



**UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI I INXHINIERISË MATEMATIKE
DHE INXHINIERISË FIZIKE
DEPARTAMENTI I INXHINIERISË FIZIKE**

T e m a :

**DOZIMETRIA TERMOLUMENESHENTE E
RREZATIMEVE DHE DISA ZBATIME TË SAJ
NË PRAKTIKË**

Kandidati:

Antuela SINANI

Udhëheqës shkencor:

Prof. dr. Kostandin DOLLANI

TIRANË, 2016



REPUBLIKA E SHQIPERISE
UNIVERSITETI POLITEKNIK TIRANË
FAKULTETI I INXHINIERISË MATEMATIKE DHE INXHINIERISË FIZIKE
DEPARTAMENTI I INXHINIERISE FIZIKE

Rr. "Sulejman Delvina", Tiranë

Tel/fax: ++355 4 2257294,

www.upt.al

DISERTACION

i paraqitur nga:

Antuela SINANI

për marrjen e gradës

DOKTOR

Me temë:

**DOZIMETRIA TERMOLUMENESHENTE E RREZATIMEVE
DHE DISA ZBATIME TË SAJ NË PRAKTIKË**

Udhëheqës Shkencor: **Prof. Dr. Kostandin DOLLANI**

Mbrohet më datë 29 / 06 / 2016 , para jurisë:

- | | |
|--|-------------------------|
| 1. Prof. Dr. Partizan MALKAJ | Kryetar |
| 2. Prof. Dr. Theodhor KARAJA | Anëtar (Oponent) |
| 3. Prof. Asoc. Margarita KUQALI | Anëtar (Oponent) |
| 4. Prof. Asoc. Odeta KOJA | Anëtar |
| 5. Prof. Dr. Spiro GRAZHDANI | Anëtar |

Mirënjohje dhe Falënderime

Përfundimi i dizertacionit nuk do të ishte i mundur të finalizohej me sukses pa inkurajimin, mbështetjen dhe ndihmën e disa personave ndaj të cilëve unë dua të shpreh mirënjohjen time të thellë.

Falënderoj me mirënjohje dhe respekt të veçantë udhëheqësin tim shkencor, Prof.dr. Kostandin DOLLANI, i cili, me mirësinë, dashamirësinë dhe përkushtimin e tij shkencor dhe personal, ishte bashkëudhëtari im frymëzues dhe këshillues për realizimin dhe finalizimin me sukses të këtij punimi.

Gjej rastin të falënderoj të gjithë kolegët e departamentit të Fizikës të Fakultetit të Shkencave Natyrore të Universitetit “Eqrem Çabej” të Gjirokastrës, me të cilët kemi shkëmbyer përvojë dhe mendime të vlefshme.

Gjithashtu, do të doja të falënderoja me mirënjohje dhe respekt, të gjithë punonjësit e Institutit të Fizikës Bërthamore të Zbatuar për mendimet dhe konsultimet me ta gjatë gjithë periudhës së zhvillimit të këtij punimi.

Një falënderim të veçantë shpreh për familjen time dhe persona të veçantë, për durimin, inkurajimin, frymëzimin dhe mbështetjen në mënyrë të gjithanshme në këtë rrugëtim të vështirë në fushën e studimit dhe punimit të doktoraturës.

Ju falënderoj të gjithëve
A n t u e l a

TABELA ME EMRAT E SHKURTIMEVE

TLD	- Dozimetra termolumeneshente (Detektorët termolumeneshentë)
TL	- Termolumeneshent
ANEA	- Agjencia Ndërkombëtare e Energjisë Bërthamore
OBSH	- Organizata Botërore e Shëndetësisë
JRC, ISPRA	- Qendrën e Bashkuar Kërkimore e Komunitetit European, Ispra Itali
ICRP	- Komisioni Ndërkombëtar i Mbrojtjes nga Rrezatimet
ICRU	- Komisioni Ndërkombëtar për Madhësitë dhe Njësitë e Rrezatimit
CT	- Tomografia e kompjuterizuar
ALARA	- Parimi i optimizimit të mbrojtjes nga rrezatimet
IAEA	- Standardet Bazë të Mbrojtjes nga Rrezatimet të Agjencisë Ndërkombëtare të Energjisë Atomike
IFBZ	- Instituti i Fizikës Bërthamore të Zbatuar
BIPM	- Organizata Ndërkombëtare e Peshave dhe Matjeve - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic
UNSCEAR	Radiation – Komisioni Shkencor i Kombeve të Bashkuara për Efektet e Rrezatimit Atomik
ESD	- Doza hyrëse sipërfaqësore
DRL	- Nivelet e dozës referuese

PËRMBAJTJA

	faqe
Përmbledhje.....	7
Abstrakt.....	7
Parathënie.....	8
Hyrje.....	9

PJESA TEORIKE

KAPITULLI I

BAZAT E DOZIMETRISË TERMOLUMINESHENTE DHE DISA ZBATIME TË SAJ

1.1 Bazat fenomenologjike të luminishencës.....	11
1.2 Bazat teorike të termolumineshencës.....	13
1.3 Disa zbatime kryesore të termolumineshencës.....	19

KAPITULLI II

KONCEPTET BAZË TË DOZIMETRISË SË RREZATIMEVE

2.1 Dozat e rrezatimeve.....	28
2.2 Burimet natyrore të rrezatimeve.....	32
2.3 Efektet biologjike të rrezatimeve.....	35

KAPITULLI III

EKSPOZIMET PROFESIONALE, MJEKËSORE DHE PUBLIKE

3.1 Llojet e ekspozimeve ndaj rrezatimeve.....	41
3.2 Standardet e mbrojtjes nga rrezatimet.....	46
3.3 Parimet mbrojtëse nga rrezatimet.....	49

PJESA EKSPERIMENTALE

KAPITULLI IV

SISTEMI DOZIMETRIK TERMOLUMINESHENT “THERMO SCIENTIFIC” DHE KALIBRIMI I DOZIMETRAVE

4.1 Sistemi dozimetrik termolumineshent “Thermo Scientific”.....	51
4.2 Kalibrimi i dozimetrave termolumineshent.....	58
4.3 Përshkrimi i aparatit “Fieldspec”	68

KAPITULLI V

MATJA E DOZAVE TË EKSPOZIMIT PUBLIK, MJEKËSOR DHE PROFESIONAL NË QYTETIN E GJIROKASTRËS

5.1	Përcaktimi i koeficientit të kalibrimit të kartave dozimerike TL.....	69
5.2	Matja e dozave të ekspozimeve të jashtme publike.....	72
5.3	Matja e dozave të ekspozimeve mjekësore.....	75
5.3.1	Matja e ekspozimeve nga grafit-skopitë e organeve të brendshme...	76
5.3.2	Matja e ekspozimeve në grafitë dentare.....	80
5.4	Matja e dozave të ekspozimeve profesionale.....	82
5.5	Matja e dozave të ekspozimeve të jashtme dhe të brendshme për disa zona me interes turistik.....	84
PËRFUNDIME		88
REKOMANDIME		90
REFERENCAT		92
<i>Shtojca 1</i>		96
<i>Shtojca 2</i>		97
<i>Shtojca 3</i>		98

PËRMBLEDHJE

Studimi i paraqitur trajton metodën dozimetrike termolumeneshente të matjes së rrezatimeve dhe disa zbatime të saj praktike për ekspozimet e llojeve të ndryshme në qytetin e Gjirokastrës.

Kjo metodë është në proces zhvillimi të vazhdueshëm në mjaft qendra kërkimore lidhur me avantazhet që paraqet ndaj metodave të tjera matëse dozimetrike, në veçanti ndaj intervalit të gjerë të dozave dhe qëndrueshmërisë së informacionit të marrë për një kohë relativisht të gjatë.

Duke përdorur dozimetrat termolumeneshent ose sikurse quhen kartat dozimetrike TLD-100, të cilat përfaqësojnë kristale të fluorurit të litiumit (LiF), është marrë një bazë fillestare të dhënash për vlerësimin e ekspozimit të jashtëm të popullatës së qytetit të Gjirokastrës dhe për ekspozimet mjekësore dhe profesionale të spitalit rajonal “Omer Nishani”. Ndërkohë janë kryer matjet për ekspozimet e brendshme dhe të jashtme në zonat muzeale të qytetit, si pika me destinacion turistik.

Kalibrimi i kartave TLD-100 është kryer në laboratorin e kalibrimeve dozimetrike, kurse leximi i tyre është realizuar në lexuesin e kartave dozimetrike të tipit Harshaw 4500, që ndodhen në IFBZ, Tiranë.

Nga shqyrtimi i rezultateve të fituara për të gjitha llojet e matura të ekspozimeve vërehet një përputhje e mirë me standardet bazë të mbrojtjes nga rrezatimet, të përgatitura nga organizatat e specializuara ndërkombëtare.

ABSTRACT

The present study treats thermoluminescent dosimetric method for radiation measurement as well some practical applications for different kinds of exposures for Gjirokastra city. This method is in a process of permanent development in many research centers related with the advantages toward other methods of radiation measurements especially for width range of doses and stability of given information for a relatively long time.

Using thermoluminescent dosimeters or so-called dosimetric cards TLD-100, which represent crystals of lithium fluoride (LiF) is given a initial database for estimation of external exposures of Gjirokastra city population as well for medical exposures and occupational exposures of regional hospital “Omer Nishani”. Meanwhile are performed internal and external exposures for city museum area as points of touristic destination.

Calibration of TLD-100 cards is carried out in the dosimetric calibration laboratory and their reading is performed in Harshaw reader type of dosimetric cards, which are both in the IANP.

The reviewing of given results for all kinds of measured exposures has shown a good compatibility with basic safety standards prepared by specialized international organizations.

PARATHËNIE

Punimi me temë ***“Dozimetria termolumeneshente e rrezatimeve dhe disa zbatime të saj në praktikë”*** i përket fushës së fizikës së zbatuar, si një nga drejtimet kryesore të shkencës së fizikës në ditët tona.

Dozimetria termolumeneshente prej vitesh ka zënë një vend të sigurt në fushën e matjeve të rrezatimeve jonizuese dhe po përdoret me sukses në një sërë zbatimesh me rëndësi shkencore dhe praktike. Probleme të tilla, si: matja e niveleve të rrezatimeve në situata ekspozimi të planifikuara, ekzistuese ose emergjente, monitorimi i llojeve të ndryshme të ekspozimeve si ai profesional, mjekësor dhe publik, si dhe shumë probleme të tjera me karakter shkencor dhe praktik kanë marrë zgjidhje shkencore dhe praktike nëpërmjet metodave termolumineshente të matjes së rrezatimeve.

Për përgatitjen e punimit kemi bashkëpunuar me fizikanë të Institutit të Fizikës Bërthamore të Zbatuar, Tiranë dhe të Institutit të Mjekësisë së Punës, Prishtinë. Punimi u krye edhe nëpërmjet bashkëpunimit me disa institucione të qytetit të Gjirokastrës, në veçanti me Spitalin Rajonal “Omer Nishani” si dhe me institucione të tjera social-kulturore të qytetit. Përgatitja e punimit ka zgjatur për një periudhë prej tre vjetësh (2012-2015). Gjatë kësaj kohe u njohëm me bazat teorike të termolumeneshencës, si dhe me mjaft punime themelore dhe zbatuese të kryera në këtë fushë, me ekspozimet profesionale, mjekësore dhe publike si dhe me normat dhe standardet e këtyre ekspozimeve. Puna eksperimentale konsistoi në kryerjen e matjeve të ndryshme që kishin si qëllim evidentimin e vlerave të ekspozimeve dhe të niveleve të rrezatimeve në qytet nëpërmjet përdorimit të teknikave bashkëkohore.

Ky punim është përpjekja e parë që bëhet në qytetin e Gjirokastrës për evidentimin e niveleve të rrezatimit e në mënyrë të veçantë, për vlerësimin e ekspozimeve profesionale, mjekësore dhe publike në këtë qytet, që duhet të ndiqet nga studime të tjera më të detajuara. Shpresoj që disertacioni të japë një kontribut modest në fushën e matjeve dozimetrike termolumineshente dhe të shërbejë si një shembull për angazhimin e personelit akademik të qytetit në punë studimore me interes shkencor dhe praktik.

HYRJE

Në dekadat e fundit janë zhvilluar mjaft sisteme detektuese dhe pajisje matëse të rrezatimeve jonizuese, të cilat kanë pasur si qëllim përdorimin e materialeve të reja me veti të posaçme fiziko-kimike, rritjen e saktësisë së këtyre matjeve si dhe të fleksibilitetit të tyre gjatë përballjes me situata të posaçme. Një prej këtyre sistemeve matëse është i bazuar në faktin që disa materiale emetojnë dritë kur ngrohen pas ekspozimit ndaj rrezatimit. Kjo teknikë njihet si **dozimetria termolumeneshente (TLD)**. Për shkak të thjeshtësisë dhe përshtatshmërisë për automatizim që paraqet kjo metode, janë zhvilluar një sërë punimesh për perfeksionimin e dozimetrave termolumeneshentë, të cilët kanë rezultuar të jenë të përdorshëm jo vetëm në vlerësimin e dozave dhe të mbrojtjes nga rrezatimet, po edhe në fusha të ndryshme të shkencës dhe teknikës.

Dozimetria termolumeneshente është në proces zhvillimi të vazhdueshëm në mjaft qendra kërkimore lidhur me avantazhet që ajo paraqet ndaj metodave të tjera të matjeve dozimetrike, sidomos intervalit të gjerë të matjes së dozave dhe qendrueshmërisë së informacionit të marrë për një kohë relativisht të gjatë.

Dihet se masat mbrojtëse ndaj rrezatimeve jonizuese përbëjnë një problem të ndërlikuar për shëndetin publik, i cili kërkon administrimin e një rreziku gjithmonë të pranishëm. Shkaqet e ekspozimit nga rrezatimet jonizuese janë të shumta: ekspozimi natyror i kudondodhur, ekspozimi mjekësor, ekspozimi profesional dhe ekspozimi aksidental. Secili prej tyre paraqet një problem specifik. Rritja e vazhdueshme e përdorimit të energjisë bërthamore, nëpërmjet zbatimeve të ndryshme në industri, mjekësi, bujqësi, kërkim shkencor dhe edukim, shtrojnë detyrën e ngutshme të përmirësimit të teknikave detektuese të rrezatimit, si dhe të vlerësimit të dozës për qëllime të ndryshme.

Ekspozimet profesionale, mjekësore dhe të publikut mund të shkaktojnë dëmtime të ndryshme shëndetësore në grupe të caktuara njerëzish, të cilat është e nevojshme të evidentohen dhe të vlerësohen. Këto efekte mund të zvogëlohen nëpërmjet marrjes së masave të përshtatshme mbrojtëse, të cilat qëndrojnë në realizimin e sistemeve të përshtatshme mbrojtëse, por edhe në përcaktimin e teknikave matëse sa më të mira. Këto masa kanë një vlerë të rëndësishme në lidhje me zbatimin e aspekteve ligjore të administrimit dhe mbrojtjes nga burimet e rrezatimeve jonizuese.

Në këtë disertacion është bërë një përpjekje për kryerjen e studimeve lidhur me përdorimin e dozimetrave termolumeneshente për matjet e dozave nga ekspozimet profesionale, mjekësore dhe publike në qytetin e Gjirokastrës, matja e niveleve të rrezatimit në mjedise muzeale, përcaktimi i dozave nga rrezatimet e jashtme dhe të brendshme natyrore. Këto matje i kryem për rajonizimin e vendit lidhur me nivelet e radonit në mjedise të mbyllura në këtë qytet. Në punim janë përdorur rezultatet e kalibrimit të dozimetrave termolumeneshente në laboratorin dozimetrik standard sekondar të Institutit të Fizikës Bërthamore të Zbatuar dhe leximi i tyre në sistemin dozimetrik termolumineshente të këtij institucioni.

Një bashkëpunim i mirë u vendos edhe me Institutin e Mjekësisë së Punës në Kosovë, i cili vitin e kaluar u pajisë me një sistem termolumineshent bashkëkohor, prodhim i kompanisë “Rados”, si dhe me institucione të ndryshme të vendit.

Përpjeket e bëra sollën marrjen për herë të parë të disa rrezultateve të niveleve të rrezatimit për qytetin e Gjirokastrës, të cilat duhet të ndiqen nga studime të tjera më të hollësishme.

P J E S A T E O R I K E

KAPITULLI I

BAZAT E DOZIMETRISË TERMOLUMENESHENTE DHE DISA ZBATIME TË SAJ

1.1 Bazat fenomenologjike të lumeneshencës

Lumeneshenca është një fenomen natyror, i cili zotërohet nga materiale të ndryshme që ndodhen në natyrë ose që mund të përgatiten në rrugë industriale. Fenomeni i lumeneshencës qëndron në emisionin dritor të një materiali, i cili ka vetinë që pas përthithjes së rrezatimit ta transformojë atë në një rrezatim tjetër që mund të lëshohet në mënyrë të menjëhershme ose të zgjatur në kohë.

Fenomeni i lumeneshencës për herë të parë u studiua nga fizikani anglez Robert Boil, i cili në vitin 1672 referoi përpara Shoqatës Mbretërore të Anglisë për këtë fenomen duke përcaktuar disa veti themelore të këtij rrezatimi, si; varësinë e intensitetit të tij nga prania e oksigjenit në mjedis [8].

Materialet lumeneshente ndahen në materiale fluoreshente dhe në materiale fosforeshente. Materialet fluoreshente e lëshojnë rrezatimin në mënyrë të menjëhershme, kurse materialet fosforeshente e lëshojnë rrezatimin edhe pas intervaleve të gjata kohe [41].

Një material tipik natyror që zotëron vetinë e lumeneshencës është fluoruri i kalciumit (CaF_2). Ndër materialet e prodhuara artificialisht që kanë veti lumineshente, mund të përmendim fluorurin e litiumit (LiF), sulfatin e kalciumit (CaSO_4) etj., në të cilët shtohen sasi të vogla të elementeve magnez (Mg), bakër (Cu), fosfor (P) etj. Këto “papastërti” shërbejnë për të përforcuar fenomenin e lumeneshencës në këto materiale [3].

Materialet lumeneshente mund të përgatiten në forma të ndryshme si: kristale, në formë kokrrizash, në formë cilindrash të vegjël etj. (Fig. 1)



Figura 1. Materialet lumeneshente në forma të ndryshme

Spjegimi i fenomenit të lumeneshencës mbështetet në fizikën e trupit të ngurtë dhe konkretisht në modelin me banda të trupit të ngurtë, pra të bandës së valencës dhe bandës së përcjellshmërisë që krijohen në rrjetat kristalore.

Pas grumbullimit të energjisë dritore ose energjisë së një rrezatimi jonizues, lëshimi i rrezatimit dritor nga materialet lumineshente realizohet në dy mënyra:

- 1- Nëpërmjet ngrohjes (ose nxehjes) së materialeve lumeneshente dhe regjistrimit të rrezatimit dritor që del nga këto materiale. Ky fenomen quhet **termolumeneshencë (TL)**.
- 2- Nëpërmjet “ndriçimit” të materialeve lumeneshente me dritë të dukshme, infra të kuqe ose ultraviolett. Ky fenomen quhet **fotolumeneshencë**.

Regjistrimi dhe matja e rrezatimeve jonizuese me një kristal termolumeneshent përfshin dy hapa.

Në hapin e parë kristali termolumeneshent ekspozohet ndaj një rrezatimi jonizues; si rrezatimit grimcor ose elektromagnetik, në temperaturën e mjedisit.

Në hapin e dytë kristali termolumeneshent i nënshtrohet procesit të ngrohjes në mënyrë graduale si rezultat i së cilës, energjia e rrezatimit rënës, çlirohet në formën e një rrezatimi dritor që kapet nga aparatura të posaçme.

Lakorja e varësisë së intensitetit të rrezatimit të lumeneshencës nga temperatura quhet *kurba termike (glow curve)* (figura 3) e termolumeneshencës dhe shfaq një ose disa maksimume. Këto maksimume kushtëzohen nga thellësi të ndryshme të kurtheve elektronike që krijohen në zonën e valencës së kristalit. Materialet termolumeneshente, si rregull, i kanë maksimumet në temperatura shumë më të larta se ato të mjedisit (mbi 100°C), duke bërë të mundur shmangien e humbjes së informacionit gjatë ruajtjes së materialeve termolumeneshente për intervale kohe pak a shumë të gjata në temperatura të zakonshme.

1.2 Bazat teorike të termolumeneshencës

Mekanizimi i termolumeneshencës bazohet në teorinë e modelit me banda të trupit të ngurtë [38]. Ansambli i niveleve energjetike diskrete, por të lidhura në kristal, krijojnë bandat e energjisë. Kështu në kristal krijohen dy banda: banda e valencës dhe banda e përçjellshmërisë të ndara nga një bandë e ndaluar me gjerësi disa keV (figura 2). Në temperaturën afër zeros absolute energjia e elektroneve është minimale. Banda e përçjellshmërisë është bosh dhe banda e valencës është e mbushur. Nën efektin e një eksitimi (rrezatimet jonizuese) një elektron i bandës së valencës mund të marrë një energji të barabartë me $E = W_v - W_c$ të mjaftueshme për të kaluar nga banda e valencës në bandën e përçjellshmërisë. Elektroni në bandën e përçjellshmërisë është i lirë dhe mund të zhvendoset brenda kristalit.

Futja e elementeve të tjera kimike në rrjetë kristalore perturbon periodicitetin dhe krijon nivele energjetike të reja, të lokalizuara ndërmjet bandës së valencës dhe bandës së përçjellshmërisë. Këto anomali shfaqen edhe si rezultat i ekzistencës së vakancave ose dislokimeve në kristal, si dhe nëpërmjet papastërtive (elementeve) të ndryshme, që mund të shtohen në rrjetën kristalore..

Disa nga këto anomali janë të vendosura në fqinjësi të bandës së valencës dhe përbëjnë kurthe për vrime pozitive të krijuara nga dalja e një elektroni nën efektin e një rrezatimi rënës ose të një rrezatimi sekondar (qendra E) (figura 2). Të tjerët janë të vendosur në fqinjësi të bandës së përçjellshmërisë dhe përbëjnë kurthe për elektronet, të cilat kalojnë nga banda e valencës në bandën e përçjellshmërisë (qendra H) (figura 2).

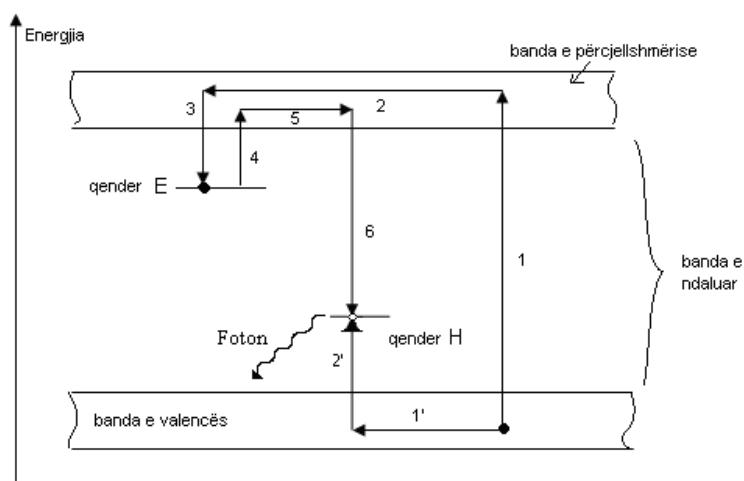


Figura 2. Modeli me banda i termolumeneshencës

Veprimi i rrezatimit mbi një kristal bëhet nëpërmjet rrezatimeve të ndryshme grimcore (alfa, beta, protone, neutrone) dhe elektromagnetike (gama dhe X). Këto grimca ose foton i transmetojnë energjinë e tyre elektroneve të valencës. Këto elektrone ngacmohen dhe kalojnë në bandën e përcjellshmërisë. Ato lëvizin në bandën e përcjellshmërisë deri sa mund të kurthohen nga qendrat e ndryshme. Në qoftë se elektroneve të kurthuara do t'u jepet një energji e mjaftueshme, ato mund të lirohen nga kurthet e tyre. Për kurthet e “cekët” që janë shumë afër bandës së përcjellshmërisë, një ngrohje termike mund të jetë e mjaftueshme. Për kurthet më të “thellë” nevojitet një energji më e madhe. Ky elektron i lirë qarkullon në fushën e përcjellshmërisë deri sa ai më pas mund të rikombinohet me një brimë, duke çliruar energjinë e rikombinimit në formën e një fotoni, pra të lumeneshencës. Një fenomen i ngjashëm mund të ndodhë në qoftë se një brimë migron në bandën e valencës dhe rikombinohet me një elektron.

Kurba e termolumeneshencës paraqet intensitetin e dritës së emetuar në funksion të temperaturës nga një material termolumeneshent, i cili, duke u ngrohur, do të japë spektrin e termolumeneshencës.

J.T.Randall dhe M.H.F.Wilkins [4] krijuan modelin kinetik, i cili lejon përcaktimin e parametrave të ndryshme të kurtheve dhe përcakton lidhjen ndërmjet intensitetit dritor dhe temperaturës së ngrohjes.

Ky model bazohet në hipotezat e mëposhtme:

- Mbartësit e ngarkesës janë elektronet
- Materiali termolumeneshent ka vetëm një nivel të kurtheve;

- Nuk ka një rikombinim direkt mes kurtheve dhe qendrave të lumeneshencës;
- Koha e jetës së elektroneve në bandën e përcjellshmërisë është e shkurtër;
- Nuk ka shuarje termike (luhatje sipas temperaturës) së probabilitetit P_{nr} të rikombinimit

porreztues, si rrjedhë rendimenti i lumineshencës jepet: $\eta = \frac{P_r}{P_r + P_{nr}}$

- Probabiliteti i rikapjes për një kurth është zero.

Energjia termike e elektroneve të kurthuara përshkruhet nga shpërndarja e Maksuellit.

Probabiliteti për të cilën ngarkesa çlirohet nga kurthi është: $P = S \cdot e^{-\frac{E}{KT}}$

Në lidhjen e mësipërme parametrat paraqesin:

S - faktori i frekuencës

E - energjia e aktivimit

K - konstantja e Bolcmanit

T - temperatura absolute

Shpejtësia e çlirimit të elektroneve jepet nga relacioni:

$$\frac{dn}{dt} = -nS \exp\left(-\frac{E}{KT}\right) \quad (1-1)$$

ku n - densiteti i mbartësve të kurthuar

Intensiteti i dritës së emetuar I është proporcional me shpejtësinë e rikombinimit rrezatues, domethënë, sipas hipotezave të thjeshtuara të përmendura më sipër, me shpejtësinë e çlirimit të elektroneve nga kurthet. Ky intensitet paraqitet:

$$I = C \left| \frac{dn}{dt} \right| = +C \cdot S \cdot n \cdot \exp\left(-\frac{E}{KT}\right) \quad (1-2)$$

Duke u bazuar tek ekuacioni (1-1) në të cilin kryhet ndarja e variablave, do të merret lidhja:

$$\frac{dn}{n} = -S \exp\left(-\frac{E}{KT}\right) dt \quad (1-3)$$

Në qoftë se temperatura e materialit rritet sipas një ligji linear $T = T_0 + \beta t$

ku: $\beta = \frac{dT}{dt}$ është konstantja e shpejtësisë së ngrohjes.

Duke zëvendësuar dt me $\frac{dT}{\beta}$ tek ekuacioni (1-3) dhe më pas duke e integruar marrim:

$$\frac{\ln n}{n_0} = -\int_{T_0}^T \frac{S}{\beta} \exp\left(-\frac{E}{KT}\right) dT$$

$$\frac{n}{n_0} = \exp \left[- \int_{T_0}^T \frac{S}{\beta} \exp \left(- \frac{E}{KT} \right) dT \right]$$

$$n = n_0 \exp \left[- \int_{T_0}^T \frac{S}{\beta} \exp \left(- \frac{E}{KT} \right) dT \right]$$

ku n_0 është numri i elektroneve fillimisht të kurthuar.

Formula e mësipërme jep ndryshimin e densitetit të mbartësve të kurthuar në funksion të temperaturës.

Duke zëvendësuar densitetin e mbartësve të kurthuar që nxorëm më lart tek ekuacioni (1-2), marrim një paraqitje të kurbës së termolumeneshencës për një nivel të kurtheve:

$$I = C \cdot n_0 \cdot S \cdot \exp \left(- \frac{E}{KT} \right) \cdot \exp \left[- \int_{T_0}^T \frac{S}{\beta} \exp \left(- \frac{E}{KT} \right) dT \right]$$

Eksponenciali i parë është përgjegjës për rritjen fillestare të sinjalit; ai shkakton rritjen e shpejtësisë së çlirimit të mbartësve të kurthuar kur temperatura rritet. Ky eksponencial është përgjegjës për pjesën rritëse të kurbës. Eksponenciali i dytë është përgjegjës për zvogëlimin e sinjalit si rezultat i rënies së densitetit të elektroneve të kurthuar. Ky eksponencial është përgjegjës për pjesën zbritëse të kurbës (figura 3).

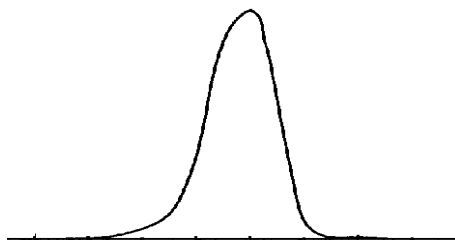


Figura 3. Kurba termike e termolumeneshencës

Në rastin e kristalit TLD-100 (LiF:Mg,Ti) mund të thuhet se një rol të posaçëm në krijimin e kurtheve, e luan elementi magnez (Mg). Në qoftë se kristali i LiF përmban më pak se 1ppm magnez, atëherë kristali nuk zotëron vetinë e termolumeneshencës. Kjo ndodh, sepse magnezi ka një diametër atomik (0.065nm) të ngjashëm me atë të litiumit (0.060nm) dhe si rrjedhim mund ta zëvendësojë atë në rrjetën kristaline. Kjo ka dy rrjedhoja:

- Favorizon krijimin e kurtheve elektronike, sepse nga prania e magnezit prodhohet një tepriçë ngarkesash pozitive.

- Favorizon krijimin e kurtheve vrimore, sepse në kompensim të teprisë së ngarkesave pozitive të joneve të magnezit dyvalent, duke zëvendësuar jonet monovalent të litiumit, në rrjetën kristaline, shfaqen vakanca jonike të alkalit.

Në dozimetritë X, β, γ, e^- , dozimetrat TL shfaqin disa avantazhe, të cilat janë [9]:

- ✓ Janë rezistente nga ana mekanike dhe kimike;
- ✓ Përdoren në një gamë të gjerë të dozave (nga 10^{-6} Gy deri në 10^6 Gy), megjithëse përgjigja e tyre në funksion të dozimit nuk është gjithmonë lineare.
- ✓ Janë thuajse të pavarur nga humbjet e informacionit për intervale të gjata kohe.
- ✓ Janë të lehtë për t'u manipuluar.

Këto dozimetra mund të gjenden në forma të ndryshme:

- kokrriza, që lejon një dozimetri shumë preçize dhe që jep një riprodhueshmëri të mirë.
- dozimetra të përbërë nga kokrriza të presuara në të nxehtë.
- kristale, disqe dhe shufra në të cilët materiali është i përzierë me një matricë tefloni.

Për dozimetrit termolumeneshent (TL) doza e përthithur si rezultat i ekspozimit të tij ndaj rrezatimit, është proporcionale me numrin e elektroneve dhe brimave të kurthuara. Këto elektrone dhe vrime, si rezultat i nxehjes, energjinë e përthithur prej tyre e lëshojnë në formën e një emisioni dritor, i cili nëpërmjet fotoshumëzuesve, transformohet në ngarkesë elektrike.

Për energji të ulëta, nën 100 KeV , ky raport ndryshon në varësi të energjisë së rrezatimit dhe tregimet e dozimetrit termolumeneshent (TL) do të ndryshojnë për të njëjtën dozë në ajër, në varësi të energjisë së rrezatimit rënës.

Për energjitë e larta të rrezatimit, mbi 200 KeV , raporti i mësipërm nuk ndryshon në varësi të energjisë së rrezatimit dhe, si pasojë, për këto energji nuk do të vërehet asnjë ndryshim në tregimet e dozimetrit.

Varësia e intensitetit të dritës së emetuar dhe temperaturës së materialit jepet në figurën 4, ku vërehen tre pjesë të kurbës me ngjyrë blu. Pjesa e parë tregon parangohjen e kristalit TL, kurse e dyta tregon nxehjen e kristalit gjatë të cilit ai lëshon energjinë e grumbulluar nga rrezatimi në formën e një energjie dritore. Pjesa e tretë i takon pjekjes së kristalit ose largimit prej tij të çdo energjie. Në po këtë figurë, kurba me ngjyrë të kuqe paraqet kurbën termike të termolumeneshencës.

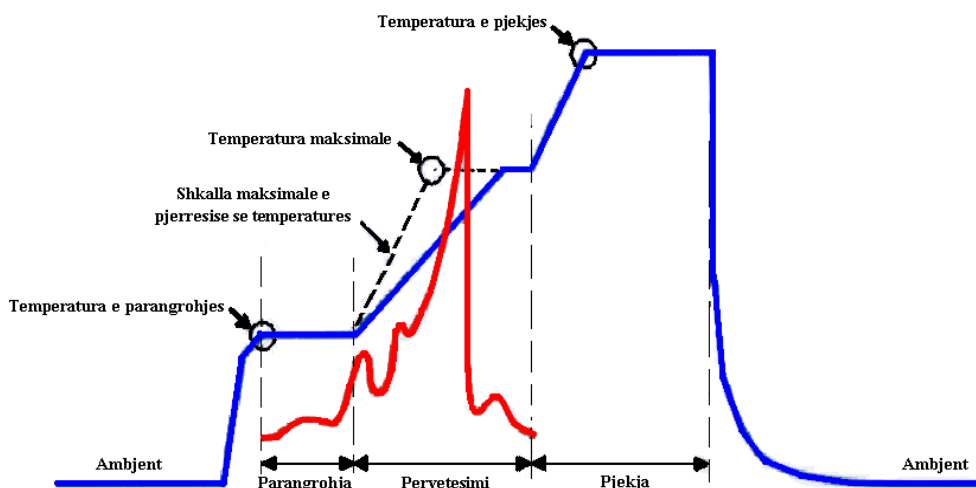


Figura 4. Varësia ndërmjet intensitetit relativ të dritës dhe temperaturës në °C

Kristalet TL përdoren gjerësisht në shumë matje të rrezatimeve në sajë të vetive të tyre të posaçme [36]. Vetia e tyre kryesore është lineariteti. Pothuajse në të gjitha fushat e aplikimit të materialeve TL, veçanërisht për kontrollin dozimetrik personal, është e nevojshme të kemi një linearitet mes dozës së përthithur të rrezatimit dhe sinjalit dritor të TL. Në këtë zonë ndjeshmëria e kristalit është e lartë. Me arritjen e një vlere maksimale të dozës së përthithur, kristalet fillojnë të shfaqin dukurinë e supralinearitetit, zonë në të cilën ndjeshmëria është më e ulët se në zonën lineare. Lidhur me këtë dukuri duhet patur parasysh fakti që nëse për një kristal TL arrihet kjo zonë, atëherë ky kristal e ruan ndjeshmërinë që fiton në zonën e supralinearitetit dhe pas procesit të leximit. Ky kristal duhet t'i nënshtrohet një cikli të plotë pjekjeje me qëllim që të rivendoset ndjeshmëria fillestare. Përtej zonës së supralinearitetit, si rezultat i zvoglimit të kurtheve, fillon të shfaqet efekti i ngopjes. Ky efekt përcakton kufirin e sipërm të dozës për çdo kristal TL, i cili zakonisht meret 20% më i vogël se zona e ngopjes. Përdorimi i kristaleve TL për doza të larta nuk është i rekomandueshëm sepse dëmtimet që shkaktojnë dozat e larta janë të pariparueshme, pavarësisht nga kalimi i kristalit në procesin e plotë të pjekjes.

1.3 Disa zbatime kryesore të termolumeneshencës

Detektorët termolumeneshentë (TLD) kanë gjetur zbatime të shumta në praktikën e matjeve dozimetrike. Të tilla janë: monitorimi i jashtëm i personelit që punon me burime të rrezatimeve, monitorimi i mjedisit, matja e dozave të ekspozimeve mjekësore, përdorimet në biologji, datimi i objekteve arkeologjike etj. Disa prej këtyre përdorimeve do të trajtohen më poshtë [50], [31], [19]:

- ***Monitorimi i jashtëm i personelit***

Monitorimi i jashtëm i personelit që punon me burime të rrezatimeve jonizuese bazohet në rekomandimet e ICRP. Objektivi primar i monitorimit personal për rrezatimin e jashtëm është të vlerësojë dhe të limitojë dozat e rrezatimit të punonjësve nga burime të rrezatimeve. Objektiva shtesë janë edhe sigurimi i informacionit për trendin e këtyre dozave dhe plotësimi adekuat i kushteve që realizojnë mbrojtjen në vendet e punës dhe dhënia e informacioneve për ekspozimet aksidentale. Në varësi të llojit të rrezatimit, ICRP rekomandon dozat kufi për gjithë organizmin dhe për organe të veçanta.

Detektorët TL, në ndryshim nga detektorë e tjerë të rrezatimeve, janë të përmasave të vogla dhe kanë precizion të lartë në matje, janë lehtësisht të disponueshëm, mund të shërbejnë si dozimetra ideal ekstremitetesh dhe si dozimetra bazë për vlerësimin e dozës së fotoneve në intervalin e energjisë me interes, si dhe për zbulimin e rrezeve beta dhe të neutroneve. Rrjedhimisht, një multi dedektor TL ofron mundësi praktike për monitorimin afatgjatë dhe afatshkurtër të rrezatimeve, për tregues të ndarë të dozës së sipërfaqes dhe dozës së thellësisë, si dhe për një vlerësimin sa më të mirë të cilësisë së rrezatimit.

- ***Aplikimi i sistemeve TLD për monitorimin mjedisor***

Një aspekt i rëndësishëm i monitorimit mjedisor është kufizimi i ekspozimit të njeriut ndaj rrezatimit nga cikli i karburantit bërthmor si dhe nga aksidente të ngjashme, si p.sh. shkrirja ventuale në metalurgji e një burimi të fuqishëm radioaktiv. Në rastin kur në mjedis janë çliruar bërthama radioaktive në formë të gaztë nga një central bërthamor, kufiri i pranueshëm i ekspozimit të publikut bazohet në një dozë vjetore të barabartë me $1mSv$.

Sistemet TLD aplikohen gjërësisht në programet monitoruese mjedisore pranë instalimeve bërthamore. Sistemet TLD me aftësi të larta matëse në dozat e ulta (μSv) janë të

domosdoshme për të matur ekspozimet e barabarta me atë që shkaktohet në terren gjatë një situatë të ekspozimit nga një aksident bërthamor për periudha që fillojnë nga disa ditë deri në një vit.

Për aplikimin e sistemeve TLD në monitorimin mjedisor, janë përcaktuar kritere të veçanta performance dhe teknike për përzgjedhjen, testimin, kalibrimin dhe përdorimin e këtyre sistemeve.

Në dallim me aplikimin në monitorimin personal, sistemet TLD për monitorimin mjedisor duhet të plotësojnë standarde të larta, si:

- (a) Saktësi e lartë dhe riprodhim i matjeve me doza të vogla ekspozimi ($10-100\text{mSv}$);
- (b) Humbje e vogël e informacionit gjatë periudhës së ekspozimit në terren (3-12 muaj);
- (c) Pandikueshmëri nga faktorët mjedisorë, si: temperatura, lagështia, drita;
- (d) Ekuivalencë e përafërt me indet në leximet e dozimetrave;
- (e) Vetërrezatim i ulët për shkak të radiobërthamave natyrore në kristalin e TLD-së ose në mbajtëse;
- (f) Futja në një mbajtëse plastike për të bërë të mundur ekuilibrim elektronik, mbrojtjen kundër dritës dhe ujit;
- (g) Teknikat e veçanta të kalibrimit për çdo fushë me qëllim garantimin e një saktësie më të lartë për konvertimin e leximit ndaj ekspozimit dhe korrigjimin e humbjeve të informacionit.

Për monitorimin mjedisor përdoren sisteme të ndryshme të TLD-së. Këto sisteme nuk bëjnë dallimin midis përbërësve të butë dhe të fortë të rrezatimit mjedisor, nëse dozimetrat ekuivalentë me indet si LiF mbulohen nga një shtresë $500\text{mg}/\text{cm}^2$ plastike. Nga ana tjetër, ndjeshmëria shtesë e kristalit LiF të pambrojtur duhet të merret parasysh, sepse sjell rritjen e leximit të dozës për shkak të rrezatimit natyror, që është $(14\pm 4)\%$. Spektri i energjisë nga rrezatimet mjedisore tregon një përbërës të butë prej 27 % të fotoneve në intervalin e energjisë nën 100 KeV . Prandaj varësia e reagimit të dozimetrit nga energjia nuk mund të neglizhohet, nëse përdoren detektorë CaF_2 ose CaSO_4 , të cilët nuk janë ekuivalente me indet biologjike.

Dozimetrat CaF_2 të mbështjellë sikurse tregohet më sipër, janë përdorur për të matur nivelin e ekspozimit gjatë kohës së fluturimit në lloje të ndryshme avionësh. Në varësi të lartësisë së fluturimit, niveli i ekspozimit për një “Boeing 747” apo “Boeing 767”, është rreth pesë herë më i lartë se për një “Boeing 737”. Ekspozimi i detektorëve të dërguar me postë mund të

luhatet nga 0,01 mSv deri 1 mSv, për shkak të kontributeve nga rrezatimi kozmik ose nga ekspozimet shtesë nga burimet radioaktive gjatë transportit.

- **Zbatimi i TLD-së në mjekësi**

Ka dy fusha të rëndësishme për aplikimin e matjes së dozave në mjekësi:

- (i) Matja e dozës së përthithur në radioterapi
- (ii) Matja e dozës së përthithur në radiologjinë diagnostikuese.

Matjet e radioterapisë

Vështirësitë e përcaktimit me saktësi të dozave të përthithura në radioterapi me anë të përlllogaritjeve, kanë çuar në zhvillimin e teknikave të matjeve *in vivo*. Ndërkohë që dozat e përthithura në hyrje dhe në dalje mund të mateshin duke përdorur filma dhe dhomëza tradicionale jonizuese, matjet në brendësi ishin të kufizuara nga përmasat minimale të dhomave cilindrike të disponueshme jonizuese (zakonisht me përmasa diametër 5 mm dhe lartësi 20 mm).

Kur fillimisht termolumeneshenca u zhvillua si një metodë praktike për të vlerësuar ekspozimin e rrezatimit jonizues, u kuptua se kjo teknikë mund të përdorej në fushën e matjeve klinike. Kështu u përdorën kristale të Harshaw LiF për të bërë matje të brendshme *in vivo* te pacientët me sëmundje malinje, të cilëve u ishte injektuar material radioaktiv. Fushat e trajtimit me radioterapi, zakonisht, kryhen duke përdorur një ndërthurje të përlllogaritjeve që përfshijnë gjeometrinë standarde bashkë me dozimin e thellë dhe matjet e dozimit transversal. Kontrolli i fundit në dozën e përthithur që i jepet pacientit, mund të bëhet duke zbatuar dozimetrinë termolumeneshente *in vivo*. Në mënyrë të ngjashme duhet të maten dozat e përthithura nga organet që nuk janë të përfshira në trajtim, të cilat duhet të mbahen në minimumin e mundshëm të ekspozimit. Dozimetria termolumeneshente ka treguar se është një teknikë e dobishme për një sërë qëllimesh në radioterapi, duke përfshirë matjet e fuqisë së aparateve të radioterapisë, kontrollet e njëtrajtshmërisë së tufës dhe matjen e dozës së përthithur *in vivo*. Dozimetrat termolumeneshentë dallohen edhe për saktësi të lartë. Ata e nxjerrin shpejt informacionin (duke përdorur lexues në vendin e matjes), i rezistojnë mjaft mirë faktorëve të ambientit, kanë rezistencë të mirë ndaj ujit ose indeve dhe kanë një interval të gjerë të ndjeshmërisë. Karakteristika e fundit është veçanërisht e rëndësishme për matjet *in vivo* të dozës së përthithur. Për shkak të përmasave të vogla, dozimetrat termolumeneshentë japin edhe zgjidhje të mira për sa i përket hapësirës. Kjo është një vlerë e veçantë në shumë teknika të radioterapisë, ku për dozat e përthithura ka një shpërndarje të caktuar. Gjithashtu,

dozimetrat termolumeneshentë mund të përdoren edhe për të matur dozën e përthithur te kafshët eksperimentale.

Në radioterapi, përcaktimi i shpërndarjes të dozës së plotë, e përthithur brenda tufës së rrezatimit në një fantomë, shërben si garanci, në mënyrë që doza e përthithur, e përshkruar t'i jepet pacientit në sasinë e duhur. Një metodë e zakonshme është përdorimi i të dhënave të publikuara për dozimin si dhe grafikët e izodozave. Shembulli i një grafiku të tillë ilustrohet në figurën 5.

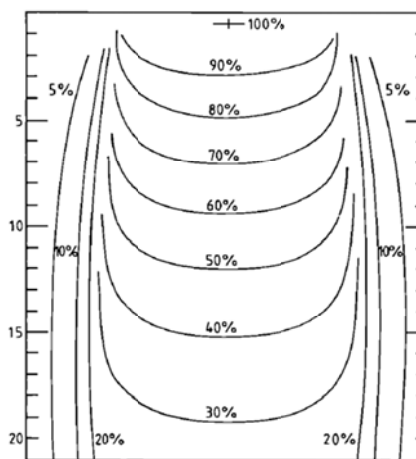


Figura 5. Shpërndarja e dozës në një fantomë

Ky grafik i referohet një seksioni që përmban boshtin e tufës në një terapi me ^{60}Co dhe përmasa fushe $10 \times 10 \text{ cm}^2$, për një distancë të fiksur burim-lëkurë (Source Surface Distance) prej 80 cm. Vijat në pikat e lidhura të grafikut shprehin dozat e përthithura si një përqindje e maksimumit të dozës së përthithur. Në rastin e rrezatimit ^{60}Co , maksimumi i dozës së përthithur ndodh në thellësinë e ujit prej 5 mm. Për rrezet X që prodhohen nga gjenerimi i aparateve me rreze X, të cilët e kanë tensionin përshpejtues më pak se 400kV, dozat e thella shprehen zakonisht si një përqindje e dozës së përthithur në sipërfaqe.

Pas normalizimit të matjeve të dozimit, të dhënat e fituara përpara përdorimit krahasohen me të dhënat standarde dhe bëhen korrigjimet e rastit. Në mënyrë të ngjashme, profili i matur i tufës mund të krahasohet me atë që është përftuar nga grafiku i publikuar i izodozimit. Nga viti 1988 Agjencia Ndërkombëtare e Energjisë Bërthamore (ANEA) dhe Organizata Botërore e Shëndetësisë (OBSH) kanë zhvilluar një program për krahasimin dhe standardizimin e veprimtarisë së qendrave të ndryshme të teleterapisë që operojnë në mbarë botën. Kjo erdhi si pasojë e hetimeve, të cilat treguan se në rreth 30 % të qendrave të radioterapisë që i'u nënshtruan hetimit, nuk kishte pajisje matëse për kalibrimin e rrezatimit. Ekziston një

procedurë e thjeshtë testimi, bazuar në dozimetrinë termolumeneshente që përdoret për të vlerësuar saktësinë e dozës së përthithur. Ajo konsiston në programin e iniciuar nga ANEA rreth dozimetra ve me pluhur LiF:Mg,Ti , të futura në kapsula të posaçme, të cilat dërgohen në qendrat e radioterapisë. Këto dozimetra rrezatohen me doza të përcaktuara dhe leximi i tyre kryhet në laboratorët e ANEA. Kjo procedurë që ndryshe quhet edhe “ndërkrahasim” sot kryhet në mënyrë të rregullt çdo dy vjet nga ANEA. Rezultatet e ndërkrahasimit janë konfidenciale dhe u dërgohen institucioneve që kanë marrë pjesë në ndërkrahasimin e radhës. Është përlogaritur se doza kolektive nga ekspozimet mjekësore përfaqëson kontributin më të madh mbi njeriun të ekspozimeve mjekësore. Kontributi më i madh vjen nga radiologjia diagnostikuese, që vlerësohet në rreth 10 herë më shumë se kontributet nga mjekësia bërthamore dhe radioterapia. Me futjen në përdorim të aparateve të reja diagnostikuese me rreze X, si CT skaneri ose PET/CT kontributi në ekspozimet mjekësore nga radiologjia diagnostikuese është shumëfishuar duke e krahasuar me një ose dy dekada më parë. Për më tepër dozat e marra nga pacientët gjatë diagnostikimeve me aparatet e reja të rrezeve X, janë disa herë më të larta se ato të marra me teknikat e grafive ose skopive të zakonshme.

Dozimetria termolumeneshente është një metodë e dobishme për krahasimin e dozës së përthithur nga pacientët edhe me teknikat e reja, ashtu sikurse ka ndodhur edhe me teknikat më tradicionale. Matjet e dozës së përthithur gjatë diagnostikimit janë të rëndësishme për të përmirësuar projektimin e pajisjeve, për të zvogëluar dozën e përthithur nga pacienti, për të përmirësuar teknikat e radiografisë në përdorimin e pajisjeve, dhe për të pasur një bazë të dhënash për matjet nga analizat epidemiologjike të rrezatimit në një popullatë të caktuar të dozës së përthithur nga radiologjia diagnostikuese.

Kristalet termolumeneshente si LiF:Mg,Ti dhe sidomos ata që janë ekuivalent me indet $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{:Mn}$, janë përdorur për matje të tilla.

- ***Aplikimi i TLD-së në biologji dhe në fushat e lidhura me të***

Një numër kërkuesish që punojnë në fushën e biologjisë dhe në fusha të tjera të afërta me të, kanë zbuluar se teknikat e TLD-së janë një mënyrë shumë e dobishme dhe e mjaftueshme për të zgjidhur disa nga problemet e tyre. Larmia e aplikimeve në këtë degë të shkencës na lejon për të paraqitur këtu disa shembuj ilustrues të të gjithë spektrit të zbatimeve. Këtu jepen vlerësime të shkurtra të aplikimeve në fushat e mëposhtme:

Në vitin 1973 Kriegl dhe bashkëpunëtorët e tij [8] zbatuan TLD-në për dozimetrinë e pjesës së brendshme të trupit pas përfshirjes së radioizotopit të $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (stroncium/itrium) në

një eksperiment të kryer me kafshët dhe konkretisht me kavje të fekunduara. Ekzaminimet u kryen për sjelljen biologjike të radiostroncium/itriumit të këto kafshë. Ndërkohë që depozitimi i radiostroncium/itrium në fetus përmes transferimit të placentës njihej për një sërë kushtesh eksperimentale, kishte dyshime për vlerën e dozës së embrionit gjatë periudhës së përgjithshme të barrës që shkaktohej nga depozitimi i radiostronciumit në skeletin e femrës. Dozimetrat $\text{CaF}_2\text{:Mn}$, të përgatitur nga pluhur $\text{CaF}_2\text{:Mn}$ në tuba plastikë 10 cm të gjatë dhe me diametër 1.5 mm, duke i mbyllur e tubat në fund, u vendosën afër dhomëzave të majta të mitrës poshtë vezoreve. Pas kryerjes së operacionit të transplantit, te kafshët kryeshin injektme intravenoze me solucione të $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ me aktivitete të ndryshme (10 MBq deri 100 MBq). Kafshët lireshin të jetonin deri shtatë ditë pas injeksionit dhe pas vdekjes së provokuar të tyre merreshin dozimetrat dhe matej sasia e $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ -së, si një përqindje e aktivitetit fillestar të injektuar, duke bërë kalcinimin (djegien) e këtyre kafshëve në temperaturën 800°C . Dozimetrat e vendosura te kafshët që nuk kishin marrë injeksione radioaktive dhe dozimetrat e patransplantuar, u përdorën si dozimetra kontrolli. Shpërndarja dhe ruajtja në organizmin e kafshës të radioizotopit të $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, brenda intervalit të aktiviteteve të aplikuara, supozohet se është e pavarur nga sasia fillestare e depozituar e përzierjes së radiobërthamave. Nëse kjo është e vërtetë, TL-ja e kristalit të përdorur duhet të jetë proporcionale me aktivitetin e injektuar ose me aktivitetin e matur te kafshët pas shtatë ditësh. Dozat u përcaktuan duke vendosur dozimetra TL identikë me ata që u përdorën në eksperimentin me kafshët e solucioneve me $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ të përqendrimeve të ndryshme në shishe 250 ml për shtatë ditë. Dozimetrat u ekspozuan duke u vendosur ndërmjet shisheve. Kështu që doza mund të përllogaritet nga formula:

$$D = 2.0 \cdot 10^{-3} \times E \times C \times t$$

ku E – është energjia e rrezatimit beta në megaelektronvolt, C – është përqendrimi i solucionit të $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ në MBq për mililitër dhe t – është koha e ekspozimit në orë.

Për 40MBq për mililitër, shprehja për dozën tregon një vlerë prej 4Gy. Për të lidhur vlerën e TL-së së matur me sistemin TLD, të disponueshëm për dozën e përthithur që u kap nga dozimetrat, u përllogarit një faktor kalibrimi prej 2.2Gy njësi relative vlere të TL-së. Me këtë faktor, doza e jashtme e fetusit të kavjes që peshonte 145 gramë dhe që kishte marrë 75MBq $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ dhe mbajti 85 % të këtij aktiviteti, pas shtatë ditësh, u përcaktua si 6Gy brenda kësaj periudhe. Përvoja tregon se kjo dozë dhe si rrjedhojë një aktivitet prej 75MBq, është i mjaftueshëm për të shkaktuar me shumë mundësi tumorin e osteosarkomës te kavjet.

Trajtimi me radioterapi i sindromit Hoxhkins përfshin rrezatimin e një pjese të madhe të trupit. Fusha e trajtimit është projektuar që të japë një dozë të përthithur terapeutike ose profilaktike për limfonodulat e nënsqetullave, të qafës dhe të krahavorit. Për këtë përdoren fusha të ndryshme trajtimi, por një konfigurim i plotë përbëhet nga paraleli i pasmë dhe i poshtëm dhe nga fushat e kundërta, siç ilustron në figurën 6.

Gjithashtu, është e nevojshme që të mbrohen organet e supozuara të shëndetshme, si: buzët, sytë, mushkëritë, veshkat, skeleti etj. Për të shmangur ekspozimin e tepërt të lëkurës, trajtimi kryhet duke përdorur burime ^{60}Co ose fotone me energji të lartë. Mbrojtja vendoset në largësinë 20 deri 50 cm nga sipërfaqja e trupit. Kjo arrihet duke përdorur kallëpe të bërë me porosi prej polistireni, me kanale të prera që kanë mbrojtje plumbi. Në raste të tjera përdoren përthithës plumbi me formën e duhur që vendosen në një pllakë xhami “Perspex” dhe janë vendosur sipër trupit. Një trajtim tipik prej katër javësh përfshin një dozë totale ndërmjet 30Gy dhe 40Gy, që jepet në 20 seanca.

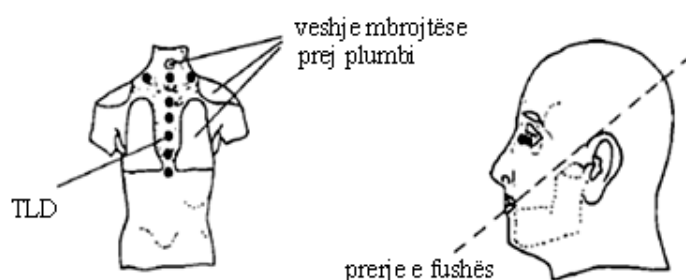


Figura 6. Trajtimi me rrezatim për sindromin Hoxhkins

Mbrojtja nga rrezatimet projektohet në sipërfaqen e trupit dhe dozimetrit TL, zakonisht shiritat LiF ose shufrat, me bazë PTFE, të izoluar në shtresa të holla mbrojtëse politeni, bashkohen me trupin. Me përdorimin e rrezatimit me energji të lartë fotonesh, për shembull 20 MV (10), këshillohet përdorimi i një trashësie maksimale prej 15mm “Perspex”.

Në disa eksperimente radiobiologjike ndryshimet e spektrit me rreze X në thellësi të indeve të buta dhe kockore, mund të ndikojë shumë te rezultatet e matjeve. Kjo është një arsye për të kontrolluar përbërjen e spektrit të fushës së rrezatimit në pika të ndryshme.

Për përcaktimin e energjisë efikase të rrezeve X, mund të përdoren dy dozimetra TL me reagime të ndryshme energjie [9]: LiF, me një varësi të paktë energjie të ndjeshmërisë së saj dhe $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ ose $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ (Sm, Tm), me një lakore në ngjitje të kurbave të ndjeshmërisë në tufën e rrezatimit me energji nga 45 deri në 150 keV. Nëse një mostër e secilit kristal

ekspozohet njëkohësisht me të njëjtin rrezatim, cilësia e të cilit është e panjohur, atëherë raporti i reagimeve të tyre TL përcakton këtë cilësi. Kjo ndodh nëpër zona që zakonisht nuk janë të arritshme nga teknikat e tjera (për shembull, dhomëzat e jonizimit *in vivo*) apo ku prania e një detektori tjetër ose disa detektorë do ndikonin në fushën e rrezatimit. Janë ndërtuar dozimetra “Tandem” [36], të cilët bëjnë të mundur dallimin e cilësive të ndryshme të rrezatimit në një lexim. Nëse një dozimetër i vogël i presuar $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ lidhet me sipërfaqen e sipërme të një dozimetri LiF të jashtëm, për shembull, dhe nëse sistemi nxehet pas ekspozimit ndaj një fushe rrezatimi të panjohur, si rrjedhojë krijohet një lakore me maksimume nga LiF dhe $\text{CaF}_2:\text{Mn}$, të cilët tregojnë energjinë efikase të rrezatimit fotonik. Kjo tregohet në figurën 7. Raporti i maksimumeve që shkaktohen prej saj shfaqet në figurën 8.

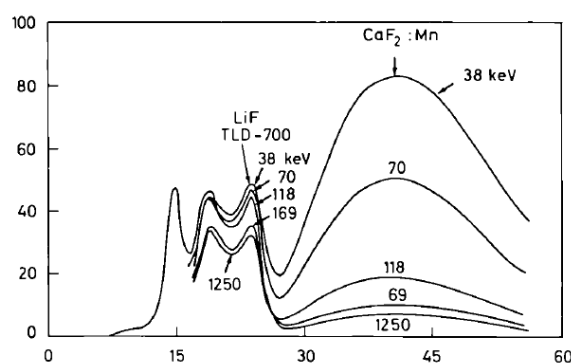


Figura 7. Lakorja e energjisë efikase të rrezatimit fotonik

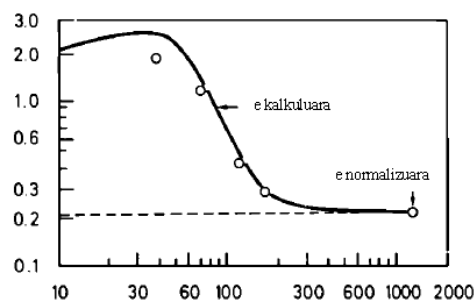


Figura 8. Raporti i maksimumeve që shkaktohen prej rrezatimit

• Studimet për sedimentet

Në Qendrën e Bashkuar Kërkimore të Komunitetit European, Ispra, Itali, janë përdorur mikro-TLD për matjen e shpërbërjes së fosfatit në sedimente [38], që ka interes, për shembull për problemet e eutrofikimit (degradimit) të baseneve ujore (liqene, laguna). Studimi kërkonte njohuri të lakores së përqendrimit, të prodhuar nga shpërbërja e fosfateve nga uji i basenit në sediment. Ky përqendrim u përcaktua nëpërmjet testimit të shpërbërjes së fosfateve, duke përzier një kampion sedimenti nga fundi i basenit dhe një kampioni të përgatitur me fosfor natyror dhe radioaktiv (në formën e fosfatit të natriumit) në një sasi, që korrespondonte me përmbajtjen e fosfatit në ujin e liqenit. Pas një periudhe të caktuar në sedimentin e përgatitur me mikro-TLD ($\text{CaSO}_4:\text{Dy}$) u futën në thellësi dhe në sipërfaqe dy tuba me mikro-TLD ($\text{CaSO}_4:\text{Dy}$). Nga matjet e dozave me TLD doli se fosfatet përqendrohen afër sipërfaqes së sedimentit, që shpjegon çlirimin me lehtësi të fosfateve nga sedimentet në ujin e baseneve,

sidomos në kushtet e mungesës së oksigjenit (anoksike) në këto ujëra gjatë muajve të ngrohtë të verës.

- ***Datimi i objekteve arkeologjike***

Metoda TLD mund të realizojë përcaktimin e moshës së objekteve arkeologjike si p.sh. të qeramikave, që quhet ndryshe datim arkeologjik. Kjo bëhet e mundur për faktin se këto objekte, në kohën e përgatitjes së tyre, i nënshtrohen përpunimit në të nxehtë (pjekjes) duke çliruar të gjithë rrezatimin e grumbulluar deri në atë kohë.

Rrezatimi natyror i grumbulluar nga koha e përgatitjes së objektit e deri në atë të gjetjes, mund të matet nëpërmjet dozimetrisë TL, si dozë e përthithur e rrezatimit dhe nëpërmjet krahasimit me dozat e rrezatimit natyror, mund të arrihet në përcaktimin e moshës së objektit arkeologjik.

- ***Standardizimi dhe ndërkrahasimi***

Madhësitë fizike të rrezatimit (ekspozimi, doza e absorbuar) duhet të standardizohen në nivele kombëtare dhe ndërkombëtare, duke siguruar metoda dhe kritere të njëjta për vlerësimin teorik dhe instrumental të dozave.

Madhësitë dhe njësitë në fushën e dozimetrisë së rrezatimeve formulohen nga Komisioni Ndërkombëtar për Madhësitë dhe Njësitë e Rrezatimit (ICRU).

Nëpërmjet standardizimit, kërkuesit që studiojnë relacionet dozë-efekt, kanë mundësinë të përsërisin eksperimentet dhe të krahasojnë rezultatet e tyre me ato të qendrave të tjera kërkimore.

Metodat e ndërkrahasimit për dozat dhe aparatet dozimetrike i shërbejnë procesit të standartizimit. Ato bazohet në përdorimin e dozimetrave TL dhe aparateve që mund të transportohen lehtësisht.

Metoda e ndërkrahasimit nuk e zëvendëson metodën tradicionale të vendosjes së standardeve dhe kalibrimit, por është një teknike plotësuese.

KAPITULLI II

KONCEPTET BAZË TË DOZIMETRISË SË RREZATIMEVE

2.1 Dozat e rrezatimeve

Dozimetria e rrezatimeve jonizuese, si degë e fizikës bërthamore të zbatuar, studion metodat për detektimin dhe matjen e rrezatimeve nëpërmjet disa madhësive kryesore, si dhe përdor njësi të posaçme për matjen e rrezatimeve, duke u bazuar kryesisht në proceset e bashkëveprimit të rrezatimeve me lëndën [27].

Si rezultat i proceseve të bashkëveprimit të rrezatimit me lëndën, në këtë të fundit, depozitohet një pjesë e energjisë së rrezatimit, e cila shoqërohet me shfaqjen e efekteve të ndryshme elektrike (jonizimi), kimike, biologjike etj. Meqënëse energjia e rrezatimit që mbetet në lëndë, është faktori parësor për zhvillimin e proceseve të tjera, kjo energji mund të shërbejë për të përcaktuar një madhësi për matjen e rrezatimeve si dhe njësi të posaçme për matjen e saj. Madhësia kryesore në fushën e dozimetrisë së rrezatimeve jonizuese është doza e përthithur.

Doza e përthithur (ose thjeshtë doza) që shënohet me simbolin D , është madhësia themelore e dozimetrisë së rrezatimeve dhe shërben për vlerësimin e shkallës së veprimit të rrezatimeve jonizuese në një lëndë të çfarëdoshme [35].

Kjo madhësi paraqitet si raporti i energjisë së përthithur nga rrezatimet në një element vëllimor të caktuar të lëndës, me masën e lëndës së këtij vëllimi. Në qoftë se në elementin vëllimor të rrezatuar ndodhet masa e lëndës e barabartë me dm dhe në të është përthithur energjia mesatare e rrezatimeve e barabartë me dE , doza e përthithur matematikisht shprehet me relacionin:

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (2-1)$$

Në sistemin SI, njësia matëse e dozës së përthithur shprehet në *xhaul* për kilogram (J/kg). Kjo njësi e sistemit SI është emërtuar *Grei* (Gy) për nder të fizikanit anglez *Harold Gray*, pra njësia matëse *Grei* është:

$$1Gy = 1J/kg$$

Doza e përthithur është një madhësi universale në fushën e dozimetrisë së rrezatimeve, pasi ajo është e vlefshme për çfarëdo lloj rrezatimi dhe për çfarëdo lloj lënde.

Për dozën e përthithur përdoret edhe koncepti i fuqisë së dozës së përthithur, e cila simbolikisht shënohet D' .

Fuqia e dozës së përthithur është raporti i dozës së përthithur dD me intervalin e kohës dt , gjatë të cilit është dhënë kjo dozë.

Shprehja matematikore e fuqisë së dozës së përthithur është:

$$D' = \frac{dD}{dt} \quad (2-1)'$$

Njësia matëse e fuqisë së dozës së përthithur është Gy/s .

Historikisht, si njësi e parë e dozës së përthithur, ka shërbyer *rad*-i (shkurtimi i *radiation absorbed dose*), që është e barabartë me:

$$1rad = 100erg / gr$$

Duke pasur parasysh lidhjet që ekzistojnë midis njësive *erg* dhe *xhaul* si dhe ndërmjet *gramit* dhe *kilogramit*, vërtetohet që:

$$1Gy = 100rad$$

Duke u mbështetur në aftësinë jonizuese të rrezatimeve, pra në faktin që në lëndën e rrezatuar krijohen jone, pra ngarkesa elektrike, futet koncepti i një doze të re që quhet *dozë e ekspozimit*.

Doza e ekspozimit (ose thjeshtë ekspozimi), shënohet me simbolin X është madhësia e parë nga pikëpamja historike në fushën e rrezatimeve jonizuese. Ajo shërben vetëm për dozimin e rrezatimit X dhe gama në ajër.

Doza e ekspozimit është raporti i ngarkesës elektrike dQ , e cila formohet në një vëllim elementar të ajrit, me masën e këtij vëllimi dm . Matematikisht doza e ekspozimit paraqitet [26]:

$$X = \frac{dQ}{dm} \quad (2-2)$$

Njësia matëse e dozës së ekspozimit në sistemin SI është kulon për kilogram (C/kg).

Njësia e dozës së ekspozimit mund të konvertohet në njësinë e dozës së përthithur për ajrin, duke ditur ngarkesën elektrike të një joni $e = 1,6 \cdot 10^{-19}C$ dhe energjinë mesatare për formimin e një çifti jonesh në ajër $W = 43eV$.

Mbi bazën e këtyre të dhënave mund të gjendet ekuivalenti energjetik i njësisë së dozës së ekspozuar ose ekspozimit, pra doza e përthithur nga ajri kur vlera e dozës së ekspozimit është $1C/kg$.

$$1 \text{ njesi ekspozimi} = \frac{1C/kg}{1.6 \cdot 10^{-19}} \times 34eV \times 1.6 \cdot 10^{-19} J/eV \times \frac{Gy}{J/kg} = 34Gy \text{ (në ajër)}$$

Si njësi ekspozimi për një kohë të gjatë është përdorur *rëntgeni* (R).

Njësia e rëntgenit (R) lidhet me njësinë e ekspozimit në sistemin SI si më poshtë:

$$1 R = 2.58 \cdot 10^{-4} C/kg$$

Lidhja ndërmjet njësisë së *rëntgenit* dhe asaj të *greit* përcaktohet me anë të llogaritjeve të thjeshta dhe rezulton e barabartë me:

$$1 R = 8.8mGy = 0.0088Gy$$

Edhe për dozën e ekspozuar futet kuptimi i fuqisë së dozës së ekspozimit ose *fuqia e ekspozimit* X' , me të cilën kuptohet raporti i ekspozimit dX me intervalin e kohës dt gjatë të cilit është kryer ky ekspozim.

$$X' = \frac{dX}{dt} \quad (2-2)'$$

Njësia matëse e fuqisë së ekspozimit është $C/kg \cdot s$.

Gjatë eksperimenteve të kryera për efektet e rrezatimeve në indet biologjike u vërejt se kishte një mospërputhje ndërmjet efekteve biologjike të vërejtura për të njëjtën dozë të përthithur nga rrezatime të llojeve të ndryshme (alfa, beta, gama, neutronik etj.). Për të shmangur këtë mospërputhje, u pa e nevojshme të futej koncepti i një doze të re, e cila përdoret vetëm për vlerësimin e efekteve biologjike dhe që emertohet *dozë ekuivalente*.

Doza ekuivalente shënohet me simbolin H dhe përcaktohet si produkt i dozës së përthithur nga një lloj i caktuar i rrezatimeve me faktorin ponderues të rrezatimeve w_r [37]. Matematikisht doza ekuivalente do të shkruhet në trajtën:

$$H = w_r \cdot D \quad (2-3)$$

Me faktor ponderues të rrezatimeve w_r kuptohet faktori i cili përcakton shkallën e dëmtimit të indeve nga lloje të ndryshme rrezatimesh, për të njëjtën dozë të përthithur prej tyre. Meqenëse faktor ponderues i rrezatimeve w_r nuk ka njësi matëse, doza ekuivalente në sistemin SI do të matet me të njëjtën njësi si edhe doza e përthithur, pra xhaul për kilogram (J/kg).

Në ndryshim nga doza e përthithur, e cila shërben për të vlerësuar shkallën e veprimit të rrezatimit në lëndë nga pikëpamja energjetike, d.m.th. se sa energji është përthithur nga rrezatimi në lëndë, doza ekuivalente shërben për të vlerësuar shkallën e dëmtimit biologjik të indeve nga rrezatimi jonizues.

Për të vënë në dukje dallimin e përshkruar më sipër, njësia matëse e dozës ekuivalente quhet *Sivert (Sv)*, për nder të biologut suedez Rolf Sievert.

Për dozën ekuivalente futet edhe kuptimi i fuqisë së dozës ekuivalente. Me këtë madhësi kuptohet raporti i dozës ekuivalente dH me intervalin e kohës dt , brenda së cilës është dhënë kjo dozë.

$$H' = \frac{dH}{dt} \quad (2-3)'$$

Njësia matëse e fuqisë së dozës ekuivalente është $\frac{Sv}{s}$.

Njësia e vjetër e dozës ekuivalente është quajtur *rem (rentgen equivalent man)*.

Lidhja ndërmjet njësisë së dozës ekuivalente në sistemin SI, *Sivert (Sv)* dhe njësisë së vjetër është:

$$1Sv = 100 rem$$

Doza efektive gjen përdorim në rastin e ekspozimit të një organi nga ku kërkohet të përcaktohet dëmtimi ekuivalent i të gjithë organizmit. Doza efektive shënohet me E dhe transformon dozën e ekspozimit të një organi të dhënë në dozë të gjithë organizmit [7]. Lidhja ndërmjet dozës efektive dhe dozës ekuivalente jepet nga formula:

$$E = w_T \cdot H \quad (2-4)$$

ku w_T quhet faktor ponderues i indit dhe ka vlera të përcaktuara për secilin ind të organizmit.

Meqënëse w_T është numër pa përmasa, doza efektive matet me të njëjtat njësi që matet doza ekuivalente, pra me njësinë *sivert (Sv)*.

2.2 Burimet natyrore të rrezatimeve

Rrezatimi natyror është një produkt i pranishëm në ekosistemet natyrore të burimeve të rrezatimeve me orgjina të ndryshme, në veçanti të lëndëve radioaktive natyrore. Ky rrezatim vepron në mënyrë të vazhdueshme në organizmat e gjalla, duke krijuar tek ata një dozë rrezatimi relativisht të vogël, por që gjithësesi përmban rrezikun e një dëmtimi shëndetësor. Dozat e rrezatimit që merren nga burimet natyrore, prej shumë dekadash janë bërë objekt studimesh në shkallë botërore, me qëllimin e dyfishtë: *a)* përcaktimin sa më të saktë të vlerave të tyre për rajone të ndryshme, *b)* përcaktimin e ndikimit që ato kanë në shëndetin publik. Për llogaritjen e këtyre dozave mbahen parasysh rrezatimi që vjen nga prania në tokë e elementeve radioaktivë, rrezatimi nga hapësira kozmike, nga radoni dhe produktet e tij të zbërthimit që ndodhen në ajër, nga elementet radioaktivë natyrorë që bëjnë pjesë në dietën ushqimore dhe në ndërtimin e organizmave të gjalla [53].

Toka përmban elemente radioaktivë natyrorë si: uranium, torium dhe pasardhësit e tyre. Të gjitha elementet radioaktive që marrin pjesë në përbërjen e tokës, lëshojnë rrezatim, të cilit i ekspozohen në mënyrë thuajse të njëjtë të gjithë njerëzit. Rrezatim lëshojnë edhe materialet e ndërtimit, duke kontribuar kështu në ekspozimin e njeriut brenda dhe jashtë ndërtesave. Dozat që marrin njerëzit, varen nga përbërja gjeologjike e vendit ku ata jetojnë dhe nga materialet e ndërtimit të banesave; vlera mesatare e dozës që merr njeriu nga ky rrezatim është rreth 0.5mSv në vit.

Rrezatimi që vjen nga hapësira kozmike, përbëhet kryesisht nga protone të energjive të larta që mbërrijnë në atmosferë me një fluks pak a shumë të pandryshueshëm. Duke qenë grimca elektrikisht të ngarkuara, protonet i nënshtrohen veprimit të fushës magnetike tokësore, duke i shmangur ata më tepër në drejtim të poleve se sa të ekuatorit. Me hyrjen në atmosferë, rrezatimi kozmik i nënshtrohet reaksioneve të ndryshme dhe në mënyrë graduale fillon të dobësohet me zvogëlimin e lartësisë mbi nivelin e detit. Rrezatimi kozmik është një përzierje e llojeve të ndryshme të rrezatimeve, ku mbizotërojnë protonet dhe ku marrin pjesë grimcat alfa, elektronet si dhe grimca të tjera. Në nivelin e tokës ai përbëhet kryesisht nga elektronet, pozitronet, neutronet, fotonet, etj..

Vlera e dozës që merr njeriu nga rrezatimi kozmik në nivelin e tokës, është rreth 0.4mSv në vit dhe ndryshon sipas gjerësisë gjeografike.

Një rrezatim tjetër natyror është gazi radioaktiv i radonit, i cili krijohet nga zbërthimi i radiumit dhe që merr pjesë në përbërjen e ajrit [56]. Produktet e zbërthimit të radonit, të cilat janë gjithashtu radioaktive dhe me periodë të shkurtër përgjysmimi, i bashkohen aerosoleve të ajrit dhe nëpërmjet frymëmarrjes depozitohen në mushkëri, duke i rrezitur ato me grimca alfa dhe duke rritur kështu rrezikun e shfaqjes së kancerit të mushkërive. Radoni hyn në atmosferë nga toka dhe difuzion në ajër, duke krijuar në këtë të fundit përqëndrime të vogla që zakonisht nuk i kalojnë disa bekerel për metër kub. Por kur radoni hyn në ndërtesa, kryesisht nga bazamenti i tyre, ai grumbullohet në mjediset e brendshme të ndërtesave dhe përqëndrimi i tij në ajër rritet deri në disa dhjetëra ose qindra bekerel për metër kub. Në rastin kur ndërtesat ajrosen, në to nuk ndodh grumbullim i radonit dhe përqëndrimet e tij në ajrin e brendshëm nuk i kalojnë disa dhjetëra bekerel për metër kub. Por kur ndërtesat nuk kanë ajrosje, përqëndrimet e radonit në ajrin e tyre mund të rriten deri në disa qindra bekerel për metër kub. Doza mesatare që merr organizmi i njeriut nga radoni, është rreth $1.2mSv$ në vit. Organizmat ndërkombëtarë rekomandojnë që vlerat e përqëndrimit të radonit në ajrin e ndërtesave të mos kalojnë $400Bq/m^3$ për ndërtesat e vjetra dhe $200Bq/m^3$ për ndërtesat e reja, vlera të cilat janë adoptuar edhe në vendin tonë. Në rastin kur këto vlera tejkalohen, rekomandohet marrja e masave për uljen e përqëndrimit të radonit në ndërtesa. Ndër këto masa më e rëndësishmja është parandalimi i hyrjes së radonit nëpërmjet izolimit sa më të mirë të bazamentit.

Ndër radioizotopët e tjerë natyrore dy prej tyre, pikërisht Pb-210 dhe Po-210, janë të pranishëm në ushqimet që konsumohen nga njeriu, duke shkaktuar ekspozimin e tij të brendshëm. Izotopi radioaktiv i kaliumit (K-40) merr pjesë në përbërjen e indeve trupore, duke kontribuar gjithashtu në rrezitjen e brendshme të organizmit. Doza mesatare që merr organizmi i njeriut prej këtyre rrezatuesve të brendshëm, është rreth $0.3mSv$ në vit.

Duke bërë bilancin e ekspozimit të njëriut nga burimet e ndryshme natyrore të rrezatimit të përshkruara më sipër, del se doza mesatare nga burimet natyrore është rreth $2.4mSv$ në vit. Për një jetëgjatësi mesatare prej 75 vitesh, njeriu merr nga burimet natyrore dozën e përgjithshme prej $180mSv$. Është e kuptueshme që vlerat e dhëna më sipër për dozat janë të mesatarizuara.

Ekzistojnë rajone të veçanta të planetit, për të cilat dozat e marra nga burimet natyrore janë shumë herë më të larta nga vlerat e dhëna më sipër, sikurse janë rajone në Francë, Brazil, Indi, etj..

Vlerat e dozave nga burimet natyrore shërbejnë si masa krahasuese për veprimet e pritshme shëndetësore të dozave të rrezatimit, sidomos nga burimet artificiale që mund të marrë njeriu gjatë punës me këto burime ose për qëllime diagnostikimi ose terapie me rrezatim jonizues. Duhet nënvizuar faktin se rrezatimi nga burimet natyrore si rregull, nuk përfaqëson një rrezik të rëndësishëm për shëndetin e organizmave të gjalla, duke mbajtur parasysh edhe përjashtimet e mundshme.

2.3 Efektet biologjike të rrezatimeve

Veprimi biologjik i rrezatimit u vrojtua thuajse menjëherë pas zbulimit të rrezatimit X. U deshën vetëm disa muaj që tek punonjësit, të cilët përgatisnin dhe testonin tubat e rrezeve X, të shfaqeshin dëmtime të lëkurës në formën e dermatiteve, nekrozave e deri në ato malinje. Të dhëna më të hollësishme për efektet biologjike të rrezatimeve u morën, sidomos, nga njerëzit që mbijetuan nga bombardimet e Hiroshimës dhe Nagasakit, si dhe nga pacientët e ekspozuar për qëllime diagnostikimi dhe terapie. Grupe të tjera studimore për këto efekte kanë qenë njerëzit e ekspozuar, si rezultat i aksidenteve bërthamore, ndër të cilat mund të veçojmë aksidentin e Uindskeilit (1957, Angli) dhe atë të Çernobilit (1986, Ukrainë).

Sot mund të pohohet që mekanizmat e veprimit të rrezatimit me qelizat dhe indet e organizmave të gjallë janë studiuar relativisht mirë [11].

Në themel të indeve dhe organeve të organizmave të gjallë qëndron qeliza, elementet kryesore të së cilës janë bërthama dhe protoplazma. Bërthama përmban informacionin gjenetik të koduar (genet) në formën e acidit dezoksiribonukleik (ADN), që i siguron qelizës udhëzimet e nevojshme për riprodhim dhe për sintezën proteinike në brendësi të saj. Bërthama dhe protoplazma mbështillen nga membrana me përshkrueshmëri selektive (osmotike), që rregullojnë lëvizjen e ujit, elementeve ushqyese dhe elektrolitëve brenda dhe jashtë qelizave.

Rrezatimi jonizues nëpërmjet bashkëveprimit me qelizën shkakton jonizimin dhe ngacmimin e atomeve dhe molekulave që e përbëjnë atë, duke shkaktuar ndryshime në strukturat biologjike të përshkruara më lart. Ndryshimet e ndodhura shkaktojnë çrregullime të funksionimit të qelizës ose modifikime të saj. Shkalla e dëmtimit të qelizës varet si nga energjia e përthithur nga rrezatimi, ashtu dhe nga mekanizmi i përthithjes së kësaj energjie.

Dëmtimi i qelizës nga veprimi i rrezatimit jonizues kryhet të paktën me dy mënyra:

1. *Mënyra direkte* me të cilën kuptohet ngacmimi dhe jonizimi i atomeve dhe molekulave që përbëjnë qelizën. Dëmtimi i strukturave të ADN mund të shkaktojë vdekjen ose modifikimin e qelizës gjatë procesit të ndarjes së saj, ndërprerjen e aktivitetit të enzimave në brendësi të qelizës etj. Shpërbërja e atomeve që ndodhen në strukturën molekulare të ADN, si rezultat i ngacmimit ose jonizimit të tyre bëhet pengesë për transmetimin e rregullt të informacionit i cili përmbahet në këto struktura tek qelizat e reja që krijohen, si rezultat i procesit të ndarjes qelizore.

2. *Mënyra indirekte* me të cilën kuptohet veprimi dëmtues i komponimeve kimike që formohen në mjedisin qelizor nga rrezatimi jonizues. Dihet se trupi i njeriut përbëhet në masën rreth 75 % nga uji. Si rezultat i bashkëveprimit të rrezatimit me molekulat e ujit të qelizave, formohen të ashtuquajtura radikale të lira, të cilat si rezultat i aftësive të tyre të larta oksiduese dhe toksike zotërojnë, dëmtojnë ose ndërpresin veprimtarinë normale të qelizës.

Rrezatimi shkakton efekte biologjike ndërmjet dy rrugëve: rrugës direkte, që shkakton modifikimin e molekulave dhe atomeve si rezultat i ngacmimit dhe jonizimit të tyre dhe rrugës indirekte, që konsiston në krijimin e radikaleve të lira.

Të dy mënyrat e mësipërme plotësojnë njëra-tjetrën dhe nëpërmjet alternimit të tyre japin zinxhirë reaksionesh kimike me efekte dëmtuese mbi qelizat e organizmit.

Qeliza e dëmtuar nga rrezatimi i nënshtrohet tri proceseve të mundshme:

- Riparimit të dëmtimit të shkaktuar në qelizë;
- Vdekjes së qelizës;
- Modifikimit të qelizës.

Ndërkohë që dy rastet e para mund të kalojnë pa ndonjë pasojë për organizmin, rasti i tretë, ai i modifikimit të qelizës, i cili shoqërohet me ndryshime molekulare specifike të AND, mund të shënojë lindjen e një qelize të re jo normale që mund të shërbejë si bazë e induktimit në të ardhmen e një sëmundjeje malinje në organizmin e rrezitur.

Në rastin e modifikimit të qelizave riprodhuese, është e kuptueshme që dëmtimi i shkaktuar do të shfaqet në breznitë pasardhëse. Këto shfaqje përbëjnë efektet gjenetike të rrezatimeve, në ndryshim nga efektet somatike që ndodhin në vetë individin e rrezitur.

Efektet shëndetësore të rrezatimit tek organizmat e gjalla ndahen në dy grupe: *efekte stokastike* dhe *efekte deterministike* [40] [6].

Efektet stokastike mund të ndodhin gjatë rrezitjes së organizmit me çfarëdo doze duke përfshirë edhe dozat e vogla. Në procesin e bashkëveprimit të rrezatimit me qelizën, është e mundshme që një energji e mjaftueshme e rrezatimit të depozitohet në një vëllim kritik të qelizës, duke shkaktuar modifikimin e saj. Modifikimi i qelizave të veçanta mund të çojë deri në induktimin e një tumori në organizmin që rrezitet ose në shfaqjen e një efekti gjenetik.

Efektet e mësipërme quhen efekte stokastike ose probabilitare, sepse ndodhja e tyre ka karakter probabilitar (mund të ndodhë ose të mos ndodhë). Kjo mundësi ose probabilitet ekziston (ndonëse është shumë i vogël) edhe për doza shuma të vogla të rrezatimit, që do të thotë se për efektet stokastike nuk ka ndonjë dozë prag për ndodhjen e tyre. Me rritjen e dozës

së rrezatimin është e kuptueshme që mundësia e shfaqjes së këtij efekti të rritet, ndërkohë që kjo rritje nuk ndikon aspak në agresivitetin e sindromit që mund të shfaqet.

Efektet deterministike ndodhin gjatë rrezitjes së organizmit me doza të larta. Në këtë rast ndodh dëmtimi i një numri të madh qelizash, i cili shkakton nga ana e tij shfaqjen e efekteve të vrojtueshme klinike në organizmin e rezitur. Kuptohet se për shfaqjen e një dëmtimi klinikisht të vrojtueshëm është i nevojshëm dëmtimi i një numri të caktuar qelizash, rrjedhimisht është e nevojshme një dozë e caktuar ose një dozë prag. Këto efekte emërtohen si efekte deterministe (efekte që ndodhin me siguri), mbasi ato shfaqen vetëm në rastet kur doza e rrezatimit është mbi një prag të caktuar, ndërkohë që nuk ndodhin me siguri kur doza është nën këtë prag. Për efektet deterministe është e kuptueshme që agresiviteti i ndryshimit klinik do të varet në mënyrë të drejtëpërdrejtë nga doza e rrezatimit.

Efektet e rrezatimit mund të ndahen gjithashtu në **efekte akute** dhe në **efekte të vonshme**.

Efektet akute të rrezatimit shfaqen gjatë rrezitjes së organizmit me doza të larta. Këto doza ndikojnë fuqishëm në keqfunksionimin e të gjitha sistemeve të organizmit. Por meqënëse jo të gjitha organet dhe sistemet e organeve janë njëlojtë të ndjeshëm ndaj rrezatimit, jehona ose sindroma e shfaqur e organizmit gjatë një rrezitjeje me doza të larta do të varet nga vlera e kësaj doze. Dike u nisur nga ashpërsia e sindromave klasifikimi i tyre është: *sindromi hemopoetik; sindromi gastrointestinal dhe sindromi i sistemit qëndror*.

Disa efekte janë të njëjta për të gjitha kategoritë. Më konkretisht:

- të përziera dhe të vjella;
- dobësi e përgjithshme dhe shenja lodhjeje;
- rritje e temperaturës;
- ndryshime hemopoetike.

Gjatë *sindromit hemopoetik*, efektet lidhen kryesisht me indet e formimit të gjakut. Në disa raste ndryshimet në gjak janë vërejtur edhe për doza të rendit 0.2–0.5Gy. Megjithatë ndryshimet në gjak janë kurdoherë të pranishme për doza 0.5Gy.

Ky sindrom karakterizohet nga zvogëlimi i funksionimit të palcës së kockave dhe nga pasojat e dëmtimit të saj. “Sulmi” i sindromit hemopoetik paraprihet nga të përziera dhe vjellje, vetëm disa orë pas rrezitjes. Po ashtu, vërehet dobësi dhe lodhje, ndërkohë që rënia e flokëve shfaqet pas javës së dytë ose të tretë pas rrezitjes. Në rastet kur mungon trajtimi mjekësor, vdekja e organizmit mund të ndodhë një ose dy muaj pas rrezitjes.

Sindromi gastrointestinal shfaqet pas rrezitjes së organizmit me dozën rreth 10Gy dhe është pasojë direkte e dëmtimit të indeve epiteliale së bashku me dëmtimet hemopoetike. Në këtë rast vërehen të gjitha shenjat dhe simptomat e sindromit hemopoetik të shoqëruara në një shkallë më të lartë me të përziera, vjellje dhe diarre. Vdekja në këtë rast vjen pas disa javësh, pavarësisht nga trajtimi mjekësor.

Sindromi i sistemit nervor qendror shfaqet për doza mbi 20Gy, krahas dëmtimeve të tjera të organizmit. Në këtë rast ndodh humbja e ndërgjegjes vetëm pak minuta pas rrezitjes, ndërkohë që vdekja e organizmit vjen pas disa orësh ose ditësh.

Tabela 1. Efektet dëmtuese të rrezatimeve në varësi të dozës

Doza e përthithur (Gy)	Efekti i vrojtuar
0 – 0.5	Asnjë dëmtim i dukshëm
0.5 - 2	Ndryshime hemopoetike
2 - 4	Sindromi i rrezatimit
4 - 6	Fatale në 50% të rasteve
>6	Fatale në 100 % të rasteve

Efekte të tjera akute të rrezitjes me doza të larta vërehen në lëkurë gjatë rrezitjes me rreze X ose me rrezatim beta. Rrezitja me dozën 0.3Gy të rrezeve X (psh. në radiagnostikë) shkakton eritemën, ndërkohë që për doza më të larta ndodhin ndryshime të pigmentit, depilim, filluska uji, nekrozë, etj. Dermatitet nga rrezatimi i duarve kanë qenë mjaft të shfaqura te radiologët e viteve '20 të shekullit të kaluar.

Gonadet janë, gjithashtu, të ndjeshëm ndaj rrezatimit. Rrezitja me dozën prej 0.3Gy e gonadeve shkakton sterilitet të përkohshëm tek burrat, ndërsa tek gratë steriliteti mund të vërehet nëpërmjet ndërprerjes së menstruacioneve në varësi të dozave.

Sytë janë gjithashtu të ndjeshëm ndaj rrezatimit. Rrezitja e tyre lokale me doza të rendit të Gy shkakton konjuktivit dhe keratit.

Trajtimi mjekësor i personave të mbiekspozuar realizohet në përputhje me llojet e simptomave të përmendura më sipër dhe duhet të fillojë menjëherë pas shfaqjes së tyre në mungesë të treguesve të tjerë.

Dëmtimet e lëkurës trajtohen me anagjezikë, antiseptikë dhe antibiotikë. Kur është e nevojshme mund të kryhen ndërhyrje transplantit.

Në rastet e mbiekspozimit të ekstremiteteve mund të zhvillohen bllokime të enëve të gjakut, që çojnë në shfaqjen e gangrenës dhe në këtë rast bëhet i domosdoshëm amputimi i gjymtyrëve të mbirrezitura.

Efektet e vonshme shfaqen si gjatë rrezitjeve të vetme me doza mesatare, ashtu dhe gjatë rrezitjeve të vazhdueshme me doza të ulëta. Mbiekspozimet e vazhdueshme mund të shkaktohen si rezultat i ekspozimit të jashtëm ose si rezultat hyrjes në organizëm të lëndëve radioaktive. Në rastin e fundit lëndët radioaktive mund të fiksohen në organizëm, duke rrezitur në mënyrë të vazhdueshme indet në të cilat ato gjenden.

Ndër efektet e vonshme të rrezitjes më të rëndësishme janë shfaqja e sëmundjeve malinje dhe efektet biologjike [5].

Sëmundjet malinje shfaqen për doza të rendit të Gy , ndonëse format malinje mund të shfaqen në çdo organ pas rrezitjes së tyre. Disa prej organeve dhe indeve janë më të ndjeshëm ndaj rrezatimit se të tjerat.

Sëmundjet malinje mund të shfaqen më tepër në sistemin hemopoetik, në gjendrën tiroide, në kockat dhe në lëkurë. Në të gjitha rastet, koha e shfaqjes së formave malinje pas rrezitjes është relativisht e gjatë dhe shkon deri në 10 ose 15 vjet.

Tek punonjësit e përgatitjes së tubave të rrezeve X, vërehen shfaqje të kancerit të lëkurës në një shkallë shumë më të lartë nga ajo e punonjësve të tjerë.

Duhet nënvizuar fakti që çdo mbiekspozim ndonëse rrit probabilitetin e shfaqjes sëmundjeve malinje, nuk mund të lidhet në mënyrë të drejtëpërdrejtë me agresivitetin e shfaqjes së saj.

Leucemia përmbën një formacion malinj, që mund të shkaktohet nga mbiekspozimet e organizmit. Studimet e hershme të kryera te mjekët radiologë kanë treguar një rritje të shkallës së leucemisë te kjo kategori në lidhje me mjekët e profesioneve të tjera (si p.sh. okulistët), ndërkohë që studimet e fundit, në sajë të përmirësimit të masave mbrojtëse ndaj rrezatimit, nuk e tregojnë më këtë rritje.

Efektet gjenetike shkaktohen si rezultat i bashkëveprimit të rrezatimit me qelizat e trashëgimisë dhe më konkretisht me atomet dhe molekulat që marrin pjesë në ndërtimin e tyre. Ky bashkëveprim realizohet në veçanti me mbartësit e informacionit gjenetik që janë genet, në përbërje të të cilave qëndron acidi dezoksiribonukleik (ADN) [17].

Çdo qelizë e organizmit ka 46 kromozome (23 nga secili prind), të cilat gjatë procesit të ndarjes dyfishohen në mënyrë tepër të saktë, duke bërë që çdo qelizë e organizmit të ketë të njëjtin informacion gjenetik. Bartësit e informacionit tek kromozonet janë genet. Çdo gen është

një makromolekulë gjigande dhe tepër e ndërlikuar ADN, në të cilën informacioni gjenetik është i koduar sipas pozicionimeve ose vendosjeve së disa molekulave më të vogla të quajtura baza. Vetë ADN^{ja} ka formën e një helike të dyfishtë, lidhjen ndërmjet të të cilave e realizojnë bazat, të cilat vendosen sipas një rendi të caktuar.

Si rregull, kodi genetik është tepër i qëndrueshëm dhe kalon nga një brezni në tjetrën pa asnjë ndryshim. Por nuk përjashtohet mundësia që ai të ndryshojë nëpërmjet veprimit të agjentëve të ndryshëm kimik dhe fizik, të quajtur agjent mutagjen, të cilët mund të prishin rendin e vendosjes së bazave të ADN^{ja}. Në rastin kur ky ndryshim ndodh tek qeliza riprodhuese, individ i ri që lind nga kjo qelizë do të përmbajë një informacion të ndryshëm nga ai i prindërve ose një mutacion. Gjenetistët janë të mendimit se shumica e mutacioneve tek njerëzit janë të dëmshme.

Cilësitë mutagjenike të rrezatimit u zbuluan nga Myler (1927), i cili e studioi këtë dukuri te miza e frutave nëpërmjet rrezitjes së tyre me rreze X. Studimet e mëvonshme që u kryen në organizma të ndryshëm, vërtetuan cilësitë mutagjenike të rrezatimit.

Sipas të dhënave statistikore shkalla e shfaqjes së mutacioneve spontane tek njerëzit është 4 për 10000 lindje. Ndërkohë, vlerësohet që doza gonadore për dyfishimin e shkallës së shfaqjes së mutacioneve të njerëzit është 1Gy . Duke pranuar literaturën e lidhjes dozë-mutacion, mund të arrihet në përfundimin që rrezitja e prindërve me dozën 10mGy do të shkaktonte një rritje prej 4 mutacione për 1 milionë lindje.

Një efekt tjetër i rrezatimit, që mund të klasifikohet si efekt gjenetik, është shfaqja e zhvillimit të vonuar mendor tek fëmijët që janë rrezitur në embrion. Ky efekt është veçanërisht i shfaqur tek fëmijët që janë rrezitur ndërmjet javës së tetë dhe të shtatëmbëdhjetë të shtatëzanisë, e cila është e lidhur me rritjen e shpejtë të numrit të neuroneve tek embrioni.

KAPITULLI III

EKSPOZIMET PROFESIONALE, MJEKËSORE DHE PUBLIKE

3.1 Llojet e ekspozimeve ndaj rrezatimeve

Standartet Bazë të Sigurisë për Mbrojtjen nga Rrezatimi, përcaktojnë tri kategori ekspozimesh [21]:

- ***Ekspozimet profesionale*** janë ekspozimet e punonjësve të cilët përdorin në punën e tyre burime të rrezatimit, të çdo lloji dhe forme, që nuk përjashtohen nga standardet, të cilat ndodhin gjatë punës së tyre normale me këto burime [20].

Ekspozimet profesionale në çdo rast duhet të jenë në përputhje me dozat kufi të vendosura nga organet e specializuara dhe duhet të kontrollohen në mënyrë periodike. Punonjësve profesionistë me burime të rrezatimeve, u sigurohet mbrojtja e nevojshme nga rrezatimet nëpërmjet përdorimit të mjeteve dhe pajisjeve mbrojtëse. Punonjësit profesionistë i nënshtrohen paraprakisht dhe periodikisht kontrolleve mjekësore për të pasur parasysh gjendjen e tyre shëndetësore si rezultat i veprimit të rrezatimeve jonizuese. Nëpërmjet këtyre kontrolleve të cilat bazohen në parimet e mjekësisë së punës, synohet të mbahet nën kontroll gjendja shëndetësore dhe përputhshmëria e kësaj gjendjeje me kërkesat e vendit të punës.

Masë e rëndësishme për uljen e ekspozimeve profesionale është trainimi i posaçëm i këtyre punonjësve. Matja e ekspozimeve profesionale sigurohet me aparatura monitoruese të përshtatshme si dozimetria me film ose dozimetria termolumineshente. Të gjitha rezultatet e matjeve regjistrohen dhe ruhen për afate të përcaktuara kohore. Punonjësit profesionist që janë trainuar për një procedurë të caktuar, nuk mund të përfshihen në procedura të tjera për të cilat ata nuk kanë kualifikimin e nevojshëm.

Lidhur me ekspozimet profesionale, merr një rëndësi të posaçme klasifikimi i zonave të punës së këtyre punonjësve. Zonat e punës ndahen në zona të kontrolluara (zona A) dhe në zona të mbikëqyrura (zona B) [20]. Për të parat merren masa të posaçme për të kontrolluar ekspozimet e punonjësve ose monitoruar ndotjet e mundshme radioaktive. Në përcaktimin e kufijeve të zonave të kontrolluara mbahen parasysh vlerat e ekspozimeve normale të pritshme, mundësia e shtrirjes së ekspozimeve aksidentale si dhe natyra dhe shkalla e masave mbrojtëse etj. Zonat e kontrolluara mbrohen, nga pikëpamja fizike, me barriera të posaçme si mure, dyer të

posaçme. Ato pajisen me aparatura që monitorojnë nivelet e rrezatimit si dhe në to vendoset shenja e rrezikut nga rrezatimet. Në zonën e kontrolluar hyjnë vetëm punonjësit profesionistë me burimet e rrezatimeve dhe hyrja në to është gjithmonë e kontrollueshme. Ato kanë vende të posaçme për ruajtjen e pajisjeve dhe të mjeteve mbrojtëse, të pajisjeve monitoruese dhe të veshjeve të posaçme. Hyrjet në zonat e kontrolluara me burime rrezatimesh të aktiviteteve shumë të larta pajisen edhe me aparatura sinjalizuese zanore ose dritore, të cilat në raste të caktuara, mund të vënë në lëvizje organet e rendit publik. Në to mund të vendosen edhe barkode që lejojnë hyrje-daljet e punonjësve që pajisen me kode të caktuara.

Zonat e mbikëqyrura janë zona ku ekspozimet e punonjësve mbahen nën kontroll, ndonëse si rregull nuk parashikohen masa të posaçme mbrojtëse. Edhe zonat e mbikëqyrura kufizohen me barriera për të mbajtur në kontroll hyrjet dhe daljet e punonjësve. Këto zona mbahen nën kontroll edhe për faktin që në to mund të ketë nevojë për masa të reja mbrojtëse.

Punonjësit profesionistë që punojnë në këto zona, informohen rregullisht për rreziqet që vijnë nga ekspozimet e tyre profesionale si dhe për masat mbrojtëse në vendet e tyre të punës. Punonjëset gra ose vajza informohen gjithashtu për rreziqet që paraqet rrezatimi për një barrë të mundshme. Sikurse nënvizuam, punonjësit profesionistë pajisen me mjete mbrojtëse për të ulur nivelet e ekspozimit që ata mund të marrin në vendet e punës. Këto pajisje mirëmbahen duke synuar që ato të jenë kurdoherë në gjendje gadishmërie dhe të sigurojnë uljen e niveleve të rrezatimeve deri në ato të përcaktuara paraprakisht. Për uljen e ekspozimeve profesionale vendet e punës mbahen në monitorim të vazhdueshëm, sipas programeve të përcaktuara paraprakisht nga shërbimi i mbrojtjes nga rrezatimet.

- **Ekspozimet mjekësore** janë ekspozimet e pacientëve për qëllime diagnostikimi dhe terapie si dhe ekspozimet e personave vullnetarë, që ndihmojnë pacientët gjatë procedurave të ndryshme, në të cilat përfshihen burime të rrezatimit [12].

Ekspozimet mjekësore, në radhë të parë, duhet të justifikohen duke mbajtur mirë parasysh përfitimet e procedurave diagnostikuese ose terapeutike që ato prodhojnë dhe dëmtimet nga rrezatimi që ato mund të shkaktojnë, duke i krahasuar me përfitimet dhe rreziqet e teknikave alternative që janë në përdorim si: tomografia e kompjuterizuar (CT), që përdor rrezet X me rezonancën magnetike ku nuk kemi praninë e rrezatimit X.

Nuk është e rekomandueshme, gjithashtu, depistimi masiv i grupeve të popullatës me rreze X pa patur indikacionet e nevojshme, sepse kjo do të rriste në mënyre mjaft të madhe dozën e popullatës nga ekspozimet mjekësore.

Ekspozimet mjekësore, për qëllime kërkimi, nuk mund të justifikohen përsa kohë që ato janë në kundërshtim me dispozitat e konventave ndërkombetare sidomos me ato të OBSH [54].

Gjatë ekspozimeve mjekësore merren të gjitha masat e nevojshme për të parandaluar defektet dhe gabimet njerëzore, duke nisur nga përzgjedhja e stafit mjekësor, përcaktimi i procedurave të rregullta për kalibrimin e aparaturës, kontrollin e cilësisë dhe sigurimin e cilësisë së tyre. Stafi mjekësor trajnohet në mënyrë periodike për të përdorur aparatet e reja që shfrytëzohen e ekzamiminimet dhe terapinë me rrezatime.

Një masë e rëndësishme gjatë ekspozimeve mjekësore është hartimi i një plani të emergjencave që mban parasysh ngjarjet e mundshme që mund të çojnë në mbiekspozimin e pacientëve [23].

Është e nevojshme që mjeku, i cili rekomandon ekzaminimin, të sigurohet plotësisht që ky ekzaminim të jetë i domosdoshëm për të marrë informacionin e nevojshëm lidhur me simptomat e sëmundjes për të cilën ka indikacione dhe nuk mund të zëvendësohet me ekzaminime alternative si p.sh. ekografia. Ndërkohë stafi mjekësor që kryen ekzaminimin, duhet të kujdeset që të merren imazhe sa me cilësore me doza minimale. Kështu, përcaktohet me saktësi zona e organizmit që do të ekzaminohet, numri i ekspozimeve, lloji i marrësit të imazhit. Është e rëndësishme që gjatë ekzaminimeve të merren masa për kolimimin dhe diafragmimin e tufës së rrezatimeve në organin që do të ekzaminohet, të përcaktohet saktë tensioni i lartë, rryma dhe koha e ekspozimit të aparateve [25]. Në rastin kur përdoren pajisje rrezatuese të lëvizshme, merren masa të posaçme për mbrojtjen e personelit dhe të njerëzve të tjerë të pranishëm.

Rëndësi e veçantë i jepet ekspozimit të grave shtatzëna lidhur me zonën e barkut ose të legenit që janë në afërsi direkte të embrionit ose fetusit.

Personeli mjekësor që kryen ekzaminimet, sigurohet që në çdo rast ekspozimi i pacientit të jetë minimal për arritjen e objektivit që kërkohet, të mbajë parasysh ekspozimet e mëparshme të pacientit dhe ti përmbahet normave të vendosura për rrezatimin e pacientëve.

Gjate ekspozimeve terapeutike duhet të mbahet parasysh që indet normale të organizmit të rrezatohen sa më pak që të jetë e mundur, në mënyrë të veçantë kur ato kryhen në afërsi të barkut ose legenit të grave shtatzëna ose të moshës riprodhuese. Në të gjitha rastet pacientet duhet të informohen për rreziqet e mundshme nga ekspozimet ndaj rrezatimit.

Gjatë ekzaminimeve të pacienteve kryhet vlerësimi i dozës hyrëse sipërfaqësore, fuqia e dozës dhe koha e ekspozimit. Kjo me qëllim që të njihet sa më mirë doza e rrezatimeve që i jepet pacientit.

Rëndësi marrin rastet e aksidenteve që ndodhin gjatë ekzaminimeve mjekësore, të cilat duhet të trajtohen me kujdes të veçantë për të percaktuar kur është e mundëshme doza aksidentale e pacientit [24]. Çdo ekzaminim me rrezatime i pacientëve duhet të regjistrohet dhe të evidentohet qartë në mënyrë që personeli mjekësor të jetë në gjendje të gjykojë për nevojën e një ekzaminimi ose për dozën e grumbulluar nga pacientët gjatë një intervali të caktuar kohe.

Ekspozimet mjekësore kanë si tendencë rritjen e tyre nga një dekadë në tjetrën. Kjo kushtëzohet me futjen e aparateve të reja diagnostikuese dhe terapeutike si dhe me tërheqjen e një numri më të madh njerëzish që kalojnë në këto procedura. Nëse në vitet '80 doza mesatare nga ekspozimet mjekësore për çdo njeri në shkallë botërore ishte $0.2mSv$ në vit, në vitet 2000 ajo u dyfishua ($0.4mSv$) dhe sot ka tendencën për t'u trefishuar.

- **Ekspozimet publike** janë ekspozimet e publikut ndaj burimeve të ndryshme të rrezatimeve që ekzistojnë si për shkak të sfondit natyror të rrezatimit ashtu dhe punës së instalimeve bërthamore si: centraleve bërthamore, qendrave kërkimore bërthamore etj. [26].

Mbrojtja e publikut sigurohet jo vetëm nga zbatimi me rigorozitet i masave mbrojtëse në institucionet që përdorin burime të rrezatimeve jonizuese, por edhe nga puna e organeve mbikqyrëse të cilat p.sh. janë përgjegjëse për nivelet e rrezatimeve në institucione që përdorin burime të rrezatimeve ose për nivelet e radonit në vende të ndryshme të hapura apo të mbyllura.

Për këtë qëllim, burimet e rrezatimeve duhet të vendosen në vende që sigurojnë mbrojtjen prej tyre jo vetëm të punonjësve, por edhe të publikut që mund të jetë i pranishëm në vende afër ose në afërsi ose që janë pranë një burimi.

Dozat e publikut mund të rriten edhe nepërmjet vizitave që ata u bëjnë pacientëve në vendet ku ndodhen burime të rrezatimeve. Kjo shtrihet detyrën që për këta vizitorë të ketë një shoqërues, i cili t'i udhëzojë gjatë vizitës së tyre. Dozat e ekspozimit publik mund të rriten edhe në vendet ku ka burime të rrezatimeve, si rezultat i ndryshimeve që mund të ndodhin brenda institucionit ose në institucione të reja me pak eksperiencë, institucioneve ku ndodhen burime të rrezatimeve. Për të shmangur këto ekspozime shtesë, del si nevojë që për institucionet e reja të bëhet një kontroll rigoroz i të gjitha vendeve që mund të kenë nivele të larta të rrezatimeve, si pllaka të pasuruara me përmbajtje radiumi ose toriumi.

Një burim i rëndësishëm i ekspozimeve publike janë mbetjet radioaktive, të cilat duhet të trajtohen sipas rregullave të caktuara [16]. Shpeshherë institucionet shëndetësore, por edhe institucione të fushave të tjera, duke i trajtuar pa kujdes këto mbetje dhe duke i depozituar ato në vende të papërshtatshme, mund të vendosi në kontakt publikun me burimet e rrezatimeve, e cila ndikon në mënyrë të drejpërdrejtë në rritjen e ekspozimeve publike. Me shume rrezik është shkarkimi i mbetjeve të lëngëta radioaktive në kanalizimet urbane, mbasi në këtë rast burimet radioaktive ndotin sistemet e ujësjellës-kanalizimeve. Gjithashtu, edhe groposja e mbetjeve radioaktive në vende të papërshtatshme bën që ato të hyjnë në ciklin biologjik të njerëzve. Për këtë arsye, mbetjet radioaktive duhet të trajtohen në përputhje me rregullat e përcaktuara nga autoritetet shtetërore për trajtimin e posaçëm të këtyre mbetjeve.

Publiku mund të ekspozohet edhe gjatë transportit të burimeve radioaktive me mjete të rastit ose me mjete të posaçme por të pajisura jo sikurse duhet.

Burim tjetër i rëndësishëm i ekspozimit të publikut janë aksidentet në punën me burime të rrezatimeve jonizuese. Kështu, publiku mori doza të larta ekspozimi gjatë aksidentit të Çernobilit në Ukrainë dhe të Fukushima në Japoni.

Produktet e konsumit që përmbajnë materiale radioaktive në sasira të vogla janë gjithashtu një burim i vogël, por jo i parëndësishëm i rritjes së ekspozimeve publike. Këto produkte, në rastet kur përmbajnë material radioaktiv mbi nivelet e përcaktuara, mund të bëhen burim i ekspozimeve publike. Disa pajisje si p.sh. ndriçuesit me gaz që përdoren në vende ku nuk ka rrymë elektrike në mënyrë të vazhdueshme, kanë një rrjetë që është e përbërë nga toriumi. Si rezultat i nxehtësisë që krijohet në ndriçues, toriumi del në mjedisin përreth dhe mund të hyjë brenda organizmit të njeriut duke rrezikuar shëndetin e tij.

3.2 Standardet e mbrojtjes nga rrezatimet

Standardet e mbrojtjes nga rrezatimet jonizuese kanë tërhequr vëmendjen e specialistëve dhe organizatave të specializuara ndërkombëtare, në veçanti të Agjencisë Ndërkombëtare të Energjisë Atomike, që në vitet e para të përdorimit masiv të këtyre rrezatimeve. Vetëm pak vite pas krijimit të ANEA (1957) një nga dokumentet e saj themelore ishte botimi “Standardet Bazë të Mbrojtjes nga Rrezatimet” [10]. Ky dokument i rëndësishëm është rishikuar vazhdimisht në vitet e mëvonshme duke patur si tendencë të përgjithshme uljen e vlerave të këtyre standardeve. Rishikimi i fundit i standardeve të mbrojtjes nga rrezatimet është bërë në vitin 2011 [21].

Qëllimi i hartimit dhe zbatimit të standardeve të mbrojtjes nga rrezatimet është që të përcaktojë kërkesat bazë për sigurimin e një mbrojtje sa më të mirë ndaj rrezatimeve dhe, rrjedhimisht, minimizimin e rreziqeve që vijnë nga ekspozimi ndaj tyre. Standardet janë zhvilluar mbi bazën e rekomandimeve të Komisionit Ndërkombëtar të Mbrojtjes nga Rrezatimet dhe parimeve të vendosura nga ky Komision. Ato sigurojnë mbrojtjen nga të gjitha llojet e rrezatimeve si dhe nga të gjitha instalimet bërthamore, duke filluar nga ato më të thjeshtat dhe deri në centralet bërthamore.

Standardet e mbrojtjes nga rrezatimet përmbajnë kërkesat bazë që duhet të përmbushen nga vendet e ndryshme në të gjitha aktivitetet me burime të rrezatimeve. Standardet janë hartuar në formën e rekomandimeve dhe pothuajse të gjitha vendet, në punën e tyre për hartimin e masave mbrojtëse janë udhëhequr nga këto rekomandime, sikurse është bërë edhe në vendin tonë [33].

Standardet sigurojnë mbrojtjen për njerëzit që i ekspozohen rrezatimeve si dhe sigurisë së rrezatimeve, e cila lidhet me ndërtimin dhe funksionimin e pajisjeve rrezatuese. Sipas standardeve, përgjegjësia kryesore për mbrojtjen dhe sigurinë e rrezatimeve bie mbi atë që përdor burime të rrezatimeve si dhe ekspertëve të mbrojtjes nga rrezatimet, të cilat mbikëqyrin zbatimin e rregullave të posaçme. Por, nga kjo përgjegjësi nuk janë të përjashtuar edhe palë të tjera si: autoritetet, punonjësit e institucioneve, stafi mjekësor, personat që bashkëpunojnë për realizimin e një mbrojtjeje të sigurt.

Standardet shtrihen mbi të gjithë përdoruesit e materialeve radioaktive në mjekësi, industri, bujqësi, arsim si dhe në çdo institucion që zhvillon aktivitete të lidhura me përdorimin e burimeve të rrezatimeve. Burimet e rrezatimeve mbi të cilat shtrihen standardet,

janë materialet radioaktive, pajisjet që përmbajnë materiale radioaktive, gjeneratorët e rrezatimit, instalimet që prodhojnë materiale radioaktive, minierat e uraniumit dhe toriumit, përpunuesit e materialeve radioaktive.

Ekspozimet mbi të cilat shtrihen këto standarde janë ekspozimet profesionale, ekspozimet mjekësore dhe ekspozimet publike.

Standardet shtrihen edhe mbi burimet natyrore të rrezatimeve, duke i konsideruar këto si situata ekspozimi të vazhdueshëm. Megjithatë, në rast përqëndrimi të lartë të radonit në vendet e punës, si: minierat, masat për mbrojtjen prej tij janë të njëjta me masat mbrojtëse që merren gjatë punës nga burimet e rrezatimeve, që krijojnë doza të larta jashtë ose brenda organizmit të njeriut.

Standardet përcaktojnë edhe të ashtuquajturat nivele të përjashtimit [13]. Kështu, nëse një burim radioaktiv ka një përmbajtje të ulët të materialit radioaktiv, i cili krijon një dozë më të vogël ose të barabartë me 10 mikroSivert në vit, do të konsiderohet një burim i përjashtuar, pra një burim mbi të cilin nuk shtrihen kërkesat e standardeve. Po ashtu, standardet përcaktojnë edhe nivelet e përqëndrimit të materialeve radioaktive në mbetjet e ngurta, të lëngëta dhe të gazta që mund të shkarkohen në mjedis. Këto nivele janë thujse të njëjta me nivelet e përjashtimit të burimeve radioaktive, të cilat përshkruhen në këto standarde.

Standardet përcaktojnë dozat kufi të ekspozimet profesionale, duke operuar me dozën efektive dhe dozën ekuivalente [25]:

- Doza efektive për gjithë organizmin prej 20 mSv në vit ose doza prej 100 mSv e mesatarizuar për pesë vite të njëpasnjëshme;

- Doza efektive prej 50 mSv për një vit të vetëm;

- Doza ekuivalente në kristalinin e syrit 20 mSv në vit;

- Doza ekuivalente në ekstremitete (duar dhe këmbë) ose në lëkurë prej 500 mSv në vit.

Për ekspozimet mjekësore Standardet Bazë nuk përcaktojnë ndonjë kufi doze, ndërkohë që për to përcaktohen *“Nivelet udhëzuese për dozën, fuqinë e dozës dhe aktivitetin”*.

Mosdhënia e kufirit të dozës për ekspozimet mjekësore është e kuptueshme nga fakti që procedura të njëjta me rrezatim mund të krijojnë doza të ndryshme në organizëm, të cilat janë të nevojshme për përcaktimin e diagnozës dhe që ndryshojnë sipas llojeve të aparaturave në përdorim dhe aftësive profesionale të mjekut ose teknikut radiolog. Megjithatë, në çdo rast nivelet udhëzuese shërbejnë si vlera orientuese për dozat që duhet të marrin pacientët gjatë procedurave të ndryshme me rrezatim. Ato duhet të mbahen parasysh nga ana e personelit

mjekësor, i cili duhet të marrë të gjitha masat e nevojshme për mostejkalimin e tyre gjatë kryerjes së procedurave me rrezatim [23].

Vlerat e dozave të hyrjes në sipërfaqen e organizmit për radiografite të disa organeve sipas Niveleve Udhëzuese janë: 0.4mSv për toraksin, 10mSv për abdomenin, 5mSv për ekspozimet dentare, 50mSv për skanimin e kokës etj.

Për ekspozimet publike sipas Standarteve Bazë përcaktohen këto kufij:

- Doza efektive prej 1mSv në vit;
- Doza efektive prej 5mSv në vit në raste shumë të posaçme, me kusht që doza mesatare për pesë vitet e mëvonshme (të njëpasnjëshme) të mos e kalojë 1mSv në vit;
- Doza ekuivalente në kristalinin e syrit prej 15mSv në vit;
- Doza ekuivalente në lëkurë prej 50mSv në vit.

Zbatimi i standardeve duhet të shihet si një detyrim serioz dhe i rëndësishëm për çdo institucion që përdor burime të rrezatimeve. Vitet e fundit flitet për të ashtuquajturën “kulturë e sigurisë” (safety culture) së rrezatimeve [22].

Me këtë term nënkuptohet zotimi kolektiv i një institucioni për të zbatuar me rigorozitet çdo standard të rrezatimeve, i cili e bën këtë veprimtari të parrezikshme për stafin, pacientët dhe publikun. Organizatat ndërkombëtare, organizojnë çdo vit seminare për këtë temë, duke synuar tërheqjen e sa më shumë vendeve dhe institucioneve në kulturën e sigurisë, si një parakusht për sigurimin e një pune sa më të parrezikshme me rrezatimet.

3.3 Parimet e mbrojtjes nga rrezatimet

Mbrojtja nga rrezatimet realizohet nga specialistët e kualifikuar për problemet e sigurisë së rrezatimeve në bashkëpunim me punonjësit që përdorin burime të rrezatimeve jonizuese, duke i dhënë kësaj veprimtarie formën e një pune në grup, ku secili pjesëmarrës kryen detyrat e tij. Në themel të masave mbrojtëse nga rrezatimet qëndrojnë tri parime kryesore të formuluar nga Komisioni Ndërkombëtar i Mbrojtjes Radiologjike [26]. Këto parime synojnë që të gjitha veprimtaritë me burime të rrezatimeve jonizuese, ta vendosin mbi baza sa më të sigurta për mbrojtjen e personelit të angazhuar me burimet e rrezatimeve, të pacientëve që u nënshtrohen ekspozimeve mjekësore, si dhe për ekspozimet publike në tërësi. Parimet përcaktojnë filozofinë e mbrojtjes nga rrezatimet dhe qëllimi final i zbatimit të tyre është shmangia me sa të jetë e mundur e ndodhjes së efekteve deterministike dhe minimizimi sa më i mundshëm i shfaqjes së efekteve stokastike.

Parimet e mbrojtjes nga rrezatimet janë tri dhe emërtohen si më poshtë:

1. *Parimi i justifikimit:* Sipas këtij parimi, praktikat që shkaktojnë ose mund të shkaktojnë ekspozime ndaj rrezatimeve përdoren vetëm në rastet kur ato sigurojnë përfitime të mjaftueshme të individit të ekspozuar ose të shoqërisë në përgjithësi, në krahasim me dëmtimet nga rrezatimi që ato shkaktojnë ose mund të shkaktojnë. Sikurse shihet ky parim konfirmon faktin që në çdo procedurë me rrezatimet ekziston rreziku për një dëmtimin qoftë edhe i vogël i organizmit të njeriut, porse ky dëmtim është plotësisht i justifikuar nga informacioni që meret nëpërmjet një procedure diagnostikimi ose terapie me rrezatime.

Këtu hyjnë në radhë të parë praktikat e ekspozimeve mjekësore, duke përfshirë diagnostikimin dhe terapinë, praktikat e përdorimit të burimeve radioaktive në industri, kërkim ose arsim, ndërkohë që ky parim nuk favorizon përdorimin e materialeve radioaktive në produktet e konsumit si p.sh. te lodrat, kozmetika, orët fosforeshente, llampat ndriçuese me rrjetë toriumi etj.

2. *Parimi i kufizimit të dozave:* Sipas këtij parimi, dozat individuale nga të gjitha praktikat me rrezatime jonizuese duhet të jenë të kufizuara, pra nuk duhet të kalojnë kufijtë e përcaktuar të dozave për një praktikë të dhënë nga standardet bazë, qoftë edhe në formën e niveleve udhëzuese të rrezatimeve. Këto nivele të dozave përfshijnë dozën efektive totale ose dozën në një organ të caktuar dhe duhet të jenë të kufizuara në mënyrë të tillë që të mos kalohen nga kombinime të ndryshme praktikash, që mund të tejkalojnë kufijtë e vendosur për

këto doza. Parimit të kufizimit i nënshtrohen edhe përqendrimet e materialeve radioaktive në një mjedis ose sasi të materialeve radioaktive që mund të hyjnë në organizmin e njeriut. Dozat kufi duhet të konsiderohen si kufiri i sipërm i dozave, të cilat në çdo rast jo vetëm që nuk duhet të tejkalohen, por edhe të merem masa për uljen sa më të madhe të tyre. Ky parim plotësohet me parimin e optimizimit të mbrojtjes nga rrezatimet.

3. Parimi i optimizimit: Sipas këtij parimi, burimet dhe pajisjet rrezatuese duhet të kenë mbrojtje të tillë që shkalla, mundësia e ekspozimit dhe numri i individëve të ekspozuar, të jenë sa më të vegjël, që mund të arrihen në mënyrë të arsyeshme ose praktike, duke mbajtur parasysh faktorët ekonomik dhe social të vendit. Parimi i optimizimit të mbrojtjes nga rrezatimet njihet ndryshe edhe si parimi ALARA (As Low As Reasonably Achievable) [55]. Optimizimi nënkupton faktin që dozat nga ekspozimet profesionale, mjekësore dhe publike, duhet të jenë sa më ultat në lidhje me vlerat kufi ose me nivelet udhëzuese dhe sa më të vogla të mundshme nga ana praktike. Për të optimizuar një mbrojtje të caktuar p.sh. në një institucion mjekësor, është e nevojshme të dihet koha reale e punës nën rrezatim, numri i punonjësve që kryen një procedurë të caktuar, si dhe nivelet faktike të rrezatimit në vendet e punës, të cilat sigurohen nga kjo mbrojtje. Nga ana tjetër rol luajnë edhe kushtet sociale dhe ekonomike të një vendi të caktuar si dhe prioritetet e mbrojtjes nga rrezatimet. Në qoftë se i referohemi dozës efektive ose dozës kolektive, procesi i optimizimit duhet të mbajë parasysh koston monetare që nevojitet në vende të ndryshme për të ulur këto doza për një grup të caktuar popullate ose të gjithë popullatës.

P J E S A E K S P E R I M E N T A L E

KAPITULLI IV

SISTEMI DOZIMETRIK TERMOLUMENESHENT “THERMO SCIENTIFIC” DHE KALIBRIMI I DOZIMETRAVE

#

4.1 Përshkrimi i sistemit dozimetrik “Thermo Scientific”

Sistemi dozimetrik që ndodhet në dispozicion të Institutit të Fizikës Bërthamore të Zbatuar, është prodhim i firmës *Thermo Scientific*. Pjesa themelore e këtij sistemi përbëhet nga lexuesi i kartave dozimetrike, i cili është i tipit Harshaw 4500 (figura 9). Ky tip është një prej modeleve me të përhapura në shkallë botërore të instrumenteve që përdoren për dozimetrinë termolumineshente (TLD) [47]. Sistemi bën të mundur matjen e një shumëllojshmërie të gjerë materialesh termolumineshente TL të formave dhe masave të ndryshme si kartave TL, kristaleve dhe kokrizave TL (figura 10).



Figura 9. Sistemi dozimetrik Harshaw 4500



Figura 10. Sirtari matës i sistemit

Në brendësi të aparatit matës (lexuesit) janë të montuar dy tuba fotoshumëzuesish elektronik. Këta të fundit përdoren për transformimin e energjisë së rrezatimit dritor që lëshojnë kartat TL gjatë procesit të ngrohjes së tyre, në impulse elektrike si dhe për përforcimin e këtyre sinjaleve.

Kartat termolumeneshente përbëhen nga dy kristale TLD-100 (LiF;Mg;P;Ti) të vendosur në një mbajtëse alumini dhe të kapsuluara në fletë të holla tefloni të tejdukshme. Ngrohja e kristaleve realizohet nëpërmjet gazit të nxehtë të azotit që prodhohet nga një gjenerator i

posaçëm azoti, i cili bën pjesë në kompletin e sistemit matës dozimetrik termolumeneshent. Për ngrohjen e dozimetrave të formave të ndryshme (si p.sh. pluhur) përdoret një planshet metalike, në të cilën kalon rrymë elektrike që realizon ngrohjen e dozimetrit ose materialit TL. Matjet e kristaleve TL kryhen në një mjedis azotit, i cili duke mos pasur veti oksiduese nuk ndikon në vlerën e matjeve që kryhen te kristalet, ndërkohë që prania e oksigjenit me veti oksiduese ndikon në vlerën e matjeve të kristaleve TL nëpërmjet fërkimit me sipërfaqen e kristaleve. Ky proces mban emrin *tribotermolumeneshencë*, dhe bëhet shkak për të formuar sinjale të rreme, të cilat ndikojnë në saktësinë e matjeve [30].

Sistemi dozimetrik termolumeneshent “ThermoScientific” ka si element kryesor lexuesin e kartave TL. Në anën e djathtë të lexuesit ndodhet butoni i ndezjes-fikjes, ndërsa në pamjen ballore ndodhet butoni i fillimit të procesit të matjes së kristaleve (**Start**). Në krah të këtij butoni ndodhen katër indikatorë dritor që kontrollojnë dhe monitorojnë punën. Indikatorët (dritat) janë të emërtuara sipas funksioneve që aparatura është duke kryer: drita e gjelbër (**Ready**) ndizet gjithmonë para se të shtypet butoni **Start**. Drita e gjelbër (**Power**) qëndron e ndezur gjatë gjithë kohës kur aparatura është në punë. Drita portokalli (**Cycle**) qëndron e ndezur kur aparati po kryen procedurën e matjes dhe, së fundi, drita e kuqe (**Fault**) ndizet kur kemi probleme me leximin e kartave dozimetrike, si p.sh. ndërprerje të gazit azot ose ndonjë efekt tjetër jo normal gjatë procedurës së matjes.

Sistemi matës përbëhet nga dy komponentë: *lexuesi TLD* dhe *softweri WinREMS* që ndodhet në kompjuter, i cili është i lidhur me lexuesin.

Sistemi i nxehjes së gazit është i kontrolluar nga pikëpamja e ngritjes së temperaturës, e cila mund të arrijë deri në 400⁰C për gazin dhe 600⁰C për planshetën. *Lexuesi Harshaw 4500* mund të lexojë njëherësh karta dozimetrike TLD-100, në të cilat ndodhen 2 kristale (rrezatimi gama) ose 4 kristale (rrezatimin miks gama + neutronik) në varësi të fushave të rrezatimeve që duam të masim (figura 11).

Siç u përmend më sipër, për të furnizuar me gaz lexuesin Harshaw 4500 përdoret një gjenerator i gazit të azotit. Ky gjenerator, për të prodhuar gazin e azotit, përdor ndarjen e ajrit atmosferik në pjesët përbërës të tij. Siç dihet, ajri përbëhet nga elementët e mëposhtëm: 78% N₂, 20.9% O₂, dhe 1 % CO₂, CO dhe gaze të tjerë.

Ndarja e azotit nga përbërësit e tjerë të ajrit në gjenerator kryhet duke absorbuar molekulat e oksigjenit dhe të gazeve të tjera dhe duke lënë të lirë vetëm molekulat e azotit.

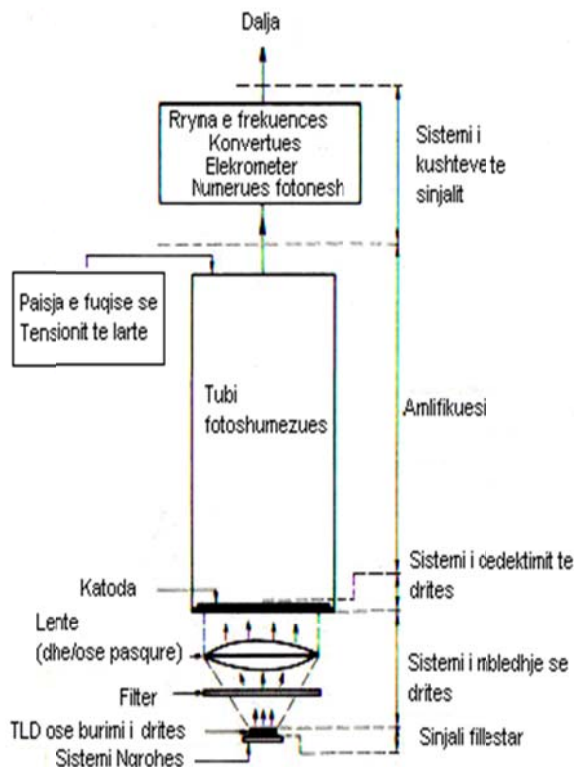


Figura 11. Paraqitja skematike e sistemit të lexuesit TLD

Në bazën e kësaj metode që mban emrin *PSA (Pressure Swing Adsorption - Absorbimi me Rrotullim nën Presionit)* qëndrojnë sitat molekulare të karbonitë aktiv, të cilat absorbojnë oksigjenin dhe molekulat e avujve të ujit, duke lënë të kalojnë molekulat e azotit. Enët e shtrateve të sitave të presuara mbushen me sita molekulare të karbonit (CMS). Më pas, molekulat që mbeten në CMS, largohen nga sitat nëpërmjet procesit të shpëlarjes së tyre, që realizohet duke ulur presionin deri në vlera të barabarta me presionin atmosferik. Kështu, pas këtij procesi, sitat molekulare janë gati për ndarjen e azotit nga oksigjeni në një rrymë të re ajri (figura 12).

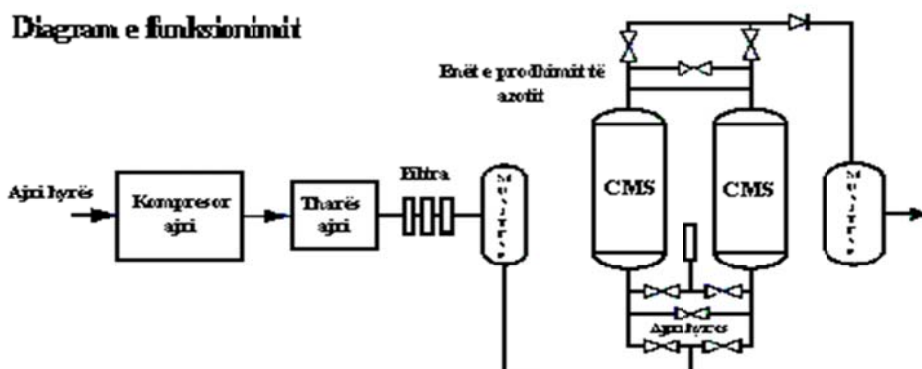


Figura 12. Skema principiale e funksionimit të gjeneratorit të azotit

Gjeneratori i azotit prodhon azot me pastërti shumë të lartë (99.9%), me anë të të cilit kryhet nxehja e kartave TLD.

Dozimetrat TLD-100 që përdoren në kontrollin dozimetrik individual për rrezatimet gama dhe X, përbëhen nga dy kristale të fluorurit të litiumit (LiF), të vendosura në një mbajtëse drejtkëndëshe metalike me përmasa $3 \times 4 \text{ cm}$. Kjo mbajtëse përbëhet nga një shtresë e hollë alumini, në të cilën vendosen dy kristale TLD-100 (figura 13).

Dozimetrat janë mbështjellë në një material të posaçëm (teflon), që i reziston temperaturave të larta dhe, njëkohësisht, siguron tejdukshmërinë e rrezatimit dritor që lëshojnë kristalet TL gjatë procesit të nxehjes së tyre. Mbajtësja së bashku me kristalet quhet **kartë dozimetrike** dhe është e pajisur me një numër identifikimi. Për realizimin e matjeve në fushat e rrezatimeve, karta dozimetrike futet në një kasetë të posaçme plastike, e cila ka një dritare dhe një zonë të filtruar. Kristali që ndodhet në zonën e pafiltruar (dritaren) jep informacion mbi dozën e rrezatimit të marrë në hyrje të organizmit (lëkurë), që zakonisht shënohet me H0.07, ndërsa ai i filtruari jep dozën në thellësi të organizmit, i cili zakonisht shënohet me H10. Dozimetrat TL më të përdorshëm janë me bazë *LiF* të aktivizuar me *Mg* dhe *Ti* dhe janë ndër dozimetrat më të studiuar dhe më të përdorshëm në përmasa botërore. Në mënyrë konvencionale, këto kristale shënohen me TLD-100 [49].

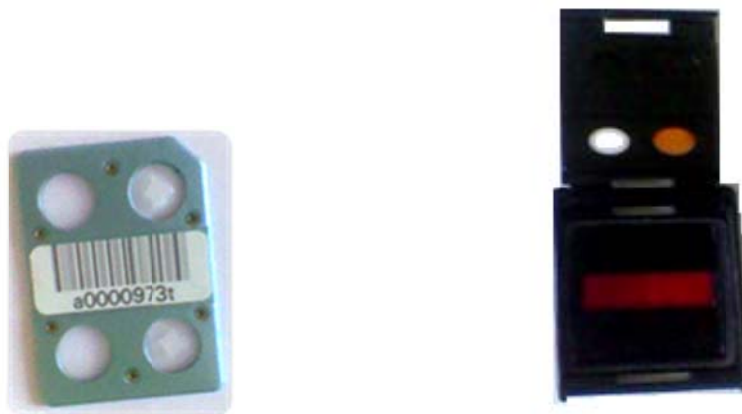


Figura 13. Karta dozimetrike TLD-100 (majtas) dhe kasetat mbajtëse (djathtas)

Procedura e matjes fillon me ndezjen e gjeneratorit, i cili siguron azot të pastër dhe të thatë, duke veçuar atë nga molekulat e tjera të ajrit me anë të sitave molekulare të karbonit (CMS) (figura 12). Pasi ndezjes, gjeneratori lihet që të stabilizohet për disa minuta, në mënyrë që të arrijë parametrat e nevojshëm për fillimin e punës duke shënuar një presion prej

$2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ose 2 bar . Njëkohësisht me gjeneratorin ndizet edhe lexuesi Harshaw i kartave TLD. Ashtu si gjeneratori, edhe lexuesi ka nevojë për një kohë prej 20 minutash, që temperatura në brendësi të tij (e tubave të fotoshumëzuesve) të arrijë 9°C .

Pasi arrihen këto kushte normale të punës në të dyja aparaturat, ndezim kompjuterin dhe startojmë programin **WinREMS**. Ky program konsiston në një seri programesh dhe një baze të dhënash (databases), të cilat drejtojnë funksionimin e lexuesit, regjistrojnë tregimet e dozimetrave të dhëna nga lexuesi. Më pas tregimet grumbullohen, përpunohen dhe paraqiten në formën e një raporti të dhënash [43].

Këto procese zbatohen përmes menusë kryesore dhe dritareve dialoguese, të cilat ekzekutojnë funksione të ndryshme. Të gjitha leximet e kartave TLD janë të grumbulluara në *Response Database*.

Në panelin e menusë së këtij software ndodhen disa komanda. Një ndër to është dhe komanda **GO**, e cila bën startimin e punës. Me klikimin e komandës **GO** hapet dritarja dialoguese *Read Dosimeters* (lexo dozimetrat). Në këtë dritare vendoset emri i grupit identifikues të dozimetrave (Group ID), në rastin tonë - CANP3; vendoset emërtimi i *TTP*-së (Time – Temperature Profile (profili kohë – temperaturë)), i cili vendoset në bazë të llojit të kartave TLD (në rastin tonë TLD-100), ndërsa tek *Acquisition Setup* vendosen proceset, të cilave do t'iu nënshtrohen dozimetrat hap pas hapi. Këto procese janë:

- I. *Pjekja (Anneal)*;
- II. *Leximi i Dozimetrave (ReadField)*.

Procesi i pjekjes së kartave TLD-100 kryhet me qëllim që informacioni, të cilin dozimetrat e kanë grumbulluar, të largohet prej tyre. Me largim të informacionit nënkuptojmë faktin që të gjithë elektronet dhe brimat e kurthuara të rikombinohen duke dalë nga kurthet, gjë që shoqërohet me daljen e fotoneve dritore. Procesi i pjekjes së kartave TLD fillon me futjen e numrit të tyre nëpërmjet skanerit me rreze lazer (barcode scanner - fig. 14) ose shkrimit me dorë të numrit të kartës në tastierë dhe shtypjes më tej të **ENTER**. Karta TLD futet në sirtarin e lexuesit dhe më pas ai mbyllet. Në lexues ndizet sinjali **READY (GATI)** dhe pas kësaj shtypet butoni **START**.

Për këtë vepkohet si më poshtë:

klikojmë GO

Në ekran shfaqet një dritare dialoguese, e cila kërkon të kryhen këto veprime:

të vendosim Group ID – CANP3

tek Acquisition Setup zgjedhim

Profilin kohë-temperaturë TTP – TLD300

Figura 14. Futja e numrit të kartës TLD me barcode-scanner

Pas këtyre veprimeve klikojmë tek komanda **Start**. Me klikimin e kësaj komande fillohet procesi i pjekjes së kartave TLD, të cilat i kemi në dispozicion. Pasi piquen të gjitha kartat, klikojmë komandën **Done**.

Programi në çdo 10 matje kërkon kryerjen e testit të zhurmës dhe testit të dritës, me qëllim kontrollin e punës normale të fotoshumëzuesve elektronik, si kusht për marrjen e leximeve të sakta.

Gjatë procesit të leximit të kartave, drita portokalli qëndron e ndezur derisa procesi të ketë përfunduar (kjo në përgjithësi ndodh kur temperatura ulet deri në 50⁰C). Në këtë mënyrë veprohet me të gjitha kartat që do t'i nënshtrohen procesit të pjekjes.

Me karta fushore kuptojmë dozimetrat që u janë dhënë punonjësve, të cilët i kanë mbajtur për një periudhë të caktuar kohore. Të gjitha këto karta do t'i nënshtrohen procesit të leximit. Për këtë veprohet si më poshtë:

klikojmë **GO**

Nuk ndryshojmë Group ID por

Tek Acquisition Setup zgjedhim:

Read Field

TTP-TLD300

Pasi kryejmë këto veprime

klikojmë **Start**

dhe kështu fillon procesi i leximit të kartave fushore TLD. Në përfundim të këtij procesi

klikojmë **Done**

Pamja e kubave termike dhe marrja e rezultatit të matjeve të kartave fushore është paraqitur në figurën 15.

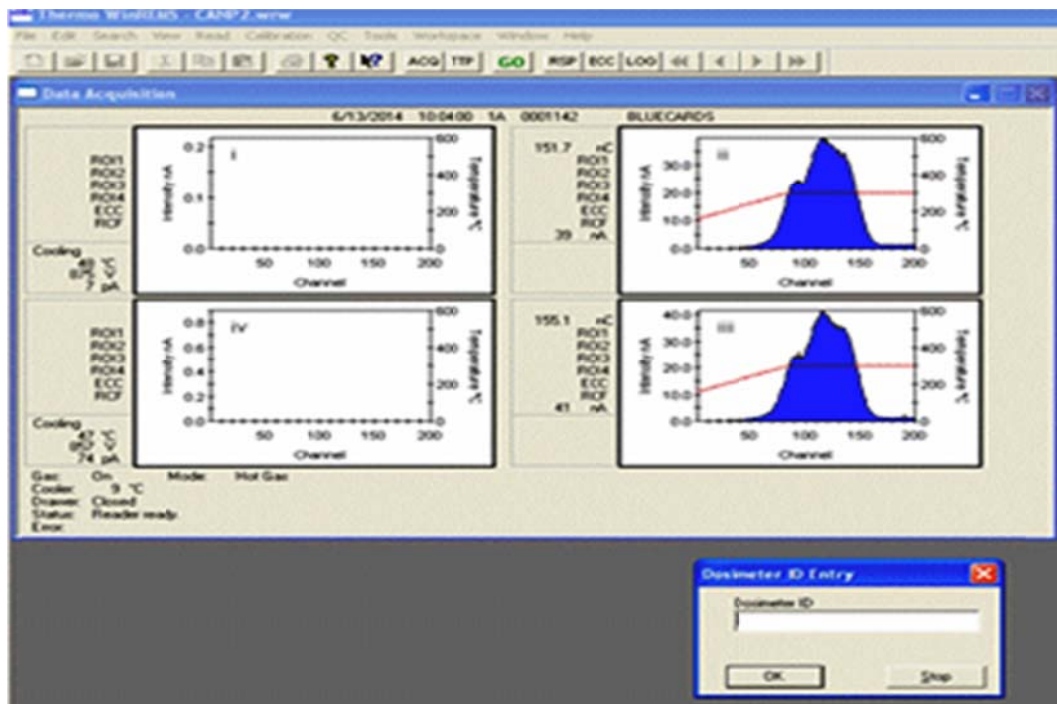


Figura 15. Kurbat termike nga matjet e kartave TLD-100

Për të marrë një raport të të dhënave të paraqitura në ekran, veprohet si më poshtë:

klikojmë RSP

zgjedhim Group ID-CANP3

Tek Acquisition Mode zgjedhim:

ReadField

Tek Display zgjedhim:

Standart Report

Tek Standart Report zgjedhim:

Computed Exposure

duke marrë kështu të gjitha të dhënat e lexuara nga dozimetrat fushorë.

Të dhënat që përmbahen në Computer Exposure, printohen në mënyrë që të merren rezultatet e matjeve të kartave TLD në letër (hard-copy).

4-2 Kalibrimi i dozimetrave termolumeneshent

Kalibrimi i një sistemi dozimetrik termolumeneshent përfshin: kalibrimin e dozimetrave TL dhe atë të pajisjeve matëse.

Mundësia për të matur në mënyrë të saktë dozën, varet nga sistemi kalibrues dhe stabiliteti i sistemit dozimetrik në tërësi. Kjo do të thotë që jo vetëm dozimetrat, por të gjitha pajisjet që lidhen me procesin e dhënies së dozës, duhen t'i nënshtrohen procedurave të kontrollit të cilësisë.

Me anë të kalibrimit të dozimetrave bëhet përcaktimi i lidhjes midis dozës së rrezatimit, të marrë nga dozimetri, si dhe reagimit të dozimetrit ndaj kësaj doze. Procedura e kalibrimit konsiston në [15]:

- Rrezatimin e dozimetrave me një dozë të përhithur të njohur.
- Analizimin e dozimetrave me anën e aparaturës matëse (matja e reagimit së dozimetrit).
- Përcaktimi i faktorit kalibrues si raport i reagimit ndaj dozës së njohur të rrezatimeve.

Në qoftë se doza e rrezatimeve ka vlerën D dhe reagimi (jehona) ka vlerën M , atëherë koeficienti i kalibrimit do të jepet nga raporti.

$$N_k = \frac{D}{M} \quad (4-1)$$

Kështu, në rastin e kalibrimit të dhomës jonizuese, faktori i kalibrimit do të jepet nga raporti i dozës së rrezatimeve D , në pozicionin ku është vendosur dhoma e jonizimit, me ngarkesën elektrike të grumbulluar në këtë dhomë M :

$$N_k = \frac{D(\text{Gy})}{M(\text{C})} \quad (4-1)'$$

Pra, faktori kalibrimit do të jepet në Grei për Kulon (Gy/C).

Reagimi i dozimetrit mund të ndikohet jo vetëm nga tipi i rrezatimit, por edhe nga efektet mjedisore, si: temperatura para, gjatë dhe pas rrezitjes, lagështia, fuqia e dozës etj. Për të kufizuar gabimet për shkak të këtyre efekteve, është e nevojshme që kalibrimi të bëhet duke përdorur kushte sa më afër që të jetë e mundur me ato që përdoren gjatë matjeve normale të dozës. Si kushte normale të kalibrimit do të kuptojmë temperaturën e mjedisit kalibrues prej $293.2^0 K$ dhe të presionit prej $103.25 kPa$ [28].

Fillimisht, dozimetrat rreziten me doza të sakta dhe në kushte të mirëkontrolluara. Metoda përfshin rrezitjen e dozimetrave në laboratorin dozimetrik standard sekondar që ndodhet në Institutin e Fizikës Bërthamore të Zbatuar.

Laboratori dozimetrik standard sekondar i ka kalibruar pajisjet e veta, sikurse janë **dhoma e jonizimit standard LS-01** (me vëllim 1 litër), si dhe elektrometrin **UNIDOS PTW**, në laboratorin e posaçëm të kalibrimit që ndodhet në Agjencinë Ndërkombëtare të Energjisë Atomike në Vjenë.

Po ashtu, Agjencia Ndërkombëtare e Energjisë Atomike i ka kalibruar pajisjet e veta pranë laboratorit të kalibrimit, që ndodhet në Organizatën Ndërkombëtare të Peshave dhe Matjeve (BIPM), i cili ndodhet në Sevre të Parisit. Në këtë mënyrë është realizuar një zinxhir kalibrimi i cili mban emrin *aftësi gjurmuese* (traceability). Respektimi i këtij zinxhiri kalibrues, nga ana e tij siguron që matjet e kryera të jenë sa më të sakta.

Dozimetrat rreziten me doza të njohura dhe më pas përcaktohet reagimi i tyre në sistemin lexues termolumineshent.

Kalibrimi i dozimetrave duhet të verifikohet periodikisht, për të provuar vlefshmërinë e koeficientit të kalibrimit. Zakonisht, frekuenca e verifikimit është afërsisht një herë në vit.

Pajisja matëse e reagimit të dozimetrit është pjesë integrale e një sistemi dozimetrik.

Metodat e kalibrimit që përdoren me shpesh në praktikën e punës kalibruese, janë dy: metoda e zëvendësimit dhe metoda e kalibrimit krahë për krahë [1].

Në *metodën e zëvendësimit*, në fillim kryhet matja e dozës ose e fuqisë së dozës në një pikë të caktuar nga burimi i rrezatimeve me një dhomë jonizimi të kalibruar dhe më tej, pajisja që do të kalibrohet vendoset në të njëjtin pozicion me atë ku është vendosur dhoma, pra, kryhet zëvendësimi i dhomës së kalibrimit me pajisjen që do të kalibrohet. Pas kësaj, bëhet raporti i dozës së matur nga dhoma e kalibrimit me reagimin e pajisjes.

Në *metodën e kalibrimit krahë për krahë*, në fillim bëhet matja e dozës ose e fuqisë së dozës me një dhomë jonizuese të kalibruar dhe më tej, si dhoma e jonizimit ashtu dhe pajisja, rrezatohen së bashku. Në këtë mënyrë, matja e reagimit të pajisjes dhe e dozës së rrezatimit kryhet njëkohësisht. Pas kësaj bëhet raporti i dozës së matur me reagimin e pajisjes.

Kalibrimi i pajisjeve dozimetrike u krye në laboratorin dozimetrik standard sekondar të IFBZ, i cili bën pjesë në rrjetin ndërkombëtar të këtyre laboratorëve, të kontrolluar nga Agjencia Ndërkombëtare e Energjisë Atomike.

Kontrolli i saktësisë së punës të një laborator dozimetrik standard sekondar nga ana e Agjencisë Ndërkombëtare të Energjisë Atomike realizohet nëpërmjet proceseve të

ndërkrahasimit [2]. Ky proces konsiston në dërgimin në laborator të caktuar të disa dozimetrave termolumeneshent (zakonisht pesë dozimetra) dhe rrezitjes së tyre me një dozë të caktuar p.sh. $5mSv$. Pas rrezitjes dozimetrat kthehen në Agjenci, e cila bën vlerësimin e dozës së tyre. Nëse ky lexim është brenda intervalit të dozave $5mSv \pm 5\%$, rezultati konsiderohet i saktë, në të kundërt laboratori përkatës duhet të marrë masat për rikalibrimin e pajisjeve të tij.

Për të realizuar rrezatimin e kartave termolumeneshente u përdoruen pajisjet rrezatuese që ndodhen në laboratorin dozimetrik standard sekondat të Institutit të Fizikës Bërthamore të Zbatuar.

Si burim i rrezatimeve gama shërben një burim radioaktiv Cs-137, model G10-1-20. Burimi i Cs-137 është i vendosur në një mbështjellëse hermetike prej çeliku special. Aktiviteti i këtij burimi në kohën e prodhimit (2003) ishte 740 GBq (20 Ci) $\pm 20\%$ (figura 16) [46]. Burimi është i montuar në mesin e një shufre volframi dhe çelik special. Burimi ka dy pozicione: pozicionin e ruajtjes dhe pozicionin e punës. Kalimi i burimit, nga pozicioni i ruajtjes në atë të punës, kryhet me një rrymë ajri nën presion.

Shufra në të cilën është montuar burimi, është projektuar në mënyrë të tillë që në rast ndërprerjeje të rrymës elektrike, pra dhe të rrymës së ajrit, burimi të kthehet automatikisht në pozicionin e ruajtjes. Në pozicionin e ruajtjes burimi është i mbrojtur nga një shtresë plumbi me trashësi $10cm$, e cila siguron mbrojtjen e punonjësve nga burimi, kur ai është në pozicionin e ruajtjes.

Kur burimi del në pozicionin e punës, lartësia e tufës së rrezatimit që del prej tij, është në lartësinë 1 metër mbi dyshe-menë e laboratorit, duke plotësuar kështu kushtet standarde të kalibrimit. Mbrojtja cilindrike e burimit, modeli G10-1-12-20 Cs e ka diametrin: $27.4cm$, lartësinë $40.6cm$ dhe peshën $270kg$.

Porta e tufës dalëse të rrezatimit përbëhet nga një kolimator, i cili është projektuar mbi bazën e ISO 4037-1:1999. Ai përbëhet nga një seri disqesh volframi të shkallëzuara për të kurthuar rrezatimin e shpërhapur. Kolimatori siguron një hapje të tufës së rrezatimit me kënd 16.5 gradë .

Paneli i kontrollit të burimit radioaktiv ka të instaluar një kohëmatës, një ndryshues pozicioni ekspozimi dhe kthimi, një ndryshues pozicioni për fikje në rast emergjence dhe një çelës të kyçje-çkyçjes. Kohëmatësi ka një panel me LCD, butonat e funksionimit dhe të dritës indikatorë.

Kur shtypet butoni i ekspozimit (**Exposure**), ajri në cilindër shtyn burimin radioaktiv të Cs-137 në pozicionin e ekspozimit. Kur koha përfundon ose shtypet butoni i kthimit (**Return**), burimi radioaktiv kthehet në pozicionin mbrojtës.

Sistemi operativ rregullon mirëfunksionimin e burimit të rrezatimit nëpërmjet butonave që ndodhen në panelin e komandës dhe skemave të posaçme elektronike që ndodhen në të.

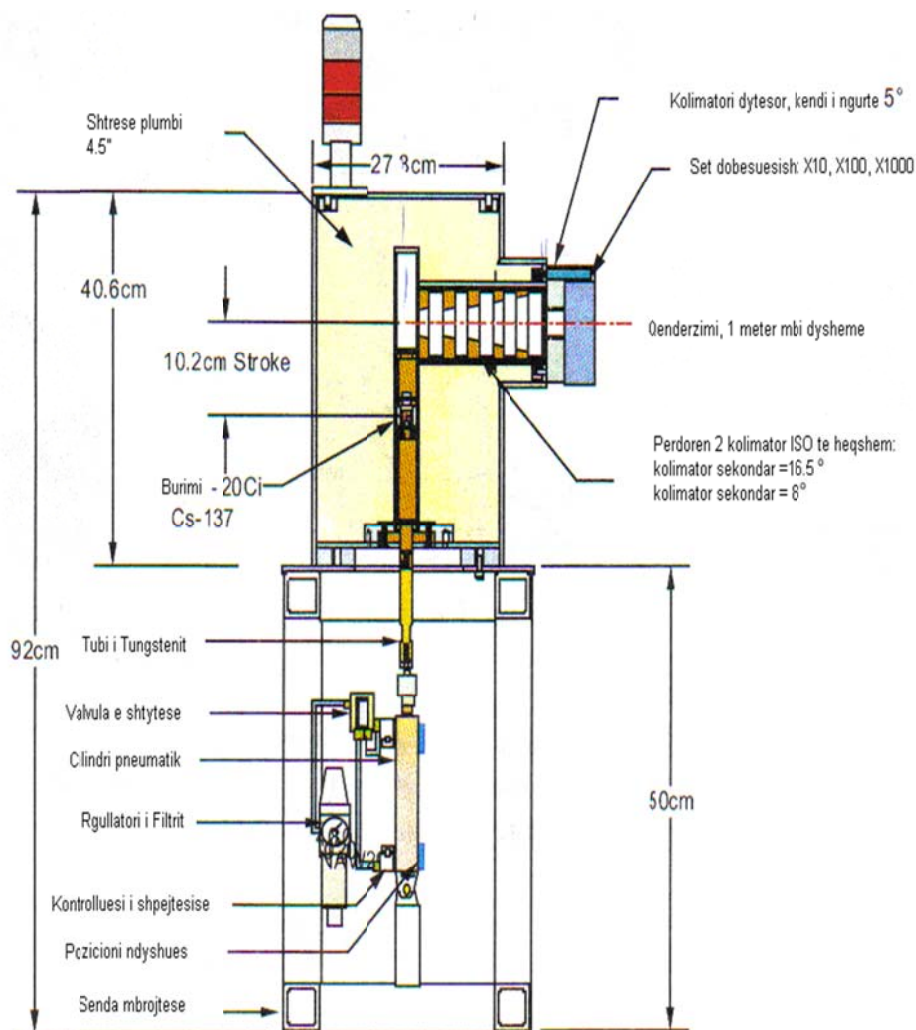


Figura 16. Prerja tërthore e burimit G10-1-20 (Cs-137)

Më poshtë jepet një përmbledhje e hapave që ndiqen për të realizuar kalibrimin:

Ndizet paneli i kontrollit duke rrotulluar çelësin në pozicionin e kyçjes. Paneli i kontrollit bën një testim automatik të sistemit dhe më pas është i gatshëm të veprojë.

Para fillimit të çdo ekspozimit duhet të sigurohemi që i gjithë personeli ka dalë nga dhoma e rrezatimit dhe dera e saj është e mbyllur me çelës, që e mban operatorin.

Pasi zgjidhet doza e nevojshme që krijon burimi radioaktiv i Cs-137, në kohëmatësin e panelit futet koha përkatëse për këtë ekspozim.

Shtypet butoni “**Exposure**”, i cili fillon procesin e ekspozimit. Në këtë rast te paneli i kontrollit aktivizohet një alarm zanor për një kohë të shkurtër, dhe më pas burimi lëviz në pozicionin e ekspozimit.

Ekspozimi pushon nëse përfundon koha e paravendosur ose duke shtypur butonin “**Return**”.

Paneli i kontrollit

Paneli i kontrollit është i përbërë nga ekrani, tasta dhe butona. Tastat ndahen në tastat e funksioneve, tastat numerike, tastat kryesore **ENTER** dhe **ESC** si dhe tastat shigjetë Lartë/Poshtë (figura 17).

Tastat e funksioneve kanë funksione të caktuara.

Tasti **F1** shërben për të vendosur kohën e ekspozimit.

Në ekran do shfaqet kutia dialoguese:

PRESET	XX.XX
NEW VALUE	0.00

Vlera e paravendosur jep vlerën e fundit të futur. Vlera e re mund të futet duke shtypur **ENTER** dhe më pas futet vlera e kohës në sekonda. Kjo vlerë mund të variojë nga zero deri në 999,999.999 sekonda.



Figura 17. Paneli i kontrollit për burimin radioaktiv të Ca-137

Në përbërje të laboratorit standard sekondar të kalibrimit ndodhen disa sisteme si:

Sistemi i ventilim-kondicionimit, i cili shërben për të arritur kushtet normale që të zhvillohet procesi i kalibrimit dhe i rrezatimit ($T = 293.2^{\circ} K$, $P = 101.3 Pa$).

Sistemi i shinave është i përbërë nga dy sisteme shinash pingule me njëra-tjetrën.

Në sistemin e parë të shinave paralele është vendosur një karusel me burimin radioaktiv G10.

Sistemi i dytë i shinave, që janë pingul me të parin, shërben për të pozicionuar një stendë, ku vendosen instrumentet që do t'i nënshtrohen rrezatimit në pozicionet e dëshiruara.

Dy **barometra** të tipit **Setra 2270** që shërbejnë për të treguar vlerën e presionin atmosferik, janë vendosur përkatësisht në dhomën e komandës dhe në atë të kalibrimit.

Dy **sisteme lazerash** shërbejnë për të bërë qendërzimin ndërmjet instrumentit matës (i vendosur përballë burimeve të rrezatimeve), dhe tufës së rrezatimit si dhe për të përcaktuar distancën ndërmjet burimit të rrezatimit dhe instrumentit që do të rrezatohet, nëpërmjet vizores së vendosur në murin anësor të laboratorit.

Laboratori ka një **sistem monitorimi** televiziv me cikël të mbyllur prej tre kamerash, dy prej të cilave janë të montuara në muret e laboratorit për monitorimin e dhomës së rrezatimit, ndërsa kamera e tretë është e montuar në stendën lëvizëse.

Laboratori ka dhe dy sisteme emergjencash që realizohen nëpërmjet dy butonave me ngjyrë të verdhë, një prej të cilëve është i vendosur tek muri i dhomës së rrezatimit dhe tjetri që ndodhet në panelin e kontrollit. Dera prej plumbi e dhomës së rrezatimit hapet duke shtypur paraprakisht një kod të përcaktuar. Gjithashtu, mbi derën e plumbit është montuar një sistem dritor që sinjalizon fillimin e punës së laboratorit.

Elektrometri UNIDOS PTW është një aparat kontrolli universal në fushën e dozimetrisë për matjen e dozës dhe të fuqisë së dozës në radioterapi, diagnostikimin me rreze X dhe mbrojtjen ndaj rrezatimit [45]. UNIDOS PTW është përpiluar sipas kërkesave të IEC 601-1, VDE750 në lidhje me kushtet standarde DIN 6817 dhe DIN 6809. Në lidhje me terminologjinë në IEC 601-1, UNIDOS klasifikohet si pajisje e klasës së parë, Tipi B (figura 18).



Figura 18. Elektrometri PTW UNIDOS

Elektrometri PTW – UNIDOS siguron disa mënyra matjeje:

- Kryen matje të rrymës dhe ngarkesës elektrike në njësi elektrike (mA , nC);
- Kryen matje të madhësisë së ekspozimit radiologjik si doza ekuivalente fotonike H_x në Sv , të kermës së ajrit K_a dhe dozës së përthithur D në Gy ;
- Mund të masë doza në terapinë radiologjike, ashtu si dhe doza në kohë ekspozimi të rrezatimit X shumë të vogël të rendit të milisekondës;
- Tregon kohën gjatë matjes;
- Është përgatitur për matje me dhomat e jonizimit, sondave gjysmëpërçuese etj.;
- Ruan tipin dhe numrin serial për secilin detektor në një memorie të qëndrueshme, së bashku me faktorët e kalibrimit individual dhe faktorë të tjerë specifik për dhomën e jonizimit;
- Mund të ruajë numrat serial të 30 dhomave të jonizimit në bibliotekën e tij;
- Siguron korrigjimin për temperaturën e ajrit dhe presionin atmosferik gjatë kohës së matjes me dhomën e jonizimit;
- Faktorët korrigjues ruhen për 30 minuta pas fikjes së elektrometrit;
- Siguron një rregullshmëri të tensionit të lartë. Tensioni i lartë mund të ndryshojë nga 50V deri në 400V.
- Operon nëpërmjet rrjetit 220V ose nëpërmjet baterive.

Doza e rrezatimeve llogaritet nga elektrometri nëpërmjet integritit numerik të fuqisë së dozës.

Ekzistojnë dy metoda të mundshme për matjen e dozave:

I. Nëpërmjet modës “**Dose**”

Doza e rrezatimit matet nëpërmjet ngarkesave elektrike të mbledhura në kondensatorët e aparatit UNIDOSë PTW. Këta kondensatorë shërbejnë si për matjen e dozave të ulta (*shkalla Low*) ashtu dhe të dozave të larta (*shkalla High*).

II. Nëpërmjet modës “**Doserate**”

Doza shprehet si integral numerik i rrymës me kohën. Kjo lloj matje e dozës është e rekomandueshme për kohë matjesh të gjata.

Pasi UNIDOS PTW ndizet në dritaren e matjes shfaqen këto opsione:

- **SET UP**
- **D ↔ D** ose **Q ↔ I** (vetëm nëse matim në modën “Doserate”)
- **CORRECT** (zgjidhet vetëm për njësitë radiologjike)
- **CHAMBER**

Te **SET UP** vendoset intervali i kohës për kryerjen e matjes, e cila është 60 sek, por që mund të ndryshohet me anë të butonave.

Libray Chamber (biblioteka e dhomave të jonizimit) janë të regjistruara të gjitha të dhënat e dhomave të jonizimit me të cilat punon aparati, si: tipi i dhomës, tensioni, njësia matëse, faktori i kalibrimit, si dhe ndryshimet e temperaturës dhe presionit.

Chamber (dhoma e jonizimit) vendosen të gjitha të dhënat e dhomës së jonizimit me të cilën punohet, si: tipi i dhomës, tensioni, njësia matëse, faktori i kalibrimit, si edhe ndryshimet e temperaturës dhe presionit.

Funksionet kryesore të UNIDOS PTW janë të lejueshme nëpërmjet shtatë butonave të kontrollit (figura 19): **MOD**, **RGE**, **NUL**, **STA**, **HLD**, **RES** dhe **INT**. Këta butona janë përgjegjës për këto funksione:



Figura 19. Paneli i përparmë i PTW UNIDOS

Butoni **MOD** – Zgjedh midis modave të matjeve “**Dose**” dhe “**Doserate**”;

Butoni **RGE** – Ka si funksion ndryshimin e kufijve të kapacitetit ku grumbullohen ngarkesat. Në rastin kur punohet në modën “**Dose**”, kufijtë janë **Low** dhe **High** në rastin kur punohet në modën “**Doserate**”, kufijtë janë **Low**, **Medium** dhe **High**.

Butoni **NUL** – Shërben për zerimin e matjeve;

Butoni **STA** – Rifillon leximin nga zero kur fillon procesi i leximit të matjes;

Butoni **HLD** – Ka si funksion të fiksojë një vlerë të caktuar të matjes së zgjedhur nga operatori, ndërkohë që matja vazhdon të kryhet;

Butoni **INT** – Ka si funksion t’i japë **OK** fillimit të matjeve.

Dhoma e jonizimit sferike tipi **LS-01** (32002) është projektuar për matje në ajër (free air chamber) (figura 20). Ajo përdoret për kalibrimin e dozimetrave ose të instrumenteve të ndryshme matëse të rrezatimeve [48].



Figura 20. Dhoma e jonizimit LS-01

Faktori i kalibrimit të dhomës së jonizimit dhe të dhëna të tjera plotësuese për të janë të përfshira në çertifikatën e kalibrimit të saj. Koha e rikalibrimit të rekomanduar për dhomën e jonizimit LS-01 është pesë vjet.

Dhoma duhet të mbahet larg nga materiale si vaji ose solvente. Ajo mund të pastrohet me një copë pambuku të thatë ose të njomur me pak ujë.

Karakteristikat e dhomës së jonizimit LS – 01 janë:

- » Vëllimi 1 litër.
- » Jehona $3 \times 10^3 \text{ C/Gy}$.
- » Tensioni maksimal që aplikohet: 400V .
- » Pareti është prej materiali plastik (POM).

Dalja ku montohet kablli nëpërmjet bashkuesit është me diametër 3mm.

Elektrodat e dhomës janë të përbëra nga materialet të veçanta që shënohen PS. Elektroda qendrore është prej grafiti me diametër 50mm. Elektrodat e dhomës së jonizimit kanë një izolim shumë të mirë ndërmjet tyre. Varësia e tregimeve të dozës nga energjia për këtë dhomë jonizimi jepet në figurën 21.

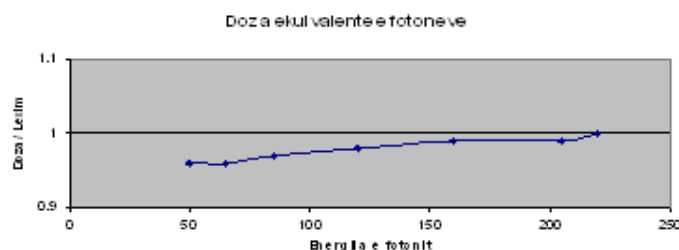


Figura 21. Varësia e raportit dozë-lexim nga energjia e fotoneve (në keV) për dhomën e jonizimit tip LS-01

Në figurën 22 jepen përmasat e dhomës së jonizimit LS-01.

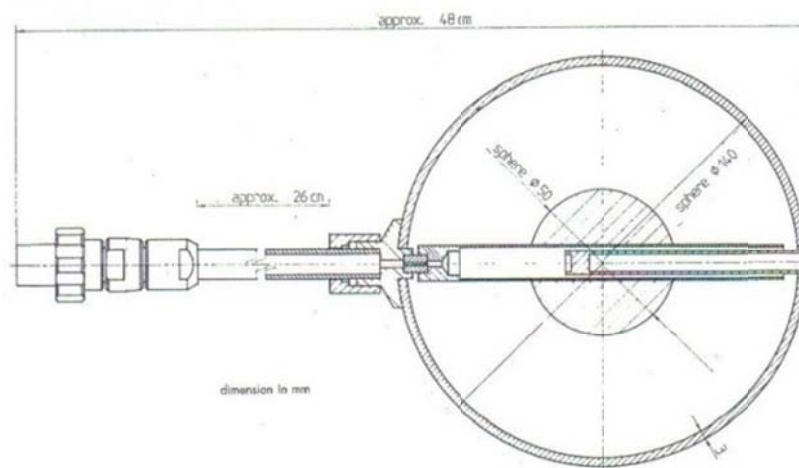


Figura 22. Dimensionet e dhomës se jonizimit

4.3 Përshkrimi i aparatit “Fieldspec”

Aparati “Fieldspec” (figura 23) është një aparat dozimetrik portative, me ndjeshmëri shumë të lartë, që shërben për matjen e fuqisë së dozës që krijon një burim i rrezatimeve gama. Ai ka në përbërjen e tij dy detektorë: një detektorë shintilues me kristal NaI dhe një detektorë $G.M$. Detektori i parë shërben për matjen e fuqive të dozave të vogla, kurse i dyti për fuqi të dozave të mëdha [44].



Figura 23. Aparati “Fieldspec”

Aparati “Fieldspec” mund të masi fuqi dozë në intervalin nga disa nSv/ore deri në Sv/ore . Aparati është në gjendje të përcaktojë llojin e burimit të rrezatimit në bazë të energjisë së rrezatimit gama që ai lëshon, pra, ai mund të identifikojë llojin e materialit rrezatues. Në këtë kuptim, ky aparat luan rolin e një spektrometri fushor, që mund të përdoret në rastin e situatave emergjente ose në rastet kur kemi të bëjmë me një burim rrezatimi të panjohur.

Aparati “Fieldspec” mund të punojë me bateri ose me furnizim nga rrjeti 220V.

Aparati “Fieldspec” u përdor nga ana jonë në matjet e kryera në qytetin e Gjirokastrës, për të krahasuar rezultatet që u morën nga dozimetrat TL për sfondin natyror të rrezatimeve.

KAPITULLI V

MATJA E DOZAVE TË EKSPONIMIT PUBLIK, MJEKËSOR DHE PROFESIONAL NË QYTETIN E GJIROKASTRËS

5.1 Përcaktimi i koeficientit të kalibrimit të kartave dozimetrike TL

Ashtu sikundër u përmend në paragrafim për kalibrimin, për të realizuar matjet me kartat TL është e nevojshme që këto karta të kalibrohen, pra, të vendoset një lidhje ndërmjet ngarkesës elektrike që mat lexuesi Hashaw 4500 në nanokulon dhe dozës së kartës TL në miliSivert ose mikroSivert.

Për këtë qëllim kartat TL i nënshtrohen procesit të pjekjes në 300°C dhe pastaj rrezatimit me një dozë të caktuar, që si rregull merret e barabartë me 2mSv .

Për dhënien e kësaj doze me saktësi të lartë, shfrytëzohet laborator i kalibrimeve dozimetrike që ndodhet në Institutin e Fizikës Bërthamore të Zbatuar.

Në këtë laborator ndodhet një burim radioaktiv i Cs-137 me aktivitet rreth 740 GBq (20 Ci) i vendosur në një mbrojtje të përshtatshme dhe që del në pozicionin e punës me ndihmën e një rryme ajri.

Në fillim pozicionohet dhoma standarde LS-01 me vëllim 1 litër, e cila është kalibruar në laboratorët e ANEA, në largësinë 2m nga burimi radioaktiv dhe kryhen me të disa matje duke përdorur elektrometrin UNIDOS PTW.

Vlerat që dha ky elektrometër për ngarkesën elektrike në nanokulon (nC) gjatë kohës së matjes prej një minute, u shënuan në një fletore pune dhe janë paraqitur në tabelën 2:

Tabela 2. Vlerat e ngarkesës elektrike në nC/min

1	2	3	4	5
6,436	6,438	6,435	6,432	6,437

Duke mesatarizuar këto vlera marrim për ngarkesën elektrike Q :

$$Q = 6.436 + 6.438 + 6.435 + 6.432 + 6.437 / 5 = 6.437 \text{ nC} / \text{min}$$

$$Q = (6,437 \pm 0,002) \text{ nC} / \text{min}$$

Koeficienti i variacionit (gabimi relative) për këto matje është $KV = 0,04\%$

Kushtet standarde të matjes nënkuptojnë temperaturën e mjedisit të barabartë me $20^{\circ}C$ ose $293.2^{\circ}K$ dhe presionin standard prej $p_0 = 1033.25Pa$ ose $103.325kPa$. Meqenëse kushtet tona të matjeve nuk janë ato standarde, është e nevojshme të kryejmë korrigjimet e ngarkesës së matur për vlerat aktuale të temperaturës dhe presionit.

Vlerat e matura nga ne për temperaturën dhe presionin janë përkatësisht:

$$T = 294.1^{\circ}K \quad \text{dhe} \quad p = 987.3hPa$$

Në këto kushte, koeficienti korregjues për vlerën e ngarkesës do të jetë [18]:

$$Kt, p = (T/T_0) \times (p_0/p) = (294.1/293.2) \times (1033.2/987.3) = 1.049$$

Atëherë, ngarkesa e grumbulluar për 1 minutë do të jetë:

$$Q_1 = 6.437 \times 1.049 = 6.752 nC/min$$

Fuqia e dozës që krijon burimi i Cs-137 në largësinë $2m$ në mikroSivert/orë do të jetë:

$$P = Q_1 nC/min \times 25.6 \mu Sv/nC \times 60 min/ore$$

Vlera prej $25.6 \mu Sv/ore$, është vlera e përcaktuar nga ANEA për kalibrimin e dhomës së jonizimit LS-01.

Atëherë, fuqia e dozës ekuivalente në largësinë $2m$ nga burimi do të jetë:

$$P = 6.752 \times 25.6 \times 60 = 10371 Sv/ore = 10.37 mSv/ore$$

Për marrjen e dozën prej $2mSv$ nga karta dozimetrike, llogarisim kohën e nevojshme t për marrjen e kësaj doze, e cila jepet nga relacioni:

$$t = 2mSv / 10.37mSv/ore = 0.19ore = 11.6 min = 694.3sek$$

Vendosim kartat dozimetrike në pozicionin $2m$ nga burimi i Cs-137 dhe duke vendosur në pultin e komandës kohën prej $694.3sek$, shtypim butonin “**Exposure**” pas së cilës fillon rrezatimi i kartave.

Me kalimin e kohës së caktuar prej $694.3sek$, ndërpritet automatikisht rrezatimi i kartave TL.

Me kartat e rrezatuara kryejmë matjen e ngarkesës së tyre në lexuesin sistemit dozimetrik “ThermoScientific”.

Vlerat e matjeve për dhjetë karta dozimetrike janë paraqitur në tabelën 3

Tabela 3. Vlerat e matjeve për dhjetë kartat dozimetrike

Nr. i matjeve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vlerat e ngarkesës (nC)	75.4	74.3	72.1	76.2	78.1	73.6	71.4	75.6	78.4	76.5
	72.7	76.3	74.1	72.9	77.3	75.6	72.9	74.7	77.3	74.8

Duke mesatarizuar vlerat e 20 matjeve (dy kristale TL për çdo kartë) do të marrim:

$$Q = (75.1 \pm 2.1) nC$$

Koeficienti i variacionit (gabimi relative) është i barabartë me $KV = 2.8\%$.

Koeficienti i kalibrimit të kartave do të jetë: $K = \frac{Q}{D}$

ku: Q – ngarkesa dhe D – doza

Në rastin tonë vlera e Q është e barabartë me $75.1 nC$, kurse vlera e dozës D e barabartë me $2 mSv$ ose $2000 \mu Sv$.

Atëherë, koeficienti K do të ketë vlerën: $K = \frac{75.1 nC}{2000 \mu Sv} = 0.0377 nC / \mu Sv$

Ky koeficient është përdorur gjatë matjeve tona për të kthyer ngarkesën elektrike që tregojnë kartat TL në nanokulon, në dozë ekuivalente në mSv .

5.2 Matja e dozave të ekspozimeve të jashtme publike

Matja e dozave të rrezatimit të jashtëm natyror përbën një parametër të rëndësishëm për një vend të caktuar, i cili duhet të njihet me saktësi për t'u mbajtur parasysh në veprimtaritë e ndryshme me burime të rrezatimeve, të cilat, si rregull, çojnë në ekspozimin e publikut. Nivelet e rrezatimeve monitorohen në mënyrë të vazhdueshme nëpërmjet aparateve të posaçme, të cilat instalohen në vende të ndryshme, si: në çerdhe dhe kopshte fëmijësh, në shkolla, në spitale, vende turistike ose vende të tjera publike. Nëpërmjet monitorimit të vlerave të niveleve të rrezatimit bëhet vlerësimi i situatave radiologjike të një vendi si dhe ndryshimet e mundshme të tyre. Këto vlera janë gjithashtu të vlefshme për të përcaktuar rëndësinë e një situate emergjente radiologjike, si rezultat i aksidenteve që ndodhin në vend ose jashtë tij, që çojnë në rritje të ndjeshme të aktivitetit të ajrit atmosferik, të tokës, ujit etj. [29] [51].

Në vendin tonë prej dhjetë vjetesh janë instaluar në pesë qytete (Tiranë, Shkodër, Kukës, Korçë dhe Vlorë) aparate monitoruese të fuqisë së dozës së rrezatimit natyror, të cilat për një periudhë gati pesëvjeçare kanë kryer matje të vazhdueshme të rrezatimit të jashtëm.

Në qytetin e Gjirokastrës nuk janë kryer matje të tilla, kështu që nga ana jonë u ndërmorë një eksperiment, i cili mëshonte në matjen e këtyre niveleve të rrezatimit, duke përdorur dozimetrat termolumeneshente (TLD).

Matjet e dozave të ekspozimeve të jashtme janë realizuar për një periudhë matjeje prej tre muajsh (Mars-Maj 2014).

Vendet janë përzgjedhur sipas një shpërndarjeje gjeografike, për të mbuluar gjithë shtrirjen e qytetit të Gjirokastrës. Janë përzgjedhur 30 vende të tilla si: shkolla, kopshte dhe çerdhe fëmijësh, institucione kulturore, institucione shtetërore etj. (Shtojca 1).

Për të vlerësuar këto doza janë kryer matje me anë të dozimetrave TLD-100.

Dozimetrat TLD-100 u vendosën në vendet e treguara në shtojcën 1, të cilat ishin mjedise të mbyllura dhe të sigurta, duke ndenjur në këto mjedise për një periudhë tremujore dhe duke u mbikëqyrur në mënyrë periodike. Pas kohës të përcaktuar (prej 90 ditësh) dozimetrat janë mbledhur dhe u transportuan në IFBZ për leximin e tyre (shih kapitullin IV).

Vlerat e leximit të kartave dozimetrike TLD janë treguar në tabelën 4:

Tabela 4. Vlerat e rrezatimit të jashtëm natyror të matura me dozimetra termolumineshent

<i>Nr.i dozimetrit</i>	<i>Doza në mSv</i>		<i>Nr.i dozimetrit</i>	<i>Doza në mSv</i>
1	0.168		16	0.149
2	0.174		17	0.150
3	0.151		18	0.154
4	0.162		19	0.175
5	0.179		20	0.165
6	0.181		21	0.176
7	0.172		22	0.164
8	0.163		23	0.172
9	0.184		24	0.168
10	0.152		25	0.163
11	0.172		26	0.173
12	0.175		27	0.199
13	0.192		28	0.158
14	0.157		29	0.156
15	0.144		30	0.167

Duke përpunuar vlerat e dozave të sjella në tabelën e mësipërme merren këto rezultate për mesateren dhe për devijimin standard:

Vlera mesatare: 0.167mSv

Devijimi standard: 0.013mSv

Meqenëse vlerat e treguara në tabelën e mësipërme i takojnë një kohe prej tre muajsh, vlerat vjetore të këtyre rrezatimeve do të merren duke shumëzuar me katër vlerat e sjella më sipër për vlerën mesatare dhe për devijimin standard:

Doza vjetore: $0.167mSv \times 4 = 0.668mSv$ Devijimi standard: $0.013mSv \times 4 = 0.052mSv$

Duke rrumbullakosur shifrat e fundit, doza mesatare vjetore nga rrezatimi i jashtëm del e barabartë me:

$$\underline{D = (0.67 + 0.05)mSv}$$

Koeficienti i variacionit ose gabimi relativ në përqindje është:

$$\underline{KV = 0.05 \times 100\% / 0.67 = 7.5\%}$$

Për të bërë krahasimin e kësaj vlere të fituar me dozimetrat TL, nga ana jonë u bënë matje në të njëjtat pika me ndihmën e një aparati matës të fuqisë së dozës “*Fieldspec*”, me të cilin u kryen matje në vendet ku ishin vendosur dozimetrat. Për çdo pikë u kryen 30 matje dhe u bë

mesatarizimi i tyre Vlerat mesatare për çdo pikë matjeje me aparatën “Fieldspec” janë paraqitur në tabelën 5.

Tabela 5. Vlerat e rrezatimit të jashtëm të fituara me matjet e aparatit “Fieldspec”

<i>Nr.i vendit</i>	<i>Doza në nSv/h</i>		<i>Nr.i vendit</i>	<i>Doza në nSv/h</i>
1	82		16	73
2	72		17	62
3	66		18	84
4	71		19	79
5	78		20	69
6	81		21	68
7	78		22	73
8	64		23	78
9	70		24	61
10	67		25	79
11	69		26	70
12	76		27	92
13	82		28	74
14	65		29	69
15	69		30	84

Duke bërë përpunimin e matjeve të tabelës së mësipërme, del se vlera mesatare dhe devijimi standard i fuqisë së dozës është:

Vlera mesatare: $\underline{73.533nSv/orë}$

Devijimi standard: $\underline{7.343nSv/orë}$

Duke mbajtur parasysh se një vit ka 8760 orë, doza vjetore dhe devijimi standard nga rrezatimi i jashtëm dalin të barabarta me:

Vlera mesatare: $\underline{73.533nSv/orë \times 8760orë = 644159nSv = 0.644mSv}$

Devijimi standard: $\underline{7.343nSv/orë \times 8760orë = 64324nSv = 0.064mSv}$

Duke rrumbullakosur shifrat e fundit, doza mesatare vjetore nga rrezatimi i jashtëm del e barabartë me:

$$\underline{D = (0.64 + 0.06)mSv}$$

Koeficienti i variacionit ose gabimi relativ në përqindje është:

$$\underline{KV = 0.06 \times 100\% / 0.64 = 9.4\%}$$

5.3 Matja e dozave të ekspozimeve mjekësore

Ekspozimet mjekësore janë burimet kryesore të ekspozimeve të popullatës. Bazuar në të dhënat e UNSCEAR, numri mesatar vjetor në botë për ekzaminimet mjekësore me rrezet X është rreth 3,5 miliard [52], dhe ky numër është në rritje të vazhdueshme si për shkak të shtimit të numrit të ekzaminimeve ashtu dhe për faktin e futjes së vazhdueshme të aparateve të reja me rrezatime si për qëllime diagnostikuese dhe terapeutike.

Për të përcaktuar ekspozimet mjekësore, përdorëm kartat dozimetrike për matjen e dozave të pacientëve në ekzaminime të ndryshme radiologjike me makina të rrezeve X. Nga ana jonë, në bashkëpunim me punonjësit e spitalit rajonal “Omer Nishani” të qytetit të Gjirokastrës dhe të klinikës së grafisë dentare “GaldDent”, u realizua matja e dozave të pacientëve për disa lloje ekzaminimesh dhe konkretisht për radiografinë e toraksi, radiografinë e abdomenti, radiografinë e gjymtyrëve, skopinë e toraksit, skopinë e abdomenti, CT e kokës dhe sinuseve dhe radiografinë dentare intraorale.

Ne kryem matjen e dozës hyrëse sipërfaqësore (Entrance Surface Dose - ESD) [42] e cila ka gjetur përdorim si një nga mënyrat sasiore dozimetrike bazë për të matur dozat e pacientëve dhe optimizimin e tyre nëpërmjet krahasimit me nivelet diagnostike referuese të përcaktuara nga ANEA dhe BE.

ESD është kështu një tregues i saktë për dozën e rrezatimeve të përthithur nga sipërfaqja e trupit të pacientëve në pikat hyrëse të rrezatimit në organizëm. Matja e ESD mund të realizohet direkt nga dozimetrat termolumeneshent TLD ose nga dhomat e jonizimit. Nga llogaritjet teorike dhe eksperimentale ESD-ja, është proporcionale me kohën e ekspozimit, tensionin e tubit, filtrimin dhe kolimimin e tufës [39].

Në studimin tonë janë përdorur dozimetrat termolumeneshent TLD-100 Harshaw për të matur direkt ESD gjatë procesit të ekspozimit të pacientit.

5.3.1 Matja e ekspozimeve nga grafi-skopitë e organeve të brendshme

Për të realizuar matje sa më të mira të dozave për këto ekspozime mjekësore, për të gjitha llojet e ekspozimeve të përshkruara me sipër u realizuan 10 matje ose seanca radiologjike (shkrepje) dhe u morën mesataret nga matjet e kryera.

Në tabelat e mëposhtme janë dhënë vlerat mesatare të ekspozimeve mjekësore për secilin nga ekzaminimet e kryera.

Njëkohësisht, në tabelat e mëposhtme 6, 7, 8, 9, 10, 11 dhe 12 janë dhënë vlerat e kilovoltazhit dhe të produktit **mAs** për secilin ekzaminim.

Sikurse u theksua me sipër, në ekspozimet mjekësore merr rëndësi të posaçme matja e vlerës së dozës së hyrjes në sipërfaqe ESD.

Dozimetrat termolumeneshentë për të gjitha procedurat e ndryshme që u kryen u vendosën direkt në vendin e hyrjes të tufës së rrezatimit në organizëm [31]. Vlerat e ESD për të gjitha procedurat e ndryshme ekzaminuese janë paraqitur në tabelat 6, 7, 8, 9, 10, 11 dhe 12:

Tabela 6. Ekzaminimi për radiografinë e toraksit

Lloji i ekzaminimit	Vlera në kV	Vlera në mAs	ESD
Toraks	60	10	(mSv)
Matja 1			0.38
Matja 2			0.29
Matja 3			0.36
Matja 4			0.31
Matja 5			0.34
Matja 6			0.27
Matja 7			0.29
Matja 8			0.28
Matja 9			0.39
Matja 10			0.29
Mesatarja			0.32 ± 0.04

Shënim: Niveli udhëzues për ESD e toraksit është 0.4mSv

Tabela 7. Ekzaminimi për radiografinë e abdomenit

Lloji i ekzaminimit	Vlera në kV	Vlera në mAs	ESD
Abdomen	75	50	(mSv)
Matja 1			2.45
Matja 2			3.12
Matja 3			2.61
Matja 4			3.09
Matja 5			2.75
Matja 6			2.68
Matja 7			2.89
Matja 8			2.91
Matja 9			3.11
Matja 10			2.89
Mesatarja			2.85 ± 0.31

Shënim: Niveli udhëzues për ESD e abdomenit është 10 mSv

Tabela 8. Ekzaminimi për radiografinë e gjymtyrëve

Lloji i ekzaminimit	Vlera në kV	Vlera në mAs	ESD
Ekstremitetet	50	6	(mSv)
Matja 1			0.09
Matja 2			0.12
Matja 3			0.21
Matja 4			0.11
Matja 5			0.16
Matja 6			0.16
Matja 7			0.17
Matja 8			0.18
Matja 9			0.14
Matja 10			0.16
Mesatarja			0.15 ± 0.02

Shënim: Niveli udhëzues për ESD e gjymtyrëve është 0.3 mSv

Tabela9. Ekzaminimi për skopinë e toraksit

Lloji i ekzaminimit Toraksi	Vlera në kV 82	Vlera në mAs 2	ESD (mSv)
Matja 1			0.39
Matja 2			0.61
Matja 3			0.46
Matja 4			0.54
Matja 5			0.49
Matja 6			0.53
Matja 7			0.48
Matja 8			0.54
Matja 9			0.48
Matja 10			0.58
Mesatarja			0.51 ± 0.06

Shënim: Për skopinë e toraksit niveli udhëzues për fuqinë e dozës është 10mSv

Tabela 10. Ekzaminimi për skopinë e abdomenit

Lloji i ekzaminimit Abdomeni	Vlera në kV 100	Vlera në mAs 3	ESD (mSv)
Matja 1			1.96
Matja 2			2.34
Matja 3			2.28
Matja 4			1.98
Matja 5			2.16
Matja 6			2.25
Matja 7			2.40
Matja 8			2.56
Matja 9			2.36
Matja 10			2.11
Mesatarja			2.24 ± 0.22

Shënim: Për skopinë e abdomenit niveli udhëzues për fuqinë e dozës është 10mSv

Tabela 11. Ekzaminimi i skanerit (CT) të kokës

Lloji i ekzaminimit CT koka	Vlera në kV 120	Vlera në mAs 100	ESD (mSv)
Matja 1			24.47
Matja 2			23.95
Matja 3			22.55
Matja 4			27.85
Matja 5			24.31
Matja 6			25.19
Matja 7			23.19
Matja 8			24.23
Matja 9			25.62
Matja 10			23.64
Mesatarja			24.5 ± 2.5

Shënim: Për skanerin e kokës niveli udhëzues është 50 mSv

Tabela 12. Ekzaminimi i skanerit (CT) të sinuseve

Lloji i ekzaminimit CT sinuseve	Vlera në kV 120	Vlera në mAs 75	ESD (mSv)
Matja 1			17.92
Matja 2			19.58
Matja 3			18.67
Matja 4			19.62
Matja 5			20.25
Matja 6			18.21
Matja 7			18.85
Matja 8			17.26
Matja 9			18.22
Matja 10			16.42
Mesatarja			18.4 ± 2.1

Shënim: Për skanerin e sinuseve niveli udhëzues është 30 mSv

Nga shqyrtimi i vlerave të marra për ekzaminimet spitalore me rreze X, vërehet se në të gjitha rastet ato janë më të vogla se nivelet udhëzuese për këto lloje ekzaminimesh.

5.3.2 Matja e ekspozimeve në grafitë dentare

Matjet e ekspozimeve për grafitë dentare intraorale u kryen duke vendosur dozimetrat termolumineshente mbi një fantomë uji në formë kubi me përmasa $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$. Largësia nga tubi i rrezeve X tek vendi i matjes së ESD është 25 cm dhe diametri i tufës së rrezeve X është 6 cm .

Aparati dentar me rreze X ENDOS AC ka këto të dhëna: Tensioni i lartë: 70 kV ; Rryma: 8 mA ; Koha e ekspozimit: 0.3 sekonda, pra produkti rrymë kohë është 2.4 mAs ($8 \text{ mA} \cdot 0.3 \text{ s}$).

Tabela 13. Ekzaminimi radiografik intraoral

Lloji i ekzaminimit intraoral	Vlera në kV 120	Vlera në mAs 75	ESD (mSv)
Matja 1			2.86
Matja 2			2.82
Matja 3			3.10
Matja 4			2.72
Matja 5			2.76
Matja 6			2.54
Matja 7			2.96
Matja 8			2.78
Matja 9			2.64
Matja 10			2.83
Mesatarja			2.80 ± 0.16

Shënim: Vlera e nivelit udhëzues për EDS e radiografinë dentare intraorale është 7 mSv

Nga vlerat e tabelës së mësipërme për ESD merret një vlerë mesatare prej 2.80 mSv , me një devijim standard prej 0.16 mSv ose një gabim relativ prej 5% ($(0.16/2.80)100\%$).

Vlerat e gjetura për ESD në grafinë dentare intraorale janë nën nivelet e dozave të referencës për këto ekzaminime të vendosura nga organizata të specializuara të cilat janë 7 mSv [26] (Agjencia Ndërkombëtare e Energjisë Atomike) dhe 4 mSv (Bashkimi Europian).

Nivelet e dozës referuese (Dose Reference Levels – DRL) të vendosura nga organizatat e ndryshme ndërkombëtare për radiologjinë dentare shërbejnë për të shmangur dozën e tepërt që mund të marrë pacienti, e cila jo vetëm nuk kontribuon në diagnostikimin mjekësor, ndërkohë që shton rreziqet shëndetësore nga të cilat mund të përmendim meningiomet (tumore beninje të trurit) dhe kancerin e gjendrës tiroide [14]. Nga ana tjetër këto nivele shërbejnë për të arritur optimizimin e procesit gjatë ekzaminimit me rreze X, për të pasur imazhe me cilësi sa më të

mirë dhe dozë sa më të ulët për pacientin. Kohët e fundit, radiologjia dentare është zgjeruar, mbasi krahas ekzaminimeve intraorale po përdoren gjerësisht edhe radiografia panorameks dhe cefalometrik.

Për të marrë në konsideratë riskun shëndetësor të ekspozimeve mjekësore, në veçanti të efekteve stokastike, është me interes të llogaritet doza efektive e ekspozimit të sipërpërmendur. Sipas rregullave të përgjithshme, doza efektive është e barabartë me një të dhjetën e ESD. Kjo do të thotë se, në qoftë se vlerat e ekspozimit të ESD-es variojnë midis $0.2mSv$ dhe $20mSv$, atëherë dozat efektive korresponduese janë midis $0.2mSv$ dhe $20mSv$. Nga vlerat shumë të ulta të gjetura për dozat hyrëse sipërfaqësore në grafitë intraorale ($2.80mSv$) del se doza efektive gjatë ekzaminimeve të pacientëve me rreze X ka vlera shumë të vogla ($0.28mSv$), pra, risku shëndetësor nga efektet stokastike është shumë i vogël. Megjithatë zbatimi i një kontrolli të shëndetshëm me anë të ekzaminimeve me rreze X është një detyrë e përhershme e stafit mjekësor.

Nga sa u tregua më sipër, mund të arrijmë në përfundimin se ekzaminimet radiologjike të përshkruara më sipër janë në të gjitha rastet nën nivelet udhëzuese, duke realizuar kështu një dëmtim minimal për pacientët.

5.4 Matja e dozave të ekspozimeve profesionale

Një përdorim të gjerë dozimetrit personal TL gjejnë edhe për matjen e dozave të ekspozimeve profesionale [14].

Ekspozimet profesionale në vendin tonë realizohen nëpërmjet mbajtjes së dozimetrave termolumeneshent nga ana e punonjësve në qendrat që përdorin burime të rrezatimeve jonizuese. Si rregull, ato mbahen nga punonjësit për një periudhë dy mujore, pas së cilës këta dozimetra i nënshtrohen matjes. Rezultatet e matjeve nga ky kontroll i bëhen të njohura çdo punonjësi, ndërkohë që me këto të dhëna krijohet një arkiv, i cili përmban dozat që ka marrë çdo punonjës për periudhën që i është nënshtuar këtij kontrolli.

Në vendin tonë këtë kontroll e organizon Instituti i Fizikës Bërthamore të Zbatuar, por për shkaqe objektive ky kontroll ende nuk është shtrirë në të gjithë vendin.

Meqenëse punonjësit e radiologjisë të spitalit rajonal “Omer Nishani” Gjirokastër nuk janë të përfshirë në kontrollin dozimetrik personal të vendit tonë, nga ana e jonë u ndërmorr një studim, në formën e një eksperimenti sondazh të fokusuar te mjekët dhe teknikët radiologë në këtë spital, për të përcaktuar dozat ekuivalente që marrin këta punonjës për një periudhë dymujore.

Për këtë qëllim 15 dozimetra TLD-100 i'u dorëzuan mjekëve dhe punonjësve radiologë sipas rregullave të përcaktuara nga Instituti i Fizikës Bërthamore të Zbatuar për një periudhë dymujore (Prill-Maj 2014). Me mbarimin e këtij afati dozimetrat u mbledhën dhe u matën në sistemin dozimetrik Harshaw 4500 (shtojca 2).

Duke mbajtur parasysh procedurat e matjeve të dozimetrave termolumineshent me sistemin dozimetrik Harshaw 4500 kryem matjen e dozimetrave të mjekëve dhe të teknikëve radiologë. Rezultatet e matjeve janë paraqitur në tabelën e mëposhtme.

Tabela 14. Dozat ekuivalente të mjekëve dhe teknikëve radiologë të spitalit rajonal “Omer Nishani”, Gjirokastër për periudhën dymujore prill-maj 2014

Numri i dozimetrit të punonjësve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Doza ekuivalente (mSv)	0.29	0.24	0.28	0.21	0.24	0.23	0.21	0.28	0.26	0.27

Numri i dozimetrit të punonjësve	11	12	13	14	15
Doza ekuivalente (mSv)	0.20	0.26	0.24	0.21	0.28

Nga rezultatet e marra, vërehet se dozat ekuivalente që i janë nënshtruar stafi mjekësor i spitalit rajonal “Omer Nishani” të Gjirokastrës, janë shumë më të ulta se doza kufi të përcaktuara për periudhën dymujore.

Duke mbajtur parasysh që vlera kufi e dozës ekuivalente për punonjësit profesionist është $20mSv$, i takon që doza kufi për periudhën dymujore të jetë $3.4mSv$, dozat ekuivalente të marra nga personeli mjekësor janë thuajse dhjetë herë më të vogla se doza kufi dymujore.

Nisur nga parimi i optimizimit të mbrojtjes nga rrezatimet, mund të thuhet se dozat e marra prej punonjësve të radiologjisë së këtij spitali janë doza të optimizuara, pra doza që jo vetëm janë nën dozën kufi, por janë njëkohësisht doza të vogla.

Rezultatet e matjeve për ekspozimet profesionale të punonjësve, të cilët janë të përfshirë në rrjetin e monitorimit dozmetik që funksionon pranë IFBZ, paraqiten në një relacion të posaçëm. Një kopje e këtij relacioni i dërgohet qendrës së punës (spitalit ose klinikës radiologjike) dhe një kopje tjetër ruhet në arkivin e mbrojtjes nga rrezatimi të Institutit të Fizikës Bërthamore të Zbatuar. (Një shembull i formulimit të këtij relacioni është parqitur në shtojcën 2).

5.5 Matja e dozave të ekspozimeve të jashtme dhe të brendshme për disa zona me interes turistik

Përveç matjes së ekspozimeve të jashtme, dozimetria termolumineshente ndihmon edhe në përcaktimin e dozës totale të organizmit në vende të ndryshme duke marrë në konsideratë edhe rrezatimin e brendshëm. Kjo gjë është me interes sidomos për vendet turistike dhe muzeale me të cilat qyteti i Gjirokastrës është relativisht i pasur. Ashtu si rrezatimi i jashtëm paraqet rëndësi për zonat turistike edhe rrezatimi total, që është gjithashtu i rëndësishëm si një parametër i mjedisit.

Si pjesë të studimit tonë kemi edhe matjen e dozave të rrezatimeve jonizuese për nivelet e rrezatimit në zonat muzeale të qytetit të Gjirokastrës nëpërmjet metodës termolumineshente. Në studim është kryer një vlerësim i dozës së rrezatimit natyror (të popullsisë) të zonave muzeale të qytetit të Gjirokastrës, shkaktuar nga burimet e jashtme natyrore.

Matjet me dozimetrat TLD-100 janë kryer në pesë pika të ndryshme të zonës muzeale të qytetit, të cilat qëndruan për tre muaj në këto pika. Ndërkohë, u kryen matje me aparatën “Fieldspec” në pesë pika të ndryshme të kalasë së qytetit.

Për të përcaktuar ekspozimet e jashtme të popullatës nga burimet natyrore të rrezatimeve, siç u përmend më sipër, u përdorën dozimetrat TLD dhe aparati “Fieldspec”, ndërsa për llogaritjen e dozave të rrezatimit të brendshëm u përdorën të dhënat për përqëndrimin e radonit në qytetin e Gjirokastrës, që përmbahen në hartën e rajonizimit të radonit për vendin tonë (shtojca 3), një studim ky i ndërmarrë nga IFBZ dhe Instituti i Gjeoshkencës, si dhe të dhëna për dozat e ndryshme të huazuara nga botimet e organizateve të specializuara ndërkombëtare.

Në tabelat 15 dhe 16 janë paraqitur respektivisht vlerat e fuqisë së dozës dhe të dozës ekuivalente të cilat kanë rezultuar nga matjet e kryera në zonën muzeale.

Tabela 15.

Nr. rendor i kartave	Emri i pikës së vendosjes të TLD-100	ii Vlera në (nC)	ii H (μ Sv)	iii Vlera në (nC)	iii H (μ Sv)
1	Qafa e Pazarit	6.641	176.148	6.777	179.761
2	Inspektorati i punës	6.029	159.936	6.236	165.411
3	Posta Shqiptare, Gjirokastrë	5.963	158.180	5.656	150.034
4	Gjimnazi “Asim Zeneli”	5.900	156.504	6.220	164.997
5	Bashkia e qytetit, Gjirokastrë	6.023	159.785	6.284	166.692

Duke përpunuar vlerat e dozave ekuivalente H , të sjella në tabelën e mësipërme, merren këto vlera për mesateren dhe për devijimin standard

Vlera mesatare: $0.164mSv$

Devijimi standard: $0.009mSv$, 0,009

Meqenëse vlerat e treguara në tabelën e mësipërme i takojnë një kohe prej tre muajsh, vlerat vjetore të këtyre rrezatimeve do të merren duke shumëzuar me katër vlerat e sjella më sipër për vlerën mesatare dhe për devijimin standard:

Doza vjetore: $0.164 \times 4 = 0.656mSv$

Devijimi standard: $0.009 \times 4 = 0.036mSv$

Duke rrumbullakosur shifrat e fundit, doza mesatare vjetore nga rrezatimi i jashtëm del e barabartë me:

$$\underline{D = (0.66 + 0.04)mSv}$$

Koeficienti i variacionit ose gabimi relativ në përqindje është:

$$\underline{KV = 0.04 \times 100\% / 0.66 = 6.1\%}$$

Tabela 16.

Nr.matjeve	Pozicioni gjeografik në pika të ndryshme në kalanë e Gjirokastrës	Fuqia e dozës në nSv/h
1	KALA 1 (40.04.39,982"N - 20.08.33,919"E)	72
2	KALA 2 (40.04.42,621"N - 20.08.49,397"E)	81
3	KALA 3 (40.04.29,100"N - 20.08.31,522"E)	64
4	KALA 4 (40.04.29,226"N - 20.08.31,444"E)	79
5	KALA 5 (40.04.44,471"N - 20.08.51,575"E)	71

Duke bërë përpunimin e matjeve të tabelës së mësipërme, del se vlera mesatare dhe devijimi standard i fuqisë së dozës është:

Vlera mesatare: $73.400nSv/ore$

Devijimi standard: $6.804nSv/ore$

Duke mbajtur parasysh se një vit ka 8760 orë, doza mesatare vjetore dhe devijimi standard nga rrezatimi i jashtëm dalin të barabartë me:

Vlera mesatare: $73.400nSv/ore \times 8760ore = 642984nSv = 0.642mSv$

Devijimi standard : $6.804nSv/ore \times 8760ore = 59.603nSv = 0.060mSv$

Duke rrumbullakosur shifrat e fundit, doza mesatare vjetore nga rrezatimi i jashtëm del e barabartë me:

$$D = (0.64 + 0.06)mSv$$

Koeficienti i variacionit ose gabimi relativ në përqindje është:

$$KV = 0.06 \times 100\% / 0.64 = 9.4\%$$

Ndërkohë, për gjetjen e dozës si nga rrezatimi i jashtëm ashtu dhe ai i brendshëm është e nevojshme që t'i referohemi të gjitha burimeve natyrore të rrezatimeve [34]. Këto burime janë renditur me poshtë:

- *Burimet tokësore* të rrezatimeve që vijnë si rezultat i ndodhjes në tokë të elementeve radioaktive (U, Th, Ra etj.) dhe krijojnë tek organizmi i njeriut një dozë prej $0.5mSv/vit$.
- *Burimet kozmike* të rrezatimeve që vijnë deri në sipërfaqen e tokës nga hapësirat kozmike dhe krijojnë tek organizmi i njeriut një dozë prej $0.4mSv/vit$.
- *Burimet që ndodhen brenda organizmit të njeriut* (K-40, C-14 etj), krijojnë tek organizmi i njeriut një dozë prej $0.3mSv/vit$.
- *Gazi radioaktiv i radonit*, i cili nëpërmjet hyrjes në organizmin e njeriut së bashku me ajrin, krijon tek ky i fundit një dozë prej $1.2mSv/vit$.

Duke bërë bilancin e ekspozimit të njeriut nga burimet e ndryshme natyrore të rrezatimit, del që doza mesatare nga burimet natyrore është rreth $2.4mSv$ në vit.

Meqenëse rrezatimi i brendshëm shkaktohet nga gazi i radonit, ne jemi përpjekur të gjejmë dozën ekuivalente që shkakton ky gaz në organizmin e njeriut nisur nga formulat e propozuara nga UNSCEAR, Komisioni Ndërkombëtar i Mbrojtjes Radiologjike dhe organizata të tjera ndërkombëtare.

Duke shfrytëzuar hartën e rajonizimit të radonit për vendin tonë (shtojca 3), ne kemi gjetur si vlerë mesatare për qytetin e Gjirokastrës shifrën prej $46Bq/m^3$.

Lidhur me rrezatimin e brendshëm doza ekuivalente vjetore H që krijon radoni në organizmin e njeriut, përcaktohet nga formula [53]:

$$H = C \cdot F \cdot D \cdot T \cdot t$$

ku H - doza ekuivalente në mSv

: C - përqendrimi i radonit në mjedisin e mbyllur

F - koeficientimi i konvertimit dozë-përqendrim	$F = 9 \cdot 10^{-6} \text{ mSv/Bq/m}^3$
D - faktori i ekuilibrit të radonit me pasardhësit e tij	$D = 0.4$
T - faktori i qëndrimit të njeriut në mjedisin e mbyllur	$T = 0.8$
t - koha vjetore e ekspozimit	$t = 8760 \text{ orë}$

Nisur nga vlera mesatare e gjetur për përqendrimin e radonit në qytetin e Gjirokastrës prej 46 Bq/m^3 , doza efektive vjetore që ai krijon në organizëm, del e barabartë me 1.16 mSv .

$$H = 46 \cdot 9 \cdot 10^{-6} \cdot 0.4 \cdot 0.8 \cdot 8760 = 1.16 \text{ mSv}$$

Ndërkohë, doza që krijohet nga lëndët radioaktive natyrore që ndodhen në dietën ushqimore, është 0.37 mSv .

Kësaj doze i shtohen edhe 0.12 mSv , që i takon dozës nga neutronet të cilat përmbahen në rrezatimin kozmik për gjerësinë gjeografike të qytetit të Gjirokastrës (40 grade gjerësi veriore) dhe që nuk është evidentuar nga matjet tona.

Duke u nisur nga vlerat e mësipërme për dozat vjetore të marra nga burime të ndryshme natyrore të rrezatimeve, doza vjetore për rrezatimin e jashtëm dhe të brendshëm do të jetë:

$$H = H_1 + H_2 + H_3 + H_4$$

ku dozat përbërëse kanë kuptimet dhe vlerat e mëposhtme:

H_1 - doza nga burimet e jashtme:	0.64 mSv
H_2 - doza nga rrezatimi neutronik:	0.12 mSv
H_3 - doza nga dieta ushqimore:	0.37 mSv
H_4 - doza nga radoni:	1.16 mSv

Duke zbatuar formulën e mësipërme, zëvendësojmë vlerat e gjetura:

$$H = 0.64 \text{ mSv} + 0.12 \text{ mSv} + 0.37 \text{ mSv} + 1.16 \text{ mSv} = 2.29 \text{ mSv}$$

Vlera e gjetur për dozën vjetore ekuivalente nga burimet e jashtme dhe të brendshme, nga burimet natyrore për zonën muzeale të qytetit të Gjirokastrës është 2.29 mSv . Vlera e gjetur nga ne për këtë zonë është më e vogël se mesatarja botërore e dozës nga burimet natyrore të rrezatimeve që është e barabartë me 2.40 mSv /vit .

PËRFUNDIME

Nga rezultatet e fituara në këtë studim nëpërmjet matjeve të ndryshme të kryera me dozimetrat termolumeneshente, për nivelet e rrezatimeve natyrore në qytetin e Gjirokastrës, për ekspozimet mjekësore dhe ekspozimet profesionale, si dhe për dozat nga rrezatimet e brendshme dhe të jashtme arrijnë në këto përfundime:

» Nivelet e rrezatimeve natyrore për qytetin e Gjirokastrës të gjetura nëpërmjet matjeve të kryera me dy metoda të pavarura dhe konkretisht: me dozimetrat termolumeneshent dhe aparatit me detektor shintlues “Fieldspec”, dhanë vlera shumë të përafërta për dozën vjetore të popullatës nga rrezatimi i jashtëm i burimeve natyrore. Këto vlera janë në përputhje të mirë me vlerat e matura për nivelet e rrezatimit në disa qytete të vendit nëpërmjet rrjetit të monitorimit të rrezatimeve.

» Për ekspozimet mjekësore matjet e kryera me detektorët termolumeneshente dhanë rezultate të cilat mund të konsiderohen inkurajuese, për faktin se të gjitha vlerat e matura janë më të ulta se ato që kanë vendosur organizatat e specializuara ndërkombëtare për këto lloje ekspozimesh nëpërmjet niveleve udhëzuese të përcaktuara prej tyre.

Ky përfundim mund të vërehet nga vlerat e sjella në tabelat respektive për këto lloj ekspozimesh me vlerat e niveleve udhëzuese që jepen në fund të çdo tabele, për grafi-skopitë, CT-skaner dhe grafitë dentare.

» Lidhur me ekspozimet profesionale, të cilat kryhen për herë të parë për stafin e radiologjisë së spitalit rajonal “Omer Nishani”, në qytetin e Gjirokastrës, vërehet se vlerat e këtyre ekspozimeve për periudhën dymujore të studimit të kryer, janë sa një e dhjeta e dozës kufi të përcaktuar nga rregulloret në fuqi.

Ky rezultat i fituar jep një farë sigurie, se puna e stafit mjekësor të radiologjisë së këtij spitali kryhet sipas rregullave, duke siguruar mbrojtjen e përshtatshme në punë të personelit.

» Në studim është bërë një përpjekje për të llogaritur dozën e popullatës nëpërmjet vlerave të rrezatimit të brendshëm dhe të jashtëm për zonën muzeale të qytetit, e cila paraqet rëndësi nga pikëpamja turistike. Në këtë zonë janë kryer matjet përkatëse për rrezatimin e jashtëm, kurse për rrezatimin e brendshëm që përbëhet nga radoni dhe dieta ushqimore, jemi mbështetur në vlerat e gjetura për përqëndrimin mesatar të radonit në qytetin e Gjirokastrës,

nga harta e rajonizimit të radonit si dhe nga të dhënat e literaturës ndërkombëtare për dozat e brendshme të krijuara nga dieta ushqimore.

» Nga ana e jonë u arrit pjesëmarrja në një projekt për përcaktimin e vlerave të përqëndrimit të radonit në qytet si dhe në fshatin Fushëbardhë, ku ekziston miniera e fosforiteve, të cilat përmbajnë nivele relativisht të larta të uraniumit. Matjet përkatëse janë ende në proces përpunimi dhe me kryerjen e tyre ekziston mundësia për të bërë një rivlerësim të kësaj doze për rajonin e Gjirokastrës.

» Për kryerjen e studimit të paraqitur në këtë disertacion u shfrytëzuan pajisjet e laboratorit të kalibrimeve dozimetrike të Institutit të Fizikës Bërthamore të Zbatuar, të cilat krijuan mundësinë e marrjes së tufave të rrezatimit X dhe të rrezeve gama. Po ashtu u shfrytëzua aparati matës “Thermo Scientific” (Harshaw 4500), që ndodhet gjithashtu në këtë institucion.

» Nëpërmjet studimit të kryer, janë realizuar matje të cilat ndërmerren për herë të parë në qytetin e Gjirokastrës. Gama e matjeve në çdo rast ka qënë e kufizuar për arsye objektive, si pasojë ky studim nuk mund të konsiderohet shterues. Nga ana tjetër, është e nevojshme të kryhen studime të tjera më të detajuara që mund të marrin në konsideratë si këtë çështje ashtu dhe probleme të tjera që lidhen me rrezatimet dhe radioaktivitetin në këtë qytet. Të tilla janë: luftimi i trafikut të paligjshëm ndërkufitar të materialeve radioaktive, studimi i gjetjes eventuale të mbetjeve radioaktive nga përdorimet ushtarake në të kaluarën të burimeve radioaktive në këtë rajon etj.

» Me këtë studim mendojmë se është dhënë një kontribut modest për çeljen e një drejtimi të ri pune studimore për zbatimin e metodave të fizikës bërthamore në problemet praktike të veprimtarive me rrezatime, që kryhen në qytetin e Gjirokastrës.

REKOMANDIME

- Krahas përfundimeve të arritura, nga studimi i ndërmarrë dalin njëkohësisht disa rekomandime që mund të mbahen parasysh nga organet e interesuara, nga studime të tjera të ngjashme ose të fushave të tjera të afërta.

- Lidhur me monitorimin e niveleve të rrezatimeve të jashtme nga burimet natyrore të cilat nga studimi i kryer dolën në vlera të përafërta me ato të qyteteve të tjera të vendit, del si detyrë pajisja e instiucioneve akademike të qytetit me aparatet e nevojshme për kryerjen e këtij monitorimi.

- Vlerat e fituara nga ky monitorim do të përbënin bazën e parë të të dhënave për nivelet e rrezatimeve natyrore në qytetin e Gjirokastrës dhe do të shërbenin njëkohësisht për evidentimin e situatave dhe emergjencave të mundshme radiologjike në këtë qytet dhe rajon. Ndërkohë, duhet të bëhen propozimet përkatëse që në qytetin e Gjirokastrës të parashikohet montimi i një pajisjeje automatike për regjistrimin e nivele të rrezatimit në kuadrin e ngritjes së një rrjeti të ri të monitorimit të rrezatimeve për të gjithë vendin.

- Monitorimi i ekspozimeve mjekësore përbën gjithashtu një fushë të rëndësishme veprimtarie që kërkon kujdes të vazhdueshëm. Siç u nënvizua në studim, ekspozimet mjekësore po pësojnë një rritje të vazhdueshme për shkak të rritjes së numrit të pajisjeve diagnostikuese me rrezatime ashtu dhe futjes së aparateve të reja me doza relativisht të larta të ekspozimeve. Kjo ndikon në mënyrë direkte në rritjen e dozën së përgjithshme të popullatës nga këto ekspozime dhe rritjes së njëkohshme të risqeve dëmtuese stokastike nga këto ekspozime. Ky monitorim mund të kryhet me sukses në mënyrë periodike nga Instituti i Fizikës Bërthamore të Zbatuar, në bashkëpunim me personelin mjekësor ose akademik të qytetit.

- Matja e ekspozimeve profesionale, që u kryhen për herë të parë në këtë studim të stafit mjekësor të spitalit rajonal “Omer Nishani” të qytetit të Gjirokastrës, shënon një hap të ri dhe të domosdoshëm për këtë staf. Nga rezultatet e fituara del se ekspozimet e stafit mjekësor janë më të ulta se doza kufi, megjithatë kjo nuk do të thotë në asnjë mënyrë se ky staf mund të vazhdojë punën e tij pa kontrollin dozimetrik personal. Në të kundërt, ne rekomandojmë në mënyrë të fortë që stafi mjekësor i spitalit rajonal “Omer Nishani”, edhe personeli i klinikave

private që përdorim aparate me rrezatime jonizuese, duhet të bëjnë përpjekjet e nevojshme, që të përfshihen sa më parë në skemën e kontrollit të rregullt dozimetrik personal, i cili realizohet nga IFBZ.

- Matja e rrezatimeve të brendshme, që realizohet nëpërmjet matjes së përqëndrimeve të radonit me mjedise të mbyllura kërkon pajisje të posaçme, të cilat, si rregull, administrohen nga institucione të specializuara. Por stafi lokal akademik i qytetit mund të luajë një rol të rëndësishëm për këtë problem, siç u tregua nëpërmjet pjesëmarrjes në projektin e matjes së përqëndrimeve të radonit në shkallë vendi. Është detyrë e këtyre institucioneve të specializuara për të tërhequr në punën e tyre bashkëpunëtorët lokale, të cilët mund të luajnë një rol të pazëvendësueshëm në shumë projekte. Ky bashkëpunim, me vlera të ndërsjellta, duhet të karakterizojë punën e këtyre institucioneve.

Rekomandimet tona synojnë përmirësimin e punës në drejtimet e mëposhtme:

✓ Kryerja e monitorimeve të vazhdueshme dhe sistematike të niveleve të rrezatimeve nga burimet natyrore nëpërmjet përdorimit të aparateve të posaçme nga stafet lokale. Të bëhen përpjekje për instalimin në qytetin e Gjirokastrës të pajisjeve monitoruese të rrezatimeve, me rastin e konceptimit dhe realizimit të rrjetit kombëtar të monitorimit të niveleve të rrezatimeve.

✓ Kryerja e matjeve periodike për ekspozimet mjekësore nëpërmjet detektorëve të ndryshëm, në bashkëpunim me institucione të specializuara për mbajtjen e tyre nën nivelet udhëzuese për këto ekspozime.

✓ Kryerja e përpjekjeve të nevojshme për hyrjen sa më parë që të jetë e mundur e stafit mjekësor të qytetit të Gjirokastrës, që përdor aparate të rrezatimit X, në skemën e kontrollit dozimetrik personal, i cili realizohet në rang vendi nga IFBZ. Kjo veprimtari që shoqërohet me kryerjen e ekspertizave të kabineteve të rrezeve X, do të evidentojë edhe marrjen e masave për të realizuar një mbrojtje të sigurt nga rrezatimet të stafit mjekësor, të pacientëve dhe të publikut.

✓ Sigurimi i pjesëmarrjes së rregullt të stafit akademik të qytetit në projekte kombëtare për të përballuar në nivele lokale detyra të ndryshme studimore. Pjesëmarrja në projektin e radonit përbën një eksperiencë të mirë që duhet të mbahet parasysh në të ardhmen.

✓ Të bëhen propozimet konkrete nga autoritete kompetente për pjesëmarrje në projekte të tilla, si: luftimi i trafikut ndërkuftar të materialeve radioaktive; identifikimit të burimeve radioaktive dhe në probleme të tjera me karakter mjedisor.

REFERENCA

1. Alberts, W.G., Bohem, J., Kramer, H.M., Iles, W.J., Mcdonald, “*International standardization of reference radiations and calibration procedures for radiation protection instruments*”, Strahlenschutz: Physik und Messtechnik, Vol. 1 (Koezer W., Maushart R., Eds.), TUV Rheinland Gmbh, Köln 181–188, 1994.
2. Ambrozi, P., Buchholz G., Bohem, J., Giffith, R.V., Herrmann, D., *Results of the IAEA intercomparison for individual monitoring*, Radiat. Prot. Dosim. 54, 5–17, 1994.
3. Blasse G., Grebmar B., *Luminescent materials*, Springer-Verlag, (1994).
4. Chen R, McKeever S, *Theory of thermoluminescence and related phenomena*, World Scientific Publishing Co., Pte Ltd, Singapore (1997).
5. Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation, *Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation* (BEIR V) National Academy Press, Washington, D.C. 1990.
6. Dollani K, *Dozimetria dhe mbrojtja nga rrezatimet*, Shtëpia Botuese Pegi, Tiranë, 2007.
7. Harrison J., “*Use of Effective Dose*”, 3rd International Symposium on the System of Radiological Protection, Seoul, 2015.
8. Harvey E, *A history of luminescence from early times until 1900*, Dover Phoenix Editions, USA, (2005).
9. Horowitz Y, Oster L, Datz H, *The thermoluminescence dose-response and other characteristics of the high-temperature TL in LiF:Mg,Ti (TLD-100)*, Radiat. Prot. Dosimetry 124(2):191-205, (2007).
10. IAEA *Basic Safety Standards*, Safety Series No.9, IAEA, Vienna, Austria, 1962.
11. IAEA *Radiation Biology: A Handbook for Teachers and Students*, Training Course Series 42, Vienna, Austria, 2009.
12. IAEA *Radiological Protection for Medical Exposure to Ionizing Radiation Safety Guide*, IAEA Safety Standards Series RS-G-1.5, Vienna, Austria, 2002
13. IAEA, *Application of concepts of exclusion, exemption and clearance*, Safety Series RSG-1.7, Vienna, Austria 2004.
14. IAEA, *Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation*, Safety Guide No. RS-G-1.3, Vienna, Austria, 1999.
15. IAEA, *Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments*, Safety Report Series No. 16, IAEA, Vienna, Austria, 2000.

16. IAEA, *Disposal of Radioactive Waste*, IAEA Safety Standards Series No SSR-5, Vienna, Austria, 2011
17. IAEA, *Health Effects and Medical Surveillance*, PRTM-3, Vienna, Austria, 2004.
18. IAEA, *Measurements Uncertainty, A practical Guide for Secondary Standards Dosimetry Laboratories*, IAEA-TECDOC-1585, Vienna, Austria, 2008.
19. IAEA, *Nuclear Techniques for Cultural Heritage Researches*, IAEA Radiation Technology Series No. 2, Vienna, Austria (2011).
20. IAEA, *Occupational Radiation Protection*, Safety Standards Series No. RSG-1.1, IAEA, Vienna, Austria, 2009.
21. IAEA, *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards*, General Safety Requirements, IAEA Safety Standards Series GSR Part 3, Vienna, Austria 2014.
22. IAEA, *Safety culture in nuclear installations*, IAEA-TECDOC-1329, Vienna, Austria, 2002.
23. ICRP *Preventing Accidental Exposures from New External Beam Radiation Therapy Technologies*, ICRP Publication 112 Ann. ICRP 39 (4), 2009.
24. ICRP *Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency* ICRP Publication 63 Ann. ICRP 22 (4), 1992
25. ICRP, *Radiological Protection in Medicine*, ICRP Publication 105 Ann. ICRP 37 (6), 2007
26. ICRP, *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication 103; Ann. ICRP, 37(2-4), 2007.
27. International Commission on Radiation Quantities and Measurements, *Fundamental Quantities and Units for ionizing radiation*, ICRU Reports 85a. J ICRU 11 (1a), 2011.
28. International organization for standardization, *X and Gamma Reference Radiations for Calibrating Dose Meters and Dose Rate Meters and for Determining Their Response as a Function of Photon Energy — Characteristics of the Radiations and their Methods of Production*, ISO Standard 4037-1, Geneva, 1995.
29. Jankovic L, Dragovic D, *Assessment of terrestrial gamma exposure to the population of Belgrade*, Radiat. Prot. Dosimetry, 140, 4, 369;377, 2010.
30. Kham Suan Pau PhD, *Thesis on Dosimetry*, Mizoram University, (Supervisor: Prof. R C Tiwari), 2013.

31. Kron T, *Thermoluminescence dosimetry and its applications in medicine*. Australas Phys Eng Sci Med. 17(4):175-99 (1994).
32. Kron T, *Thermoluminescence dosimetry and its applications in medicine*. Australas Phys. Eng. Sci. Med, 18(1), 1-25, 1995.
33. Ligji “Për mbrojtjen nga rrezatimet” Nr. 8025, datë 09.11.1995.
34. Makolli S, Dollani K, Bode K, Dumani Sh, Hodolli G, Kadiri S, *Radiation doses by natural sources to Pristina population*, Albanian Journal of Natural and Technical Sciences, Vol. 2, 35, 2013.
35. Mattsson S. and Hoeschen C. (eds.) *Radiation Protection in Nuclear Medicine*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2013.
36. McKeever S, Moscovitch M, Townsend D, *Thermoluminescent Dosimetry Materials: Properties and Uses*, Nuclear Technology Publishing, England (1997).
37. Nuclear Regulatory Commission. "NRC Regulations: pg.34.3 Definitions". United States Government. 2007.
38. Oberhofer M and Sharmann A (Eds), *Applied thermoluminescence dosimetry*. Published by Adam Higler for CEC, (1981).
39. Parry R, Glaze.B, Archer, B, *The AAPM/RSNA Physics Tutorial Patient Radiation Doses*, RSNA Scientific Assembly, New York, USA, 1998.
40. Preston J., *Radiation Effects*, ICRP Symposium on International System of Radiological Protection, Bethesda, MD, USA, 2011.
41. Ronda C., *Luminescence from theory to applications*, Wiley-Verlag (2008).
42. Shahbazi-Gahrouei D, *Entrance surface dose measurements for routine X-ray examinations*, IJRR 4(1), 29-33, 2006.
43. *Technical Instruction on TLD-100 Cards Use and Measurements*, Thermoscientific Ltd, 2008.
44. *Technical Manual for Use of “Fieldspec” Instrument*, Target Company Ltd, Germany, 2004.
45. *Technical Manual for Use of Electrometer PTW UNIDOS*, PTW Braunschweig, Germany, 2009.
46. *Technical Manual for Use of the Gamma and X Ray Machines*, Hopewell Design Inc. Alfaretta, Georgia, USA, 2005.
47. *Technical Manual of Thermoscientific System (Harshaw 4500) with WinRems Soft ware*. Thermoscientific Ltd. Publication, 2008.

48. *Technical Manual with Data and Use of Ionization Chamber LS-01*, PTW Braunchweige, Germany, 2009.
49. *TLD-100™ Thermoluminescent Dosimetry Materials*, Thermoscientific Ltd, 2008.
50. Tsipenyik Y, *Nuclear Methods in Science and Technology*, IOP Publishing Ltd. (1997).
51. Tzortzis M, Svoukis E, Tsertos H, *A comprehensive study of natural gamma radioactivity levels and associated dose rate from surface soil in Cyprus*, Radiat. Prot. Dosimetry, 109, 217-224, 2010.
52. United Nations Scientific Commission on Effects of Atomic Radiation, *Sources and Effects of Ionizing Radiation*, United Nations, New York, 2010.
53. UNSCEAR (2008). *Sources and effects of ionizing radiation*. New York: United Nations Organization, 2010.
54. WHO *Use of ionizing radiation for medical researchs*, WHO, Geneve, 1977
55. WHO, *Basic of radiation protection, How to avhieve ALARA*, WHO, Geneva, 2004.
56. WHO, *Handbook on Radon Indoor*, WHO, Geneva, 2009.

SHTOJCA 1

Vendet e përzgjedhura (30 vende) sipas një shpërndarjeje gjeografike, të cilat mbulojnë gjithë shtrirjen e qytetit të Gjirokastrës.

Nr EMRI I VENDIT

- 1- Universiteti “Eqrem Çabej”, G.A
- 2- Universiteti “Eqrem Çabej”, G.B
- 3- Banka “Credins”, në afërsi të spitalit rajonal
- 4- Punti i gjakut, Gjirokastrë
- 5- Inspektoriati i punës
- 6- Qafa e pazarit, biznes privat artizanal
- 7- Zyra e Postës Shqiptare
- 8- Gjimnazi “Asim Zeneli”, K.1
- 9- Gjimnazi “Asim Zeneli”, K.2
- 10- Zyra, Bashkia Gjirokastrë
- 11- Shkolla “Andon Zako Çajupi”
- 12- Pika turistike, Virua, Bar-Restorant
- 13- Shkolla “Naim Frashëri”
- 14- Gjimnazi “Siri Shaplllo”, P.1
- 15- Gjimnazi “Siri Shaplllo”, P.2
- 16- Shkolla “Urani Rumbo”
- 17- Shkolla “Feim Ibrahim”
- 18- Kopshi i fëmijëve “Cicerimat 2”
- 19- Shkolla “Koto Hoxhi”, G.A
- 20- Shkolla “Koto Hoxhi”, G.B
- 21- Kopshti i fëmijëve “Soros”
- 22- Shkolla “Së bashku”
- 23- Shkolla “Pandeli Sotiri”
- 24- Kala e Gjirokastrës, Hyrja qendrore
- 25- Kopshi i fëmijëve, Lagjia Manalat
- 26- Kopshti i fëmijëve “Soros 2”
- 27- Agjensi udhëtimesh, afër urës së lumit, lagjia 18-Shtatori
- 28- Shkolla e mesme profesionale “Pandeli Sotiri”
- 29- Kopshti i fëmijëve, Lagjia Zinxhira
- 30- Shkolla jopublike, “Kryqi i nderuar”

SHTOJCA 2

RAPORT

REZULTATET E MATJEVE TË KONTROLLIT DOZIMETRIK PERSONAL PËR
PUNONJËSIT E SPITALIT RAJONAL “OMER NISHANI”, GJIROKASTËR.

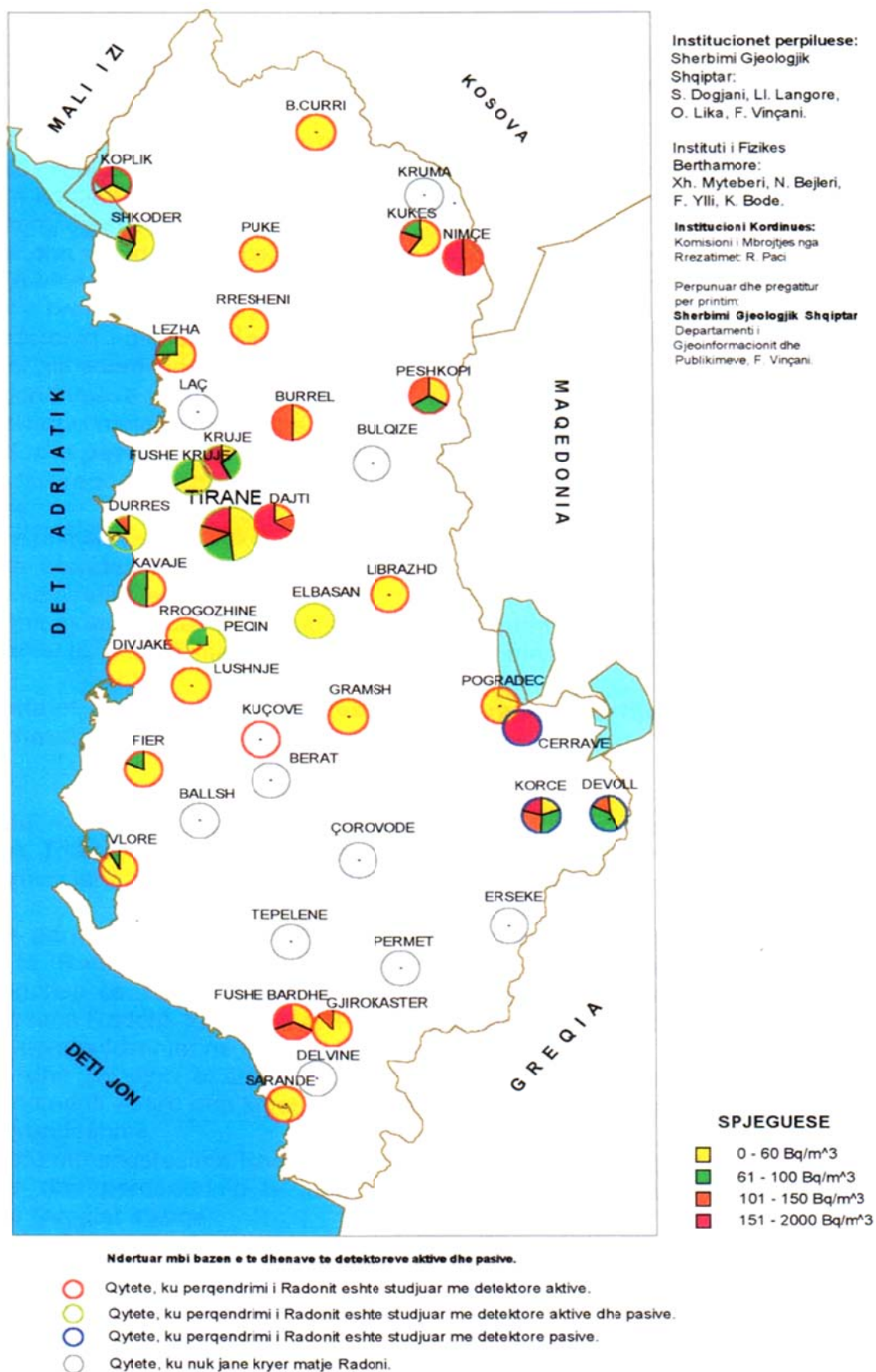
Periudha e matjeve: *Prill-Maj 2014*

Nr.	Emri mbiemri i punonjësit	Doza (mSv)
1.	Mjek / Punonjës radiolog 1	0.29
2.	Mjek / Punonjës radiolog 2	0.24
3.	Mjek / Punonjës radiolog 3	0.28
4.	Mjek / Punonjës radiolog 4	0.21
5.	Mjek / Punonjës radiolog 5	0.24
6.	Mjek / Punonjës radiolog 6	0.23
7.	Mjek / Punonjës radiolog 7	0.21
8.	Mjek / Punonjës radiolog 8	0.28
9.	Mjek / Punonjës radiolog 9	0.26
10.	Mjek / Punonjës radiolog 10	0.27
11.	Mjek / Punonjës radiolog 11	0.20
12.	Mjek / Punonjës radiolog 12	0.26
13.	Mjek / Punonjës radiolog 13	0.24
14.	Mjek / Punonjës radiolog 14	0.21
15.	Mjek / Punonjës radiolog 15	0.28

Shënim: Doza kufi për periudhën dymujore është 3.4mSv .

SHTOJCA 3

Harta e rajonizimit të radonit



AKTIVITETI SHKENCOR
(2012 - 2015)

ARTIKUJ TE BOTUAR

© Sinani.A, Dollani.K; *Radiation doses by external natural sources to the population of Gjirokastra City, Albania*, J.Int. Environmental Application & Science, vol.10(2), 2015, (pg.113-115).

© Sinani.A, Dollani.K; *Occupational and medical radiation exposures in regional hospital of Gjirokastra City, Albania*, IARJSET, vol. 2, Issue X, 2015, (pg.61-63).

© Sinani.A, Hodolli.G, Dollani.K; *Një vështrim teoriko-praktik i dozimetrisë termolumeneshente*; Buletini Shkencor Nr.40, FSHN, Universiteti i Gjirokastrës, 2015.

© G.Hodolli, A.Sinani, K.Dollani; *Aftësia e ruajtjes së informacionit në dozimetrat termolumineshent*; Buletini Shkencor Nr.40, FSHN, Universiteti i Gjirokastrës, 2015.

© Bashkëautorësi; *Varësia e përqëndrimit të radonit nga disa parametra në lokacione të mbyllura në Kosovë*; Buletini Shkencor Nr.38, FSHN, Universiteti i Gjirokastrës, 2014.

PJESËMARRJE NË KONFERENCA

© Sinani.A, K.Dollani; *Medical exposures by radiological examination in regional hospital of Gjirokastra City, Albania*; International Conference of Ecosystems, ICE June 2015, (pg.506-509).

© Sinani.A, Dollani.K; *Dental radiography exposures and health risks*; Takimi 10-te Alb-Shkenca, Gusht 2015.

© Sinani.A, Dollani.K; *Radiation levels of the museum areas in Gjirokastra city*, International Conference “Research and Education in Natural Sciences” HERTSPO 2015.

© Bashkëautorësi, *Calibration and comparison of thermoluminescent dosimetry system*; New Technologies and Applications in Medicine; NTAM 2014, Tirana.