunčeva svjetlost sadrži ultraljubičasto A, ultraljubičasto B i ultraljubičasto C zračenje. Od Sunca do površine zemlje ozon i atmosfera apsorbiraju većinu tog zračenja te zbog toga na Zemlju stigne najčešće samo ultraljubičasto A zračenje te nešto ultraljubičastog B zračenja što je vidljivo na slici 2 [9].

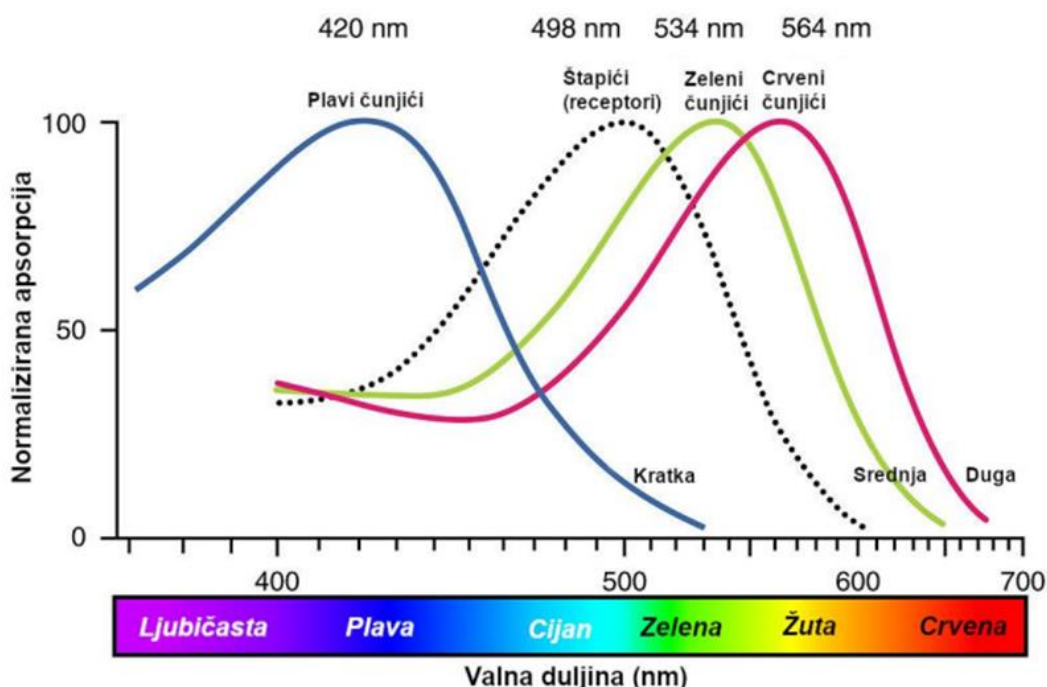


Slika 2: Apsorpcija ultraljubičastog zračenja [9]

Osim što se nalazi u prirodi, ultraljubičasto zračenje moguće je proizvesti umjetnim putem. Tako je moguće proizvesti UV fluorescentnu svjetiljku koja zrači crno svjetlo te emitira ultraljubičasto zračenje valne duljine 360 nanometra i nešto malo vidljive svjetlosti. To crno svjetlo emitirano je malom snagom u području bezopasnog ultraljubičastog A zračenja. Također, moguće je proizvesti antimikrobne fluorescentne svjetiljke, ultraljubičaste svjetleće diode, ultraljubičaste lasere te plinske svjetiljke. Također, ultraljubičasto zračenje nastaje i prilikom zavarivanja [6].

2.1.2. Vidljivost ultraljubičastog zračenja

Čovjek, odnosno ljudsko oko nema sposobnost vidjeti ultraljubičasto zračenje. Leća u ljudskom oku zaustavlja zračenja između 300 i 400 nanometara, a rožnica je ta koja zaustavlja zračenja manjih valnih duljina. Na slici 3 prikazan je apsorbirani spektar vidljive svjetlosti [4].



Slika 3: Prikaz apsorbiranog spektra vidljive svjetlosti [4]

2.1.3. Luminiscencija

Za ultraljubičasto zračenje, ali i za rendgensko zračenje izrazito je važan pojam luminiscencije. Luminiscencija se odnosi na „*pojavu emisije sekundarnog elektromagnetskog zračenja iz neke tvari, do koje dolazi tako da se atomi tvari pobuđuju nekim primarnim elektromagnetskim zračenjem ili česticama, a potom vraćajući se u osnovno stanje emitiraju zračenje*“ (Brković, 2001., str. 16). Upravo ultraljubičasto zračenje izaziva luminiscenciju odnosno svjetlucanje tvari, ako su te tvari obasjane ultraljubičastim zračenjem [7].

Kod luminiscencije važno je razlikovati dva pojma:

1. fluorescencija
2. fosforescencija [7].

Fluorescencija je naziv za svjetlucanje tvari koje traje samo za vrijeme obasjavanja te tvari. S druge strane, fosforescencija je naziv za svjetlucanje tvari koje ne traje samo za vrijeme obasjavanja te tvari, nego svjetlucanje traje i nekoliko trenutaka kasnije [7].

2.2. Rendgensko zračenje

Rendgensko zračenje ili X – zračenje je zračenje koje je ime dobilo po njemačkom fizičaru W. C. Röntgen koji ga je otkrio. To zračenje ima izuzetno veliku energiju u rasponu od 102 eV pa sve do 106 eV, dok je valna duljina rendgenskog zračenja od 0,001 nanometra do 10 nanometra. Zbog njegove izuzetno velike energije te ako tu dodamo njegovu prodornost, nevidljivost te slabu apsorpciju, ne treba čuditi što rendgensko zračenje u potpunosti pripada ionizirajućem zračenju. X-zrake oblik su elektromagnetskog zračenja, odnosno predstavljaju valove električnog i magnetskog polja i sastavni su dio elektromagnetskog spektra [10]. U elektromagnetskom spektru nalazi se između ultraljubičastog zračenja te gama zračenja. Rendgensko zračenje dovodi do fluorescencije (vidi poglavlje 2.1.3.), stoga nam upravo ova pojava služi za detektiranje toga zračenja [7].

S obzirom na to da se X-zrake mogu ponašati kao fotoni i kao valovi, odnosno imaju dualnu prirodu, njihove karakteristike mogu se objasniti klasičnom teorijom elektromagnetskog zračenja i kvantnom teorijom. Kada energiju X-zraka gledamo kao val, njene značajke opisujemo koristeći valnu duljinu koja predstavlja udaljenost dviju lokacija kada dođe do prodora energije u pokretu. Tada je brzina vala:

$$c = \lambda f \quad (1)$$

gdje je c – brzina svjetlosti, λ – valna duljina i f – frekvencija.

Drugi način za objašnjenje snopa X-zraka je kvantna teorija. Snop X-zraka je sastavljen od fotona, odnosno kvanata elektromagnetskog zračenja s energijom:

$$E = hf \quad (2)$$

gdje je E – energija fotona, f – frekvencija i h – Planckova konstanta koja iznosi:

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \quad (3)$$

$$h = 4,135 \times 10^{-15} \text{ eVs} \quad (4)$$

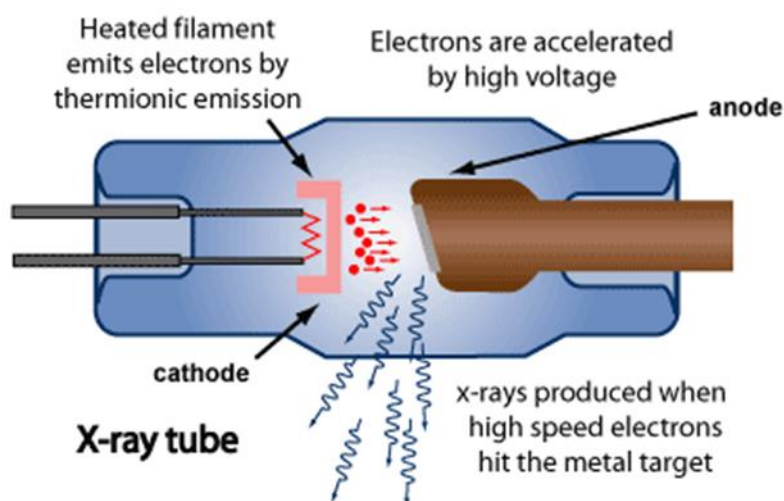
Kako bi se došlo do kvanata elektromagnetskog zračenja prvo je potrebno znati valnu duljinu koja je, kao što je već napisano, obilježje valnog kretanja [\[10\]](#).

X-zrake su nevidljive, prostorom se šire pravocrtno, dok se vakuumom kreću brzinom svjetlosti. One prodiru kroz tvari i djeluju na elektrone na svim dubinama. Prodorom kroz materiju slabe, a slabljenje ovisi o valnoj dužini zraka i atomskoj težini materije. Kraća valna duljina X-zraka ima veću prodornu snagu, manje slabljenje u materiji i manju apsorpciju. Veća atomska težina materije uzrokuje veća slabljenja zračenja i veću apsorpciju [\[10\]](#).

2.2.1. Proizvodnja rendgenskog zračenja

Rendgensko zračenje ne postoji u prirodi te ako ga želimo dobiti moramo ga proizvoditi umjetnim putem. Najčešće se proizvodi u rendgenskoj (elektronskoj) cijevi u kojoj se nalaze katoda i anoda bez prisustva zraka. Kako bi dobili rendgensko zračenje u elektronskoj cijevi potrebno je ubrzanim elektronima

bombardirati materiju. Dakle, moramo imati izvor elektrona koje moramo ubrzati. Primjer proizvodnje rendgenskog zračenja prikazan je na slici 4. U rendgenskim cijevima kao izvor elektrona najčešće se upotrebljavaju žarne niti od volframa kao katoda. Zagrijavanjem te žarne niti na određenu temperaturu ona emitira elektrone. Zatim se ti elektroni moraju ubrzati što se postiže visokim naponom te tako ubrzani elektroni udaraju u anodu. Količina rendgenskog zračenja ovisi o broju elektrona te njihovoj brzini. Kako bi se s katode emitiralo manje ili više elektrona potrebno je smanjiti ili povećati zagrijavanje žarne niti, odnosno anode. Brzina elektrona, kako je već rečeno, postiže se izloženosti elektrona visokom naponu i to na način da između katode koja je negativno nabijena i anode koja je pozitivno nabijena dobijemo veliku razliku potencijala [10,11].



Slika 4: Proizvodnja rendgenskog zračenja [11]

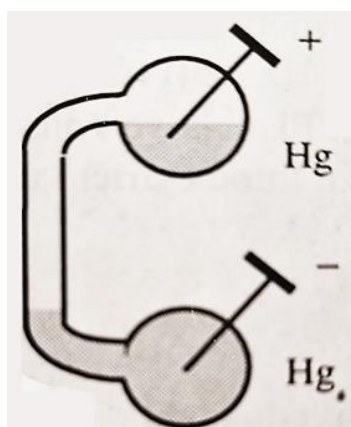
3. PRIMJENA ULTRALJUBIČASTOG I RENDGENSKOG ZRAČENJA

3.1. Primjena ultraljubičastog zračenja

Primjena ultraljubičastog zračenja proizlazi iz kemijskih reakcija i fotoluminiscencije koje ultraljubičasto zračenje uzrokuje pri međudjelovanju s drugim tvarima [4]. Najveća primjena ultraljubičastog zračenja vidljiva je kod izrade važnih osobnih dokumenata kao što su kartice, putovnice te vozačke dozvole. Naime, navedeni dokumenti sadrže vodeni žig kojeg je moguće vidjeti samo UV svjetilkama s ciljem sprečavanja krivotvorenja dokumenata. Također, novčanice sadrže dodatna vlakna u boji nevidljiva ljudskom oku, ali vrlo dobro uočljiva pod UV svjetlom [6]. Na slici 5 se nalazi primjer Visa kartice pod UV svjetlom.



Slika 5: Visa kartica pod UV svjetlom [4]



Slika 6: Kvarcna svjetiljka [7]

Primjena ultraljubičastog zračenja najviše je u vezi s njegovim valnim duljinama [4]. Na valnim duljinama između 350 i 370 nanometra rade uređaji za privlačenje komaraca. Nadalje, u medicini se upotrebljava tzv. „kvarcna svjetiljka“ nazvana još i „umjetno sunce“ koju možete vidjeti na slici 6. Svjetiljka je izrađena od kvarca sa živinim elektrodama te električni luk emitira mnogo ultraljubičastih zraka [7].

Važno je spomenuti i pojam UV fotografije. UV fotografijom možemo snimati u ultraljubičastom području uz korištenje filtra koji propušta samo ultraljubičasto zračenje, korištenje objektiva od kvarcnog stakla te filmova posebno osjetljivih na ultraljubičasto zračenje. Upravo takva UV fotografija ima široku primjenu u

medicini, forenzici, kriminalistici i znanstvenim istraživanjima [12]. Kod snimanja efekata fluorescencije glavni problem predstavlja izvor svjetla. Kao rješenje predlaže se korištenje tzv. crnog svjetla koje se primjenjuje za scenske efekte na koncertima ili u noćnim klubovima [12].

Ultraljubičasto zračenje ima svoju primjenu i u proizvodnji hrane, odnosno UV svjetiljke služe za pasterizaciju hrane. Također, UV svjetiljke koriste se i kod otkrivanja minerala i dragog kamenja. U posebnoj grani astronomije, ultraljubičastoj astronomiji, ultraljubičasto zračenje se koristi za proučavanje kemijskog sastava međuzvezdanog prostora te temperature i sastava zvijezda [4].

3.1.1. Dezinfekcija ultraljubičastim zračenjem

Sljedeća velika kategorija primjene ultraljubičastog zračenja je u području dezinfekcije. Dva su ključna uvjeta za upotrebu ultraljubičastog zračenja:

1. dubina do koje dopire kratkovalno ultraljubičasto zračenje
2. mogućnost negativnih, štetnih posljedica primjene ultraljubičastog zračenja [13].

Dezinfekcija ultraljubičastog zračenja moguća je kod dezinfekcije zraka, čvrstih površina, vode i drugih tekućina. U te svrhe koriste se tri vrste svjetiljki:

1. UV svjetiljke niskog pritiska (standardne)
2. UV svjetiljke niskog pritiska visokog efekta
3. Živine UV svjetiljke srednjeg pritiska [13].

Dezinfekcija se odvija na valnim duljinama između 240 i 280 nanometara. UV svjetiljke omogućuju otkrivanje organskih taloga (npr. urin, fosfate) te se na taj način može provjeriti kvaliteta čišćenja sanitarnih prostorija u bolnicama, hotelima i drugim javnim prostorima. Također, UV svjetiljke imaju široku primjenu u forenzici gdje služe za otkrivanje tjelesnih tekućina (krv, slina, urin) [6].

3.1.1.1. Dezinfekcija zraka

Ultraljubičasto zračenje ima značajnu primjenu u dezinfekciji zraka zbog vrlo dobrih postignutih rezultata u odnosu na druge metode dezinfekcije. Kako bi dezinfekcija postigla dobre rezultate važno je voditi računa o dozi ultraljubičastog zračenja koji se primjenjuje te o pred filtraciji. Kada govorimo o dozi ultraljubičastog zračenja koja se primjenjuje, prvenstveno mislimo na snagu svjetiljki koju upotrebljavamo te na trajanje izlaganju ultraljubičastom zračenju. Pred filtracija odnosi se na uklanjanje većih čestica prašine [\[13\]](#).

Prostorijska dezinfekcija zraka izvršava se na dva osnovna načina:

1. pasivno
2. aktivno [\[13\]](#).

Pasivna dezinfekcija zraka provodi se primjenom UV svjetiljki postavljenih u prostoriji te uz prirodnu cirkulaciju zraka. Kod ovog načina dezinfekcije treba zaštititi ljude od direktnog ultraljubičastog zračenja pravilnim usmjeravanjem emisija ultraljubičastog zračenja [\[13\]](#).

Aktivna dezinfekcija zraka mnogo je prihvatljivija za ljude jer se koriste uređaji koji uvlače zrak, tamo ga dezinficiraju i zatim dezinficiranog vraćaju natrag u prostoriju [\[13\]](#).

3.1.1.2. Dezinfekcija čvrstih površina

Dezinfekcija čvrstih površina moguća je samo ako postoji mala udaljenost od UV svjetiljki do čvrste površine te ako se upotrebljava veliki broj UV svjetiljki. Također, dezinfekcija čvrstih površina postiže dobre rezultate ako površine nisu jako zaprljane, a uvelike ovisi i o svojstvima samih površina [\[13\]](#).

3.1.1.3. Dezinfekcija vode i tekućina

Primjenom većeg intenziteta ultraljubičastog zračenja moguća je manja ili veća dezinfekcija vode, odnosno tekućina jer su mikroorganizmi u tekućinama znatno više zaštićeni od djelovanja ultraljubičastog zračenja. Najučinkovitije su ultraljubičaste C zrake valne duljine od 254 nanometra koje dovode do ugibanja

mikroorganizama te na taj način onemogućavaju nastanak bolesti [6,13]. Tablica 2 prikazuje prednosti dezinfekcije vode ultraljubičastim zračenjem u odnosu na dezinfekciju klorom [14].

Tablica 2: Prednosti dezinfekcije vode UV zračenjem u odnosu na dezinfekciju klorom [14]

Dezinfekcija UV zračenjem	Dezinfekcija klorom
Fizikalan proces	Kemijski proces
Trajanje dezinfekcije: 0-30 sekundi	Trajanje dezinfekcije: 0-30 minuta
Nema štetnih kemikalija	U elementarnom stanju otrovan
Ne utječe na miris i okus vode	Utječe na miris i okus vode

3.2. Primjena rendgenskog zračenja

Rendgensko zračenje najviše se primjenjuje u medicini, industriji i istraživanjima. S X-zrakama ljudi se najčešće susreću u području medicine. Prema podacima Komisije za zdravstveno osiguranje svake godine postoji više od 12 milijuna zahtjeva za preglede na rendgenskim uređajima. Također, X-zrake koriste se i kod liječenja raka u okviru radioterapije [11].

Aparati koji proizvode X-zrake i omogućuju njihovu primjenu u medicini nazivaju se rendgenski aparati. Prvi je rendgenski aparat proizveden već 1896. godine [1]. U početku rendgenski aparati upotrebljavali su se za sve vrste snimanja i bili su daleko drugačiji od današnjih. Razvojem tehnologije rendgenski aparati se sve više usavršavaju, a koriste i moderne načine zaštite od X-zraka [10]. Dijelovi koje ima svaki rendgenski uređaj su glavni dijelovi koji omogućuju rad (rendgenska cijev, izvor visokoga napona i izvor struje za žarenje katode) te dijelovi za upravljanje (regulator visokoga napona, regulator jakosti struje žarenja katode i ograničavalo ekspozicije) i nadzor (mjerilo visokoga napona, mjerilo struje žarenja i mjerilo ekspozicije). Pomoćni dijelovi se razlikuju ovisno o namjeni pojedinog uređaja [1]. Osnovna podjela rendgenskih aparata je na dijagnostičke i terapijske. Korištenjem rendgenskog uređaja dobiva se rendgenska slika.

„Rendgenska slika nastaje prolaskom X-zraka kroz objekt i njihovom interakcijom s fotografskom emulzijom na filmu“ (Lovrinčević, Lincender, Vegar, Klančević, 2008., str. 56). Najpoznatije digitalne radiološke metode su računalna tomografija (CT), tehnika ultrazvuka (UZ), digitalna suptrakcijska angiografija (DSA), magnetska rezonanca (MRI) i digitalna termovizija (DT). Slika 7 prikazuje rendgenski uređaj za računalnu tomografiju (CT) [10].



Slika 7: Rendgenski uređaj za računalnu tomografiju (CT)

Izvor: <https://radiochirurgiazagreb.com/hr/dijagnostika/nasa-tehnologija>

U industriji se X-zrake koriste za kristalografiju X-zraka i fluoroskopiju. Glavna je uloga tih postupaka kontrola kvalitete materijala i upoznavanje sa svojstvima materijala. Također, industrijska radiografija koristi X-zrake za pronalazak pukotina u npr. zgradama ili posudama pod tlakom [11].

Važna je primjena X-zraka i u zračnim lukama. Naime, upravo se X-zrake koriste za sigurnosnu provjeru prtljage kod ukrcaja putnika. Također, u zračnim lukama koristi se za provjeru putnika jer zbog svoje neprodornosti kroz metal može otkriti nedopuštene predmete kod putnika [7,11].

Zaključno, možemo reći kako se u ovisnosti o načinu primjene X-zraka mijenja električni potencijal i materijal za proizvodnju X-zraka što se može vidjeti u tablici 3 [11].

Tablica 3: Način upotrebe X-zraka u ovisnosti o naponu i materijalu [11]

Način upotrebe x-zraka		Električni potencijal	Materijal	Prosječna energija fotona
x-zraka kristalografija		40kV 60 kV	bakar molibden	8 keV - 17 keV
dijagnostički x-zrake	mamografija	26 - 30 kV	rodij molibden	20 keV
	zubni	60 kV	volfram	30 keV
	općenito	50 - 140 kV	volfram	40 keV
	ct	80 - 140 kV	volfram	60 keV
pregled prtljage	ručna/prijavljena torba	80 - 160kV	volfram	80 keV
	pregled kontejnera	450kV – 20MV	volfram	150 keV - 9 MeV
strukturna analiza		150 - 450 kV	volfram	100 keV
terapija x-zrakama		10 - 25 MV	volfram/visoki z materijal	3 - 10 MeV

4. DJELOVANJE ULTRALJUBIČASTOG I RENDGENSKOG ZRAČENJA NA ŽIVE ORGANIZME

Znanstvena disciplina, točnije grana biofizike, koja se bavi istraživanjem i proučavanjem djelovanja različitih vrsta zračenja na žive organizme naziva se radiobiologija [\[15\]](#).

4.1. Djelovanje ultraljubičastog zračenja na žive organizme

Kao što je već navedeno ultraljubičasto zračenje nalazi se u Sunčevoj svjetlosti te do zemlje najviše dolazi ultraljubičasto A i nešto ultraljubičastog B zračenja dok ultraljubičasto C zračenje apsorbira ozon. Ultraljubičasto C zračenje je i najopasnije jer ima veliku energiju stoga je dobro što se apsorbira u ozonu. Ultraljubičasto A i ultraljubičasto B zračenje koje dolazi na zemlju najviše djeluje na kožu te oči [\[6\]](#).

4.1.1. Djelovanje ultraljubičastog zračenja na kožu

Djelovanje ultraljubičastog zračenja na kožu ima pozitivne, ali i negativne posljedice po ljudsko zdravlje. Drugim riječima male količine ultraljubičastog zračenja imaju pozitivne učinke na zdravlje, dok velike količine ultraljubičastog zračenja imaju negativne učinke [\[6\]](#).

Od pozitivnih posljedica izdvaja se stvaranje vitamina D koji služi za održavanje dovoljne količine kalcija u organizmu [\[6\]](#).

Negativne posljedice ultraljubičastog zračenja na kožu mogu se podijeliti u dvije skupine, a to su akutne posljedice te kronične posljedice [\[6\]](#).

Od akutnih posljedice izdvajaju se: sunčane opekline, solarna urtikarija i aktinički svrbež – pruriga [\[6\]](#).

Neke od kroničnih posljedica su: fotostarenje, kronični aktinični dermatitis, razne prekanceroze, lentigo solaris, keratosis actinica, razni tumori kože [\[6\]](#).

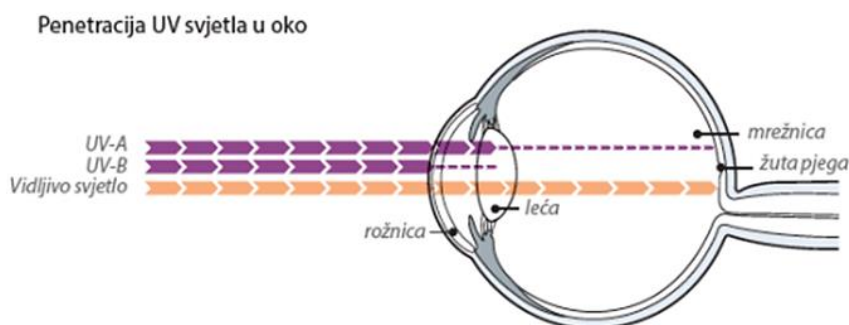
Najčešće spominjane negativne posljedice ultraljubičastog zračenja su crvenilo kože (vidljivo na slici 8) te rak kože. Crvenilo (eritem) kože je oštećenje kože za koje najčešće kažemo da smo izgorjeli na suncu, a za to je odgovorno ultraljubičasto B zračenje koje ne prodire kroz kožu. Takvo oštećivanje može dovesti do raka kože zbog onemogućenog obnavljanja kožnih stanica. S druge strane ultraljubičasto A zračenje ne izaziva crvenilo nego pigmentaciju kože, ali je također jako opasno i može izazvati rak kože, no tek s godinama [6].



Slika 8: Crvenilo kože [6]

4.1.2. Djelovanje ultraljubičastog zračenja na oči

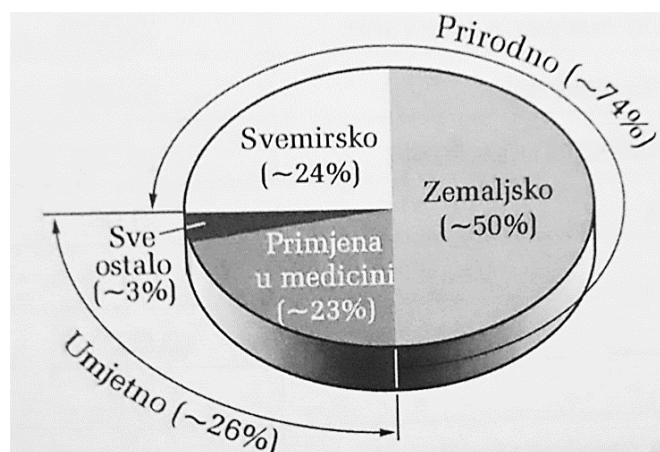
Ultraljubičasto zračenje ima štetan učinak na oči. Kao na kožu tako i na oči djeluje i ultraljubičasto A i ultraljubičasto B zračenje. Ultraljubičasto A zračenje štetno djeluje na mrežnicu oka te uzrokuje degeneraciju žute pjege. Ultraljubičasto B zračenje najviše djeluje na rožnicu oka koju može oštetiti te uzrokovati bolove u očima. Također, ultraljubičasto B zračenje može uzrokovati nastanak sive mreine. Svi navedeni problemi mogu dovesti do gubitka vida. Na slici 9 prikazano je kako ultraljubičasto A i ultraljubičasto B zračenje prodire u oko [6].



Slika 9: Prodiranje UV zračenja u oko [4]

4.2. Djelovanje rendgenskog zračenja na žive organizme

Ozračivanje X-zrakama umjetni je izvor ozračivanja. Primjena X-zraka u medicini najpoznatija je primjena zračenja. Udio koji rendgenska dijagnostika ima u prosječnoj izloženosti zračenju je izuzetno velik o čemu govori i podatak da je izloženost rendgenskoj dijagnostici po stanovniku ekvivalentna trećini prirodnoga zračenja [1]. Upravo ove udjele pokazuje slika 10.



Slika 10: Udjeli pojedinih ozračivanja u ukupnom ozračivanju ljudi [1]

Veliki dio populacije izložen je zračenju zbog dijagnostike, a raste i broj ljudi koji su izloženi zračenju zbog terapije kod liječenja malignih bolesti [16].

Po jednoj rendgenskoj dijagnostičkoj pretrazi doza zračenja je između 0,05 i 10 mSv. Kod radioterapije se koristi zračenje puno viših energija pa je i doza zračenja u organima mnoga veća i kreće se od 10 do 70 Sv, ali i više. Iako je zaštita kod takvih zračenja na najvišoj razini uz ciljano ozračivanje ozračuju se i okolna tkiva i organi, ali i cijeli organizam [1].

Dakle, štetne posljedice zračenja mogu se javiti nakon izlaganja zračenju u medicinske svrhe. Prvi slučaj oštećenja kože uzrokovan X-zračenjem zabilježen je vrlo kratko nakon otkrića X-zraka. Već je 1902. godine zabilježen slučaj indukcije raka. Ubrzo je prepoznata izuzetna opasnost koju zračenje ima kod trudnih žena. Ukoliko ne dođe do spontanog pobačaja, rađaju se djeca s mnogim teškoćama, a velik broj te djece umre i prije treće godine života [16].

Zračenje djeluje na stanice u ljudskom organizmu što onda dovodi do zaustavljanja dijeljenja stanice, a može dovesti i do smrti stanice. Koliko će zračenje oštetiti stanice i ljudski organizam ovisi o fizikalnim, biološkim i kemijskim faktorima. Fizikalni faktori su tip zračenja, energija zračenja, količina te period (kraći ili duži) izlaganja. Ključni biološki faktori su osjetljivost tkiva i imunitet, a kemijski se odnose na radioprotektore [16].

Posljedice zračenja mogu se podijeliti u dvije osnovne skupine: tjelesna i genetska oštećenja.

Kod tjelesnog oštećenja veliku ulogu igra vrijeme izlaganja i doza zračenja. Ako je izlaganje kratkotrajno, ali je upotrijebljena velika doza dolazi do akutne radijacijske bolesti koju karakterizira oštećenje koštane srži i središnjeg živčanog sustava. Oporavak je moguć i traje 8-15 tjedana od pojave oštećenja. S druge strane, kronično zračenje može uzrokovati teža oštećenja organa te mnoge bolesti poput leukemije, hipoplastične anemije, različite maligne tumore te smanjiti otpornost na infekcije. Također, dolazi i do promjena i bolesti kože kao što su dermatitis, atrofija i rak kože [16].

Genetska oštećenja se odnose na razne mutacije. Zračenje dovodi do rasta broja rijetkih nasljednih promjena te njihov broj može prerasti broj normalnih promjena u stanicama. Takve promjene na kromosomima, odnosno genima nazivaju se mutacije. Mutacije na stanicama dovode do gubitka sposobnosti reprodukcije, skraćanja trajanja života te do nastanka malignih bolesti. Ono što je najveći problem je prijenos takvih mutiranih gena s roditelja na djecu ukoliko oba roditelja posjeduju mutacije gena. Čak i vrlo mala izloženost zračenju može potaknuti mutacije, a izloženost većoj količini zračenja izaziva veći broj mutacija [16].

5. ZAŠTITA OD ULTRALJUBIČASTOG I RENDGENSKOG ZRAČENJA

5.1. Zaštita od ultraljubičastog zračenja

Budući da smo svakodnevno izloženi djelovanju ultraljubičastog zračenja koje do nas dolazi jer je sastavni dio Sunčeve svjetlosti potrebno je provoditi zaštitu kože i očiju na koje ultraljubičasto zračenje najviše djeluje.

Osnovna mjera zaštite od štetnog sunčevog ultraljubičastog zračenja je smanjenje vremena izlaganja sunčevoj svjetlosti. Često nas doktori i meteorolozi ljeti upozoravaju da ne boravimo vani između 10 i 17 sati jer je tada sunce najjače. To se najviše odnosi na štetno ultraljubičasto B zračenje jer je ono ovisno o položaju Sunca i upadnim zrakama. S druge strane na ultraljubičasto A zračenje ne utječe značajno položaj Sunca jer ima veću valnu duljinu od ultraljubičastog B zračenja. Kao dobar izolator od propuštanja ultraljubičastog B zračenja pokazalo se staklo koje ga u potpunosti blokira dok propušta ultraljubičasto A zračenje [6].

Dobru, ali i najčešće upotrebljavanu zaštitu kože od ultraljubičastog zračenja predstavljaju različite kreme, gelovi te otopine koji se nanose na kožu. Navedena sredstva sadrže zaštitne tvari koje štite od ultraljubičastog zračenja na način da apsorbiraju ultraljubičasto zračenje ili ga reflektiraju i raspršuju. U mnogim navedenim sredstvima najčešće se nalaze tvari, odnosno filtri koji apsorbiraju ultraljubičasto B zračenje, dok ultraljubičasto A zračenje propuštaju kako bi se korisniku omogućio lijepi ten. Neki od poznatijih filtra za zaštitu od ultraljubičastog B zračenja su esteri cinamične kiseline, metil-benziliden kamfor i u vodi topiv benzimidazol, dok se kao filter za ultraljubičasto A zračenje koristi butil-dibenzolmetan. Dakle, prilikom kupnje krema i gelova za zaštitu od ultraljubičastog zračenja potrebno je provjeriti štite li i od ultraljubičastog A i od ultraljubičastog B zračenja, ali jednako tako potrebno je provjeriti i zaštitni faktor (SPF). Zaštitni faktor govori koliko vremenski dugo izlaganje ultraljubičastom B zračenju izaziva određeni stupanj crvenila kože u usporedbi s vremenom za isti stupanj crvenila na nezaštićenoj koži. Slika 11 prikazuje kreme s različitim zaštitnim faktorom [6].



Slika 11: Kreme s različitim zaštitnim faktorom

Izvor: <http://www.putovanja.info/forum/forum/topic/3981-krema-za-suncanje/?page=93>

Od štetnog djelovanja ultraljubičastog zračenja potrebno je zaštititi i oči bilo da je izvor zračenja prirodan kao što je Sunce ili umjetan prilikom zavarivanja. Slika 12 prikazuje zaštitne naočale koje se upotrebljavaju kod zavarivanja. Za zaštitu od prirodnih izvora ultraljubičastog zračenja koriste se šeširi koji štite oči od direktnog upada sunčevih zraka, zatim leće te sunčane naočale [6].



Slika 12: Zaštitne naočale kod zavarivanja [6]

Od navedenih zaštitnih sredstava jedino zaštitne sunčane naočale mogu pružiti stopostotnu zaštitu ako ispunjavaju određene zahtjeve i, naravno, ako se pravilno koriste. Prilikom kupnje naočala treba obratiti pažnju na certifikat koji potvrđuje koliki postotak te koju vrstu ultraljubičastog zračenja blokiraju. Ako naočale štite od nekih drugih vrsta zračenja to ne znači da štite i od ultraljubičastog zračenja. Također, ako su naočale polarizirane, odnosno ako umanjuju odbljesak s drugih površina to ne znači da pružaju zaštitu od ultraljubičastog zračenja. Bilo bi dobro kada bi naočale bile zaobljene kako bi u potpunosti sjele uz oči i lice te ne bi propuštale ultraljubičasto zračenje s neke strane [6].

Vrlo često se premala pažnja posvećuje zaštiti od ultraljubičastog zračenja tijekom zime. Međutim, tu jednako treba biti oprezan kao i ljeti. Tijekom zime sunce se nalazi na manjoj udaljenosti nego ljeti pa smo više izloženi štetnom

djelovanju ultraljubičastog zračenja, a pogotovo ako ja pao snijeg. Naime, snijeg jako dobro reflektira sunčeve ultraljubičaste zrake te one mogu izazvati snježno sljepilo. Snježnom sljepilu izloženi su najviše sportaši koji se bave sportovima na snijegu [6].

5.2. Zaštita od rendgenskog zračenja

S obzirom na to da izloženost X-zrakama dovodi do oštećenja stanica i cjelokupnog ljudskog organizma, potrebno je veliku pažnju posvetiti zaštiti od X-zraka. Metode zaštite od X-zraka možemo podijeliti u dvije skupine: metode prevencije i metode zaštite u užem smislu. Prevencija se odnosi na sve one postupke kojima se izbjegava nepotrebno i prečesto izlaganje zračenju. Također, u ovu skupinu ubraja se i odabir onog postupka koji daje manju količinu zračenja. Uz navedeno, mjere prevencije odnose se i na izlaganje profesionalnog osoblja zračenju, a osnovna mjera odnosi se na smanjenje izloženosti zračenju. S obzirom na to da su Zakonom o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i sigurnosti izvora ionizirajućeg zračenja, NN 64/2006 propisane redovite zdravstvene kontrole profesionalnog osoblja, mjerenja izloženosti zračenju samih radnih mjesta te povremena kontrola obavljanja posla, mogu se na vrijeme otkriti neželjene i štetne posljedice te na vrijeme prevenirati teža oštećenja zdravlja [17,18].

Zaštita od X-zraka u užem smislu odnosi se na postupke koji se poduzimaju tijekom nužne primjene zračenja s ciljem smanjenja izloženosti. Osnovni postupci koji se mogu primijeniti su:

1. smanjiti intenzitet i energiju zračenja korištenjem zaštitnih barijera
2. povećati udaljenost od izvora zračenja
3. skratiti vrijeme izlaganja zračenju
4. mjeriti količinu i energiju izloženoj radijaciji
5. suziti „snop“ zračenja
6. kontinuirano pratiti vlastiti rad i raditi na unapređenju istog [17].

Nadalje, Pravilnikom o uvjetima i mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja za obavljanje djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja, NN 53/2018 propisana su zaštitna sredstva za profesionalno osoblje. U zaštitna sredstva, koja su vidljiva

na slici 13, spadaju zaštitna pregača, ovratnik, naočale i rukavice te ponekad i zaštitna kapa. Zaštitna pregača mora medicinskog djelatnika prekrivati od ključnih kostiju do polovice potkoljenice. Zaštitni učinak pregača, ovratnika i naočala mora biti jednakovrijedan učinku olova debljine najmanje 0,25 mm, dok zaštitni učinak rukavica mora biti jednakovrijedan učinku olova debljine najmanje 0,1 mm [19].



Slika 13: Zaštitna odjeća medicinskog osoblja izloženog rendgenskom zračenju
Izvor: <https://radiochirurgiazagreb.com/hr/dijagnostika/nasa-tehnologija>

Tijelo pacijenta se prilikom zračenja štiti zaštitnom pregačom koja sadrži olovo [20]. Sve navedene mjere imaju za cilj smanjiti količinu zračenja, a odnose se na sve dionike, odnosno na stručno osoblje i pacijenta te na rendgenske aparate i prostoriju [17].

6. ZAKLJUČAK

Kada bolje pogledamo skoro sve oko nas je zračenje. Kuda god krenuli susrest ćemo se sa zračenjem. Ako nema nekog izvora zračenja u prirodi kao što je Sunce izvor ultraljubičastog zračenja, onda su ljudi svojim upornim radom i stečenim znanjem uspjeli proizvesti zračenje kao što je rendgensko zračenje. Upravo zbog toga primjena, djelovanje i zaštita od zračenja predstavljaju veliki izazov. Zračenje je zbog svojih svojstava štetno, ali ga ljudi proizvode i primjenjuju u životu jer je, s druge strane, korisno. Kada ultraljubičastim zračenjem od Sunca ne bi svakodnevno dobivali određenu količinu vitamina D, samo hranom ne bi uspjeli primiti dovoljnu količinu toga vitamina već bi najvjerojatnije morali posegnuti za određenim medicinskim proizvodima čija primjena također može imati negativne posljedice. Ili recimo kako bi doktori mogli namjestiti ispravno čovjeku kost u slučaju loma, ako rendgenskim snimkom ne bi utvrdili kako i gdje je došlo do povrede? Sve su to pozitivne strane navedenih zračenja, ali ujedno negativno djeluju na čovjeka. Stoga je nužno primjenjivati mjere zaštite od zračenja kao što je recimo krema za sunčanje za zaštitu od ultraljubičastog zračenja i zaštitne pregače za zaštitu od rendgenskog zračenja.

Iako već jako puno toga znamo o zračenju, usudio bih se reći da zapravo jako malo znamo te da će se daljnjim istraživanjima unaprijediti znanje o zračenju, proširiti njihova primjena u svakodnevnom životu, ali i smanjiti negativne posljedice koje ono uzrokuje kod ljudi.

7. LITERATURA

- [1] Jakobović Z.: „Fizika zračenja“, Zdravstveno veleučilište Zagreb, Zagreb, (2007.), ISBN 978-953-6239-09-2
- [2] Radiology Key: „Nuclear Radiation, Ionization and Radioactivity“, <https://radiologykey.com/nuclear-radiation-ionization-and-radioactivity/>, pristupljeno 29.4.2024.
- [3] Zakon o zaštiti od neionizirajućeg zračenja, NN 91/10, 114/18
- [4] Janković J.: „Osnovne karakteristike i primjena IC i UV zračenja“, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, (2020.)
- [5] Jakobović Z.: „Ionizirajuće zračenje i čovjek“, Školska knjiga, Zagreb, (1991.), ISBN 86-03-99228-2
- [6] Wikipedija: „Ultraljubičasto zračenje“, https://hr.wikipedia.org/wiki/Ultraljubi%C4%8Dasto_zra%C4%8Denje, pristupljeno 2.5.2024.
- [7] Brković N.: „Fizika 4“, Udžbenik za četvrti razred gimnazije, LUK d.o.o., Zagreb, (2001.), ISBN 953-96826-6-5
- [8] ISO 21348:2007 (E)
- [9] European Space Agency: „Space based solar power for regenerative atmospheric geoengineering and anthropogenic pollution control“, <https://www.esa.int/gsp/ACT/doc/nrg/SPS%202013/P3%20-%20Space%20Based%20Solar%20Power%20for%20Regenerative%20Atmospheric.pdf>, pristupljeno 30.4.2024.
- [10] Lovrinčević A., Lincender L., Vegar S., Klančević M.: „Opća i specijalna radiologija“, Univerzitetaska knjiga, (2008.)
- [11] Arpansa: „X-rays“, <https://www.arpansa.gov.au/understanding-radiation/what-is-radiation/ionising-radiation/x-ray>, pristupljeno 30.4.2024.
- [12] Fot-o-grafiti: „UV fotografija“, <https://www.fot-o-grafiti.hr/novosti/savjeti/uv-fotografija>, pristupljeno 25.4.2024.
- [13] Ivnik d.o.o.: „Brošura o osnovama UV sterilizacije“, Podgorica
- [14] Kovač A.-P.: „Ponovna upotreba komunalne vode“, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb, (2018.)

- [15] Hrvatska enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža: „Radiologija“, <https://www.enciklopedija.hr/clanak/radiobiologija>, pristupljeno 30.4.2024.
- [16] Habazin-Novak V.: „Izloženost čovjeka ionizirajućem zračenju“, Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 29, (1978.), 1, 31-42
- [17] Horvat D.: „Zaštita od rendgenskog zračenja u intervencijskoj kardiologiji“, V. simpozi HDZZ, Stubičke Toplice, (2003.)
- [18] Zakonom o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i sigurnosti izvora ionizirajućeg zračenja, NN 64/2006
- [19] Pravilnik o uvjetima i mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja za obavljanje djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja, NN 53/2018
- [20] Specijalna bolnica Sv. Katarina: „Kako se pripremiti za rendgensko snimanje“, <https://www.svkatarina.hr/radiologija-i-dijagnostika/kako-se-pripremiti-za-rendgensko-snimanje>, pristupljeno 30.4.2024.

8. PRILOZI

8.1. Popis slika

Slika 1: Spektar elektromagnetskog zračenja [2].....	1
Slika 2: Apsorpcija ultraljubičastog zračenja [9].....	4
Slika 3: Prikaz apsorbiranog spektra vidljive svjetlosti [4].....	5
Slika 4: Proizvodnja rendgenskog zračenja [11].....	8
Slika 5: Visa kartica pod UV svjetlom [4].....	9
Slika 6: Kvarcna svjetiljka [7].....	9
Slika 7: Rendgenski uređaj za računalnu tomografiju (CT)	13
Slika 8: Crvenilo kože [6].....	16
Slika 9: Prodiranje UV zračenja u oko [4]	16
Slika 10: Udjeli pojedinih ozračivanja u ukupnom ozračivanju ljudi [1]	17
Slika 11: Kreme s različitim zaštitnim faktorom	20
Slika 12: Zaštitne naočale kod zavarivanja [6].....	20
Slika 13: Zaštitna odjeća medicinskog osoblja izloženog rendgenskom zračenju	22

8.2. Popis tablica

Tablica 1: Vrste ultraljubičastog zračenja [8]	4
Tablica 2: Prednosti dezinfekcije vode UV zračenjem u odnosu na dezinfekciju klorom [14].....	12
Tablica 3: Način upotrebe X-zraka u ovisnosti o naponu i materijalu [11]	14