



**U Osijeku 20.rujna 2017.**

**Prof.dr.sc. Dario Faj**

**PROCJENA MEDICINSKOG OZRAČENJA STANOVNIŠTVA REPUBLIKE  
HRVATSKE TE IZRADA RASPODJELE PROCIJENJENIH DOZA PACIJENATA  
ZA STANOVNIŠTVO I PREPORUČENIH VRIJEDNOSTI DOZA U MEDICINI I  
DENTALNOJ MEDICINI**

## UVOD

Tijekom projektnog zadatka ugovorenog s Državnim zavodom za radiološku i nuklearnu sigurnost (DZRNS):

- izrađeni su upitnici za prikupljanje podataka potrebnih za procjenu doze pacijenta za najčešće postupke u dijagnostičkoj i intervencijskoj radiološkoj dijagnostici (DIR), dentalnoj medicini (DENT) i nuklearnoj medicini (NM),
- izrađena je procjena medicinskog ozračenja stanovništva od postupaka dijagnostičke i intervencijske radiologije (DIR), radiodijagnostičkih postupaka nuklearne medicine (NM) i radiodijagnostičkih postupaka u dentalnoj medicini (DENT) te raspodjela ozračenog stanovništva prema dobi i spolu za najčešće postupke u DIR, NM i DENT te
- izrađene su preporučene vrijednosti doza (DRL) za najčešće postupke u DIR i DENT i tipične vrijednosti administrirane aktivnosti radioizotopa u NM.

Gore navedeni postupci provedeni su u cilju ispunjenja uvjeta danih u članku 64. EU BSS direktive 59/2013 te članku 49. Pravilnika o uvjetima za primjenu izvora ionizirajućeg zračenja u medicini i dentalnoj medicini (NN/2013). Rezultati navedenih postupaka mogu se analizirati u cilju provjere i planiranja aktivnosti s ciljem povećanja radiološke sigurnosti pacijenta u DIR, DENT i NM u Republici Hrvatskoj (RH) te praćenja trendova tijekom duljeg vremenskog razdoblja. Također je dana kratka analiza prikupljenih podataka o načinu provedbe najčešćih postupaka u DIR, NM i DENT.

Metodologija procjene doprinosa medicinskog ozračenja ozračenju stanovništva rađena je prema metodologiji razvijenoj u EU DDmed projektu (1):

Kolektivna efektivna doza je zbroj ozračenja stanovništva svakim postupkom u DIR, DENT i NM:

$$E = \sum_{i=1}^n F_i D_i ,$$

gdje je :

E-kolektivna efektivna doza,

F-broj postupaka u godini za određeni radiodijagnostički postupak,

D-tipična efektivna doza za određeni radiodijagnostički postupak i

n-broj radiodijagnostičkih postupaka uključenih u procjenu kolektivne doze.

Obzirom na veliki broj postupaka koji postoje u DIR, u ovom izvješću odabran je pristup TOP 20 postupaka. Dakle, izabrano je 20 najčešćih postupaka, procijenjeno najvjerojatnije

ozračenje pacijenta te u konačnici ukupno ozračenje ekstrapolirano prema metodologiji danoj u izvještaju EU DDmed projekta (2). Sličan pristup odabran je i u DENT i NM, ali obzirom na manji broj postupaka u DENT i NM, obuhvaćen je veći dio mogućih postupaka.

U dokumentu je dana procjena broja postupaka u RH za 2015. godinu, najvjerojatnija efektivna doza pacijenta primljena tijekom postupka te DRL za najčešće postupke u DIR, DENT i NM.

Obzirom da je istovjetnu procjenu za 2010. godinu, u sklopu EU DDmed projekta izradila ista grupa, u dokumentu su podatci iz 2015. uspoređeni s podacima iz 2010. godine kada se to činilo potrebnim za naglašavanje nekog trenda.

Za skaliranje podataka za obje godine dane u dokumentu (2010. i 2015.) korišten je broj stanovnika iz popisa stanovništva za 2011. godinu, 4.290.000 stanovnika.

## DIJAGNOSTIČKA I INTERVENCIJSKA RADIOLOGIJA (DIR)

Za istraživanje preuzet je TOP 20 pristup (1).

Istraženi su isti DIR postupci kao i 2010. godine uz dodatak CT angiografija za koje je prije početka istraživanja procijenjen (a istraživanjem i potvrđen) značajan broj postupaka i značajan doprinos ukupnoj kolektivnoj efektivnoj dozi stanovništva RH u 2015. godini.

Tablica 1. prikazuje TOP 20 postupaka koji su uključeni u istraživanje i njihov uobičajen doprinos u broju i ozračenju stanovništva u zemljama EU (1).

Exam type or category	% of total frequency*	% of total S*
<b>Plain film radiography</b>		
1. Chest/thorax	12 - 29	0.7 - 5.2
2. Cervical spine	2.0 - 5.4	0.05 - 2.3
3. Thoracic spine	1.0 - 3.1	0.5 - 3.7
4. Lumbar spine (inc. LSJ)	2.8 - 9.6	2.0 - 17
5. Mammography	0.3 - 15	0.6 - 4.7
6. Abdomen	1.1 - 4.3	1.1 - 4.7
7. Pelvis & hip	6.3 - 10	2.8 - 9.4
<b>Radiography/Fluoroscopy</b>		
8. Ba meal	0.3 - 0.9	0.8 - 5.9
9. Ba enema	0.1 - 2.0	0.5 - 13
10. Ba follow	0.05 - 0.3	0.2 - 1.6
11. IVU	0.3 - 2.0	1.2 - 8.7
12. Cardiac angiography	0.2 - 1.3	1.0 - 9.9
<b>All angiography</b>	<b>1.1 - 2.4</b>	<b>6.4 - 16</b>
<b>CT</b>		
13. CT head	1.8 - 5.4	3.0 - 7.9
14. CT neck	0.06 - 0.9	0.1 - 1.1
15. CT chest	0.5 - 1.5	6.1 - 12
16. CT spine	0.3 - 2.8	1.5 - 13
17. CT abdomen	0.01 - 3.0	1.9 - 26
18. CT pelvis	0.03 - 1.5	0.3 - 9.7
19. CT trunk	0.1 - 5.6	1.1 - 27
<b>All CT</b>	<b>4.5 - 15</b>	<b>28 - 59</b>
<b>Interventional</b>		
20. PTCA	0.1 - 0.3	0.5 - 3.6
<b>All interventional</b>	<b>0.2 - 1.3</b>	<b>3.5 - 14</b>
<b>TOTAL 1-20</b>	<b>50-70</b>	<b>70-90</b>

\* Range over 10 DOSE DATAMED countries

Tablica 1. TOP 20 postupaka koji su uključeni u istraživanje i njihov uobičajen doprinos u broju i ozračenju stanovništva u zemljama EU

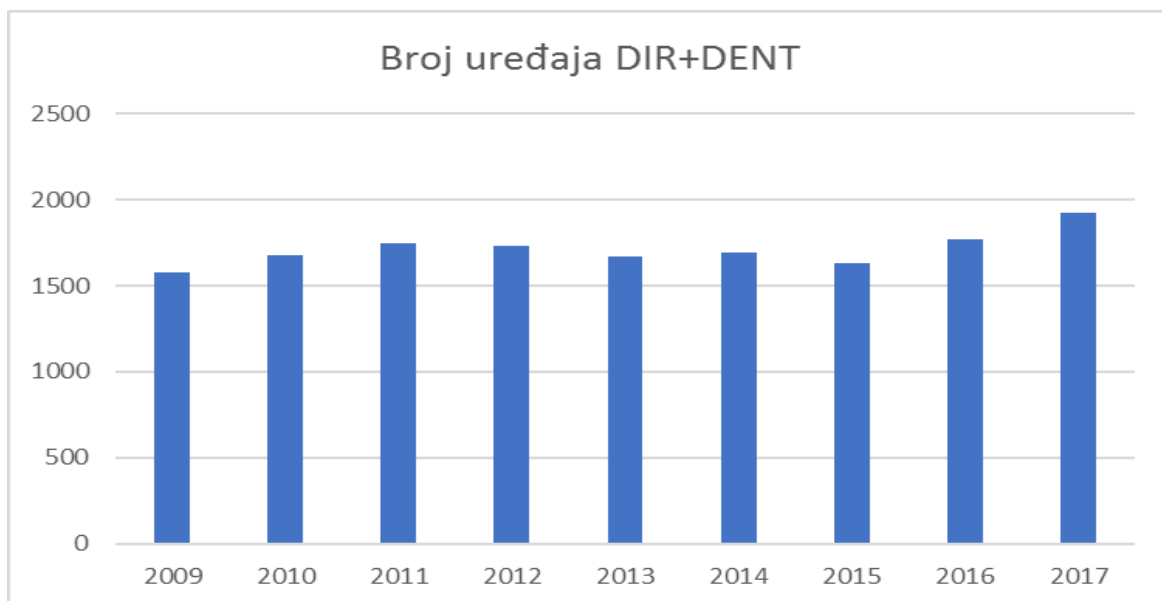
## Učestalost DIR postupaka 2015. godine

Istraživanje o ukupnom broju DIR postupaka u RH za 2015. godinu provodilo se prospektivno, slanjem upitnika svim državnim bolnicama i 50% svih ostalih ustanova koje su korisnici izvora ionizirajućeg zračenja. 50% je određeno slučajnim uzorkom uvažavajući tip i razinu bolnice (OŽB, OB, DZ, privatna, specijalna) i geografsku raspodjelu.

Analiziran je odziv po mjesecima i iskorišten za ekstrapolaciju podataka o broju postupaka na osnovi slanja i broja uređaja kako je to predloženo u izvještaju EU DDmed projekta (2).

Posebno su ekstrapolirani podatci državnih bolnica i svih ostalih ustanova obzirom da su upitnici slani svim državnim bolnicama i samo 50% ostalih ustanova.

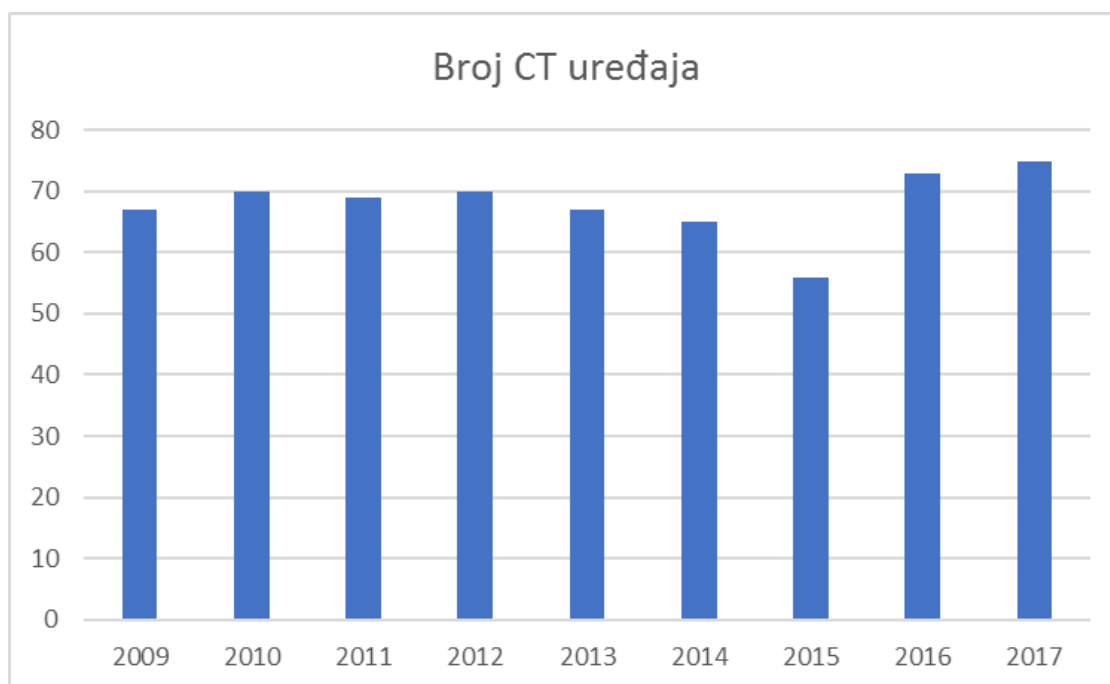
Za ekstrapolaciju prikupljenih podataka korišteni su podatci DZRNS o broju ustanova koje koriste rendgenske uređaje i broj uređaja. Na slici 1. vidi se kako se mijenjao broj rendgenskih uređaja u DIR i DENT od 2009. do 2017. godine.



Slika 1. Broj rendgenskih uređaja u DIR i DENT za vremensko razdoblje 2009. - 2017. godine

Vidi se trend porasta broja uređaja, uz iznimku 2012. – 2015. kada je vjerojatno jedan dio uređaja bio neprijavljen zbog problema s ishodenjem odobrenja za obavljanje djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja. Razumno je pretpostaviti da je dio uređaja radio i tijekom tog vremena te je u ovom izvješću ovo uzeto kao izvor nesigurnosti u procjeni broja postupaka u DIR i DENT.

Primjer broja CT uređaja dan je na slici 2.



Slika 2. Broj CT uređaja u DIR i DENT za vremensko razdoblje 2009. - 2017. godine

Prema podatcima iz DZRNS, 2015. godine u uporabi je bilo 54 CT uređaja. Prikupljeni podatci o broju postupaka su razdvojeni na postupke odrađene u državnim bolnicama i svim ostalim ustanovama. Za državne ustanove obrađeni su podatci za 11 od 14 CT uređaja (u obzir su uzeti i mjeseci kada podatci nisu dostavljeni) te su podatci ekstrapolirani s koeficijentom 1,27. U svim ostalim ustanovama obrađeno je 50 % ustanova te je ekstrapolacija napravljena s koeficijentom 2. Obzirom na veliki pad broja uređaja te godine, što može biti uzrokovano i problemima sa ishođenjem odobrenja za obavljanje djelatnost s izvorima ionizirajućeg zračenja i može biti popraćeno nastavkom rada, ova nesigurnost je uzeta u obzir pri procjeni nesigurnost računatih podataka.

### Upitnici za prikupljanje podataka o učestalosti DIR postupaka

Podatci za konvencionalnu radiografiju prikupljeni su za različite dobne skupine za postupke dane u tablici 2., za CT postupke u tablici 3., za dijaskopiju u tablici 4. za mamografiju u tablici 5., a za koronarnu angioplastiku (PCI) u tablici 6.

vrsta pregleda	uključeni pregledi	projekcija
toraks	pluća	AP
		PA+LL
		PA
	hemitoraks	-
vratna kralježnica		AP+LL
torakalna kralježnica		AP+LL
LS kralježnica		AP+LL
abdomen		-
zdjelica	ilium/ischium/pubis	-
	zdjelica s kukovima	-

Tablica 2. Postupci za konvencionalnu radiografiju za koje su prikupljeni podaci

vrsta pregleda	uključeni pregledi	kontrast
glava	glava - trauma	nativno
	mozak	nativno
		s kontrastom*
		nativno+kontrast*
	kosti lica	nativno
	sinusi	nativno
s kontrastom*		
nativno+kontrast*		
vrat	vrat	nativno
		s kontrastom*
		nativno+kontrast*
	vratna kralježnica	nativno
nativno+kontrast*		
prsni koš	prsni koš	nativno
		s kontrastom*
		nativno+kontrast*
	torakalna kralježnica	nativno
nativno+kontrast*		
abdomen	abdominalni organi (osim nadbubrežnih žlijezda)	nativno
		nativno+kontrast* (2 faze)
		nativno+kontrast* (3 faze)
	nadbubrežne žlijezde	nativno+kontrast* (4 faze)
	lumbalna kralježnica	nativno
nativno+kontrast*		
zdjelica	zdjelica	nativno
		nativno+kontrast*
	zdjelične kosti	nativno
udruženi CT pregledi	prsni koš + abdomen + zdjelica	nativno+kontrast*
	prsni koš + abdomen	nativno+kontrast*
	abdomen + zdjelica	nativno+kontrast*
CT angiografije	luk aorte	s kontrastom*
	pulmonalna angiografija	s kontrastom*
	abdominalna aorta i zdjelične arterije	s kontrastom*
	arterije nogu	s kontrastom*

Tablica 3. Postupci za CT za koje su prikupljeni podaci

vrsta pregleda
pasaža gastroduodenuma
Irigografija
pasaža tankog crijeva
intravenska urografija
Koronarografija

Tablica 4. Postupci za dijaskopiju za koje su prikupljeni podaci

vrsta pregleda	šifra pregleda
Mamografija	00389-1

Tablica 5. Postupci za mamografiju za koje su prikupljeni podaci

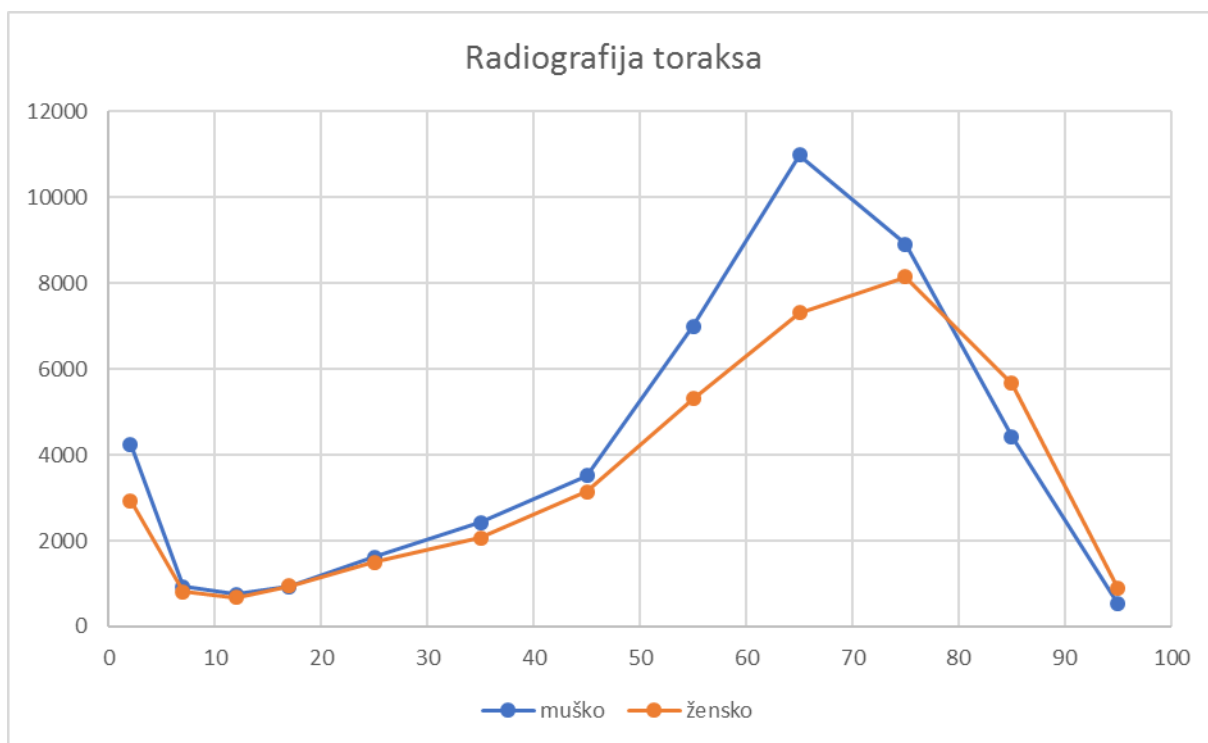
vrsta pregleda	šifra pregleda
koronarna angioplastika (PCI)	186

Tablica 6. Postupci za koronarnu angioplastiku (PCI) za koje su prikupljeni podaci

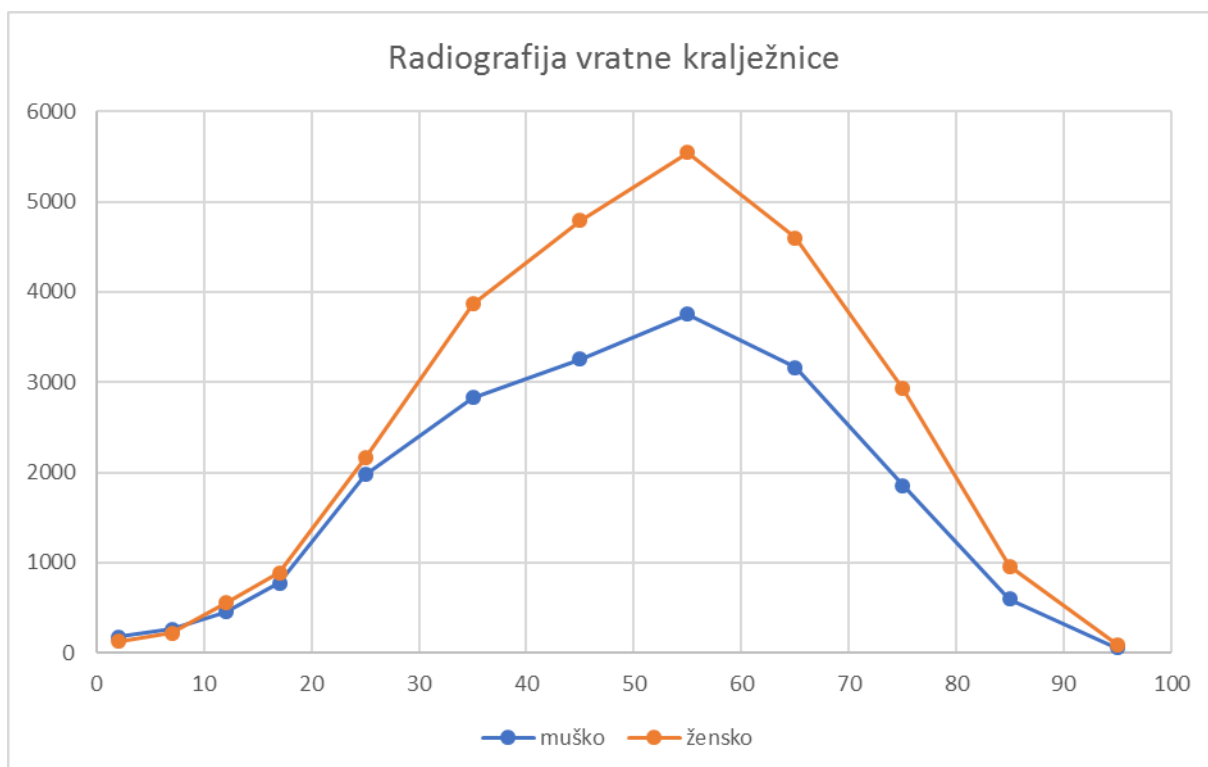
Iz prikupljenih podataka ekstrapolirani su ukupni podatci o broju DIR postupaka na već opisan način te raspodjela postupaka po dobi i spolu.

Slike 3. – 16. prikazuju raspodjele nekih DIR postupaka po dobi i spolu:

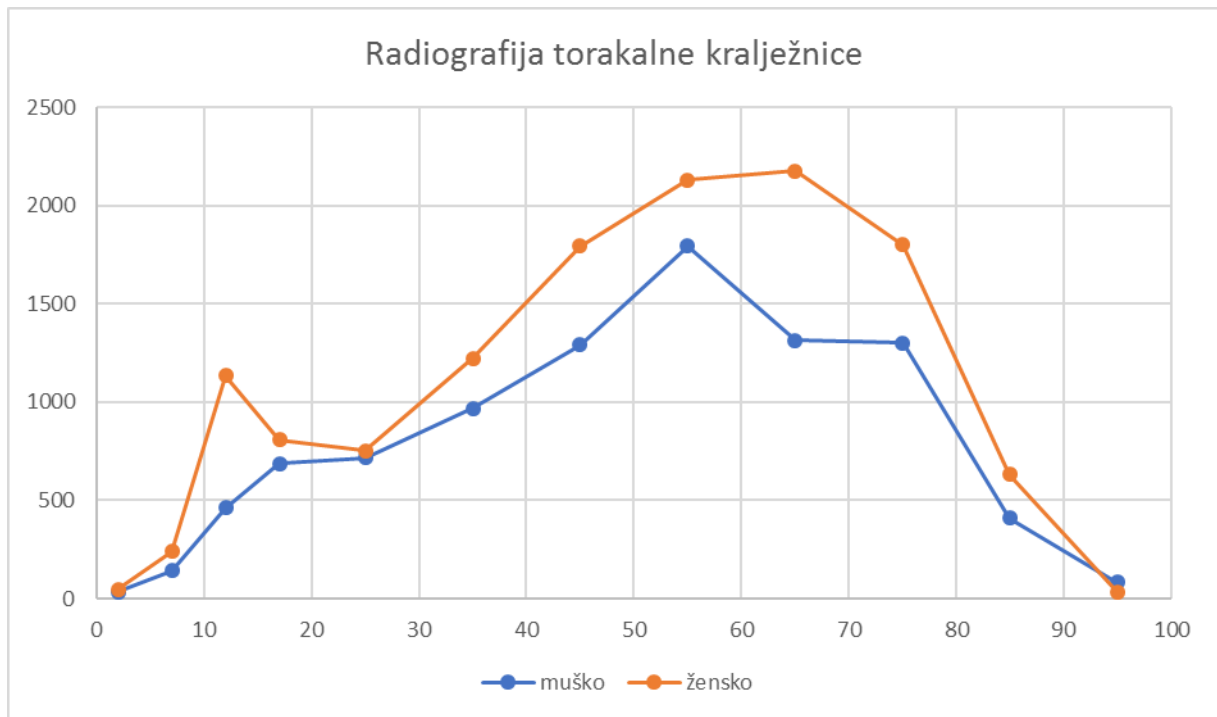




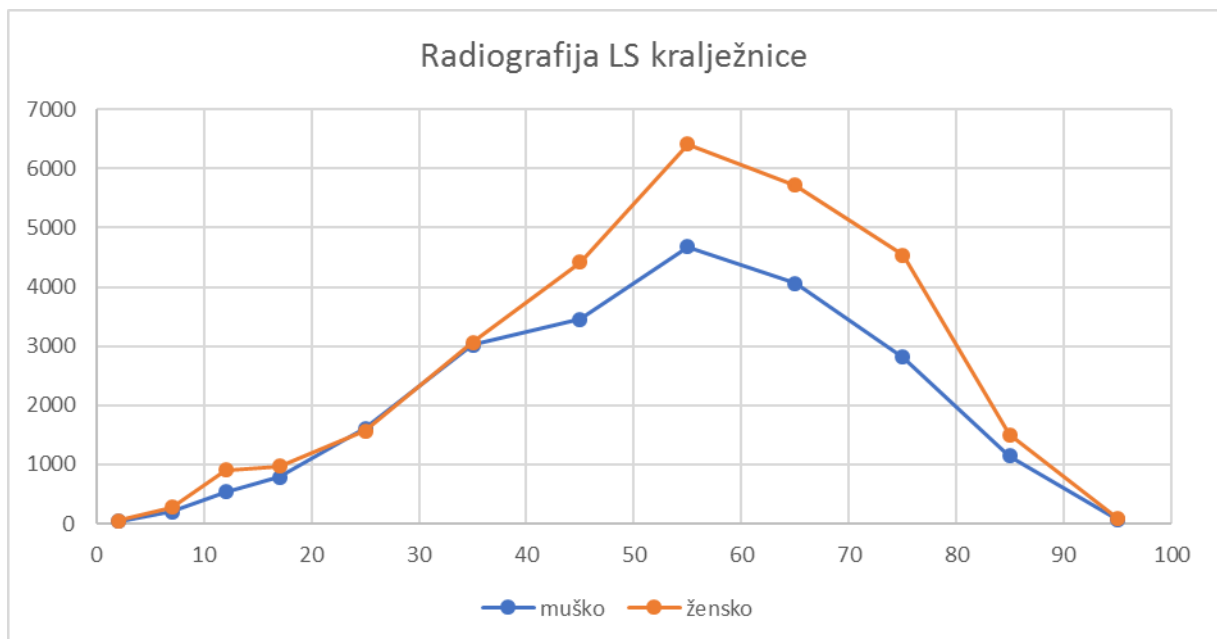
Slika 3. Radiografija toraksa – raspodjela postupka po dobi i spolu



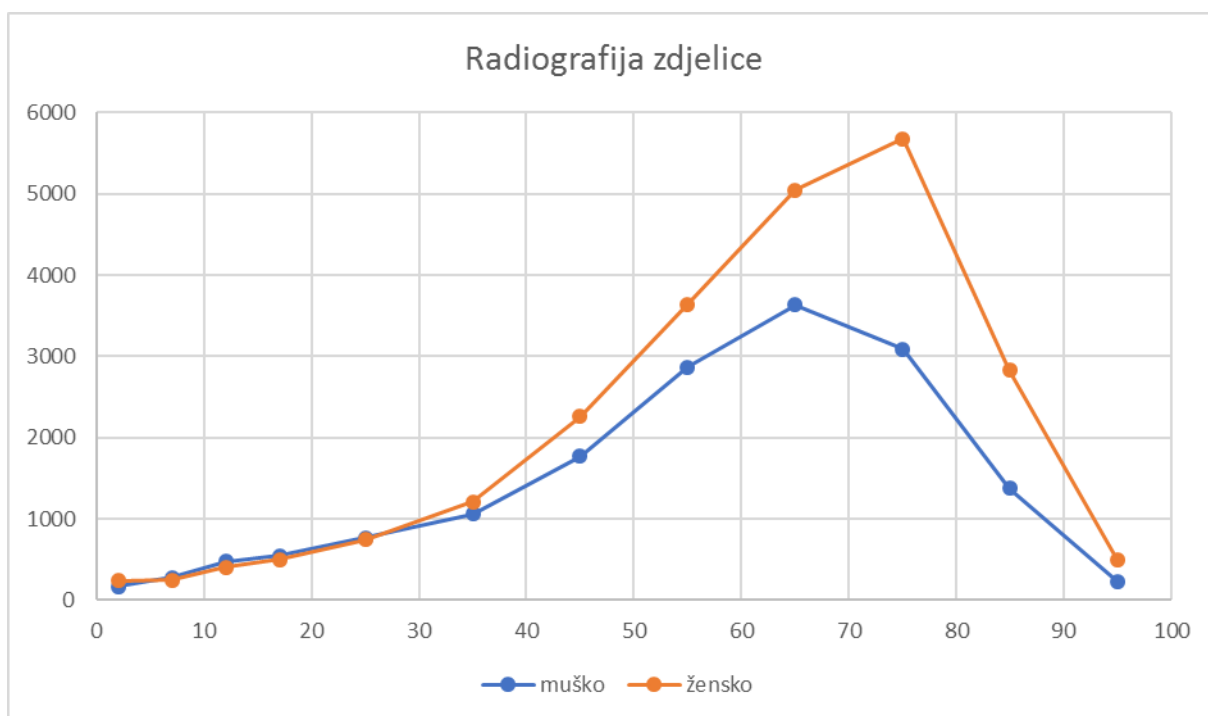
Slika 4. Radiografija vratne kralježnice – raspodjela postupka po dobi i spolu



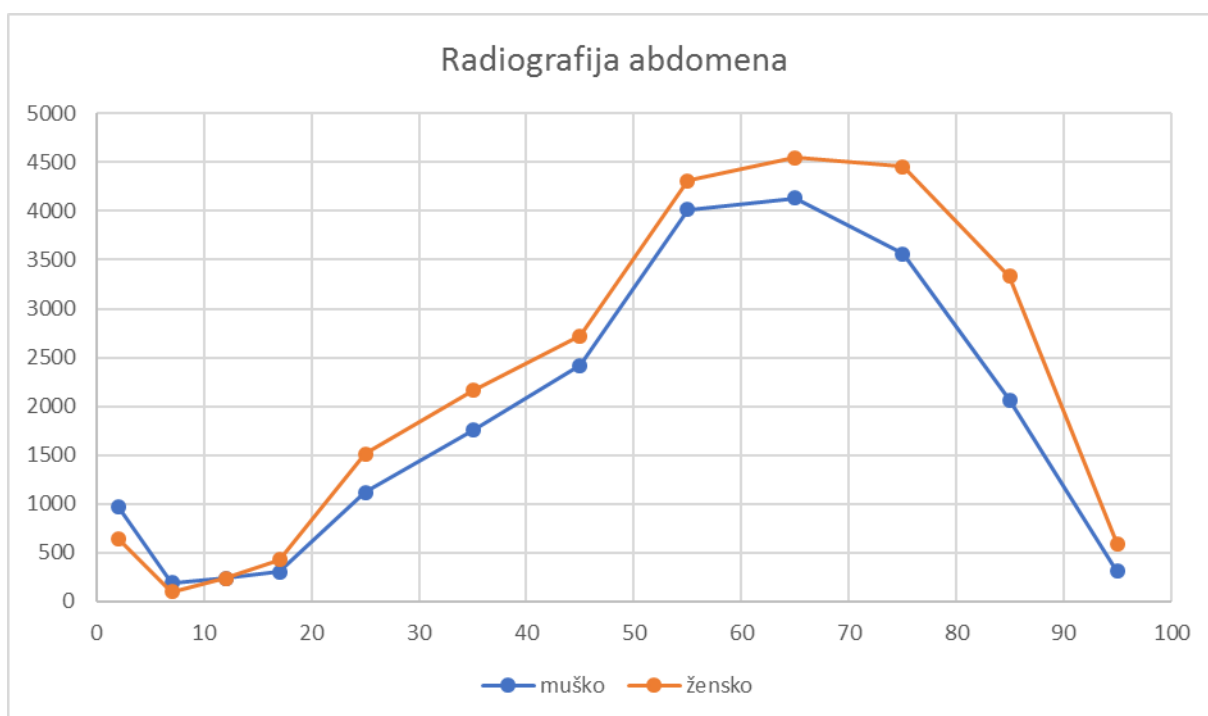
Slika 5. Radiografija torakalne kralježnice – raspodjela postupka po dobi i spolu



Slika 6. Radiografija LS kralježnice – raspodjela postupka po dobi i spolu



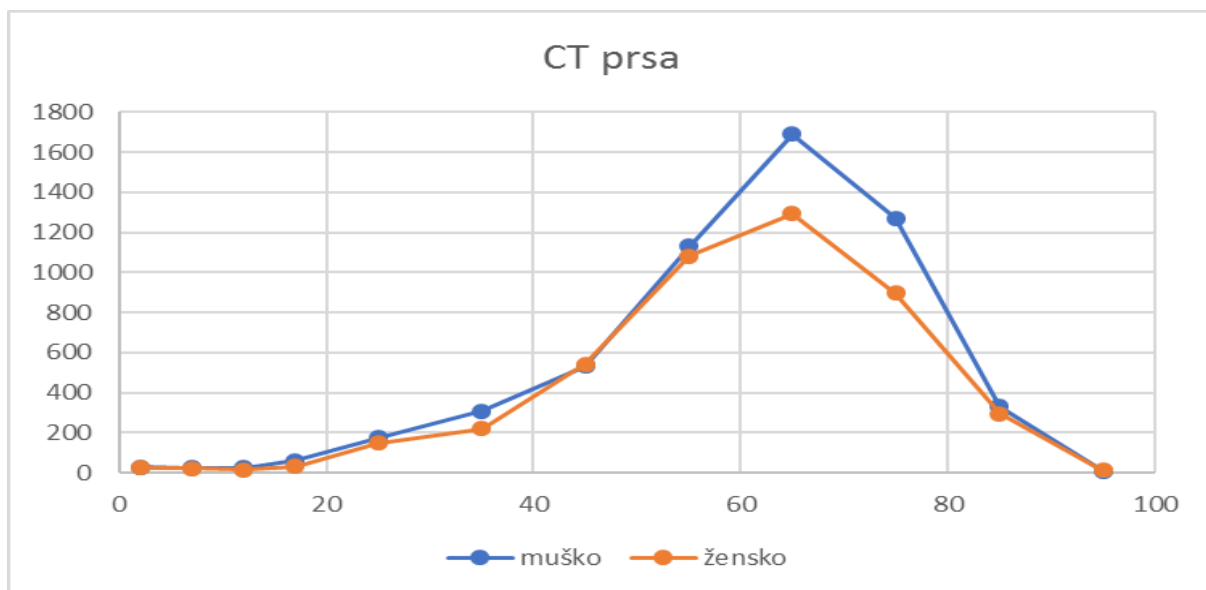
Slika 7. Radiografija zdjelice – raspodjela postupka po dobi i spolu



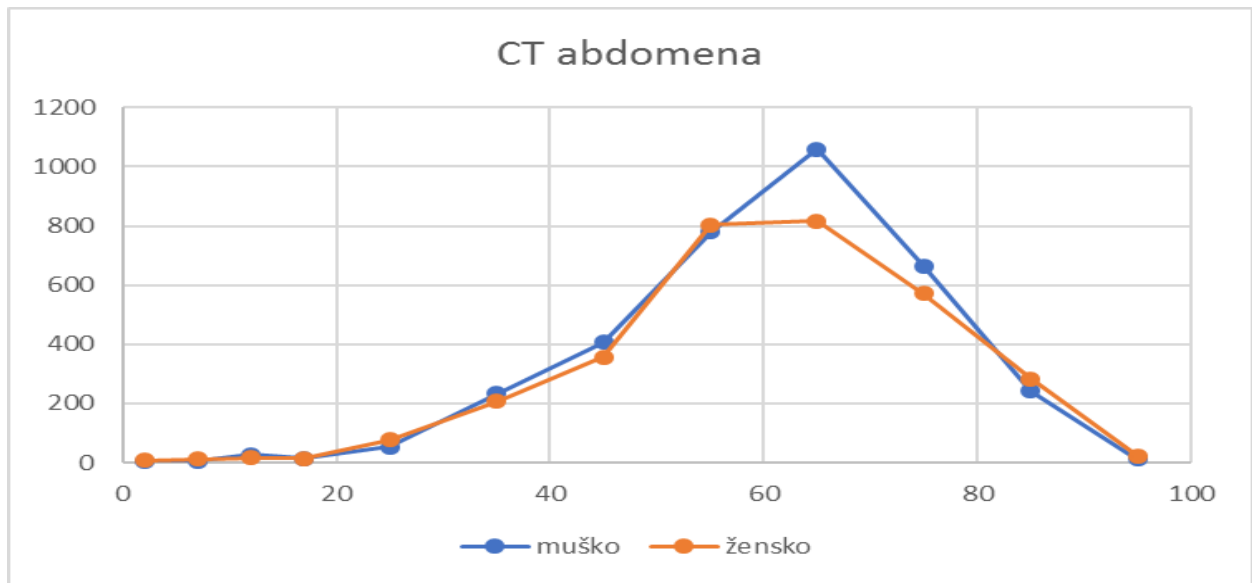
Slika 8. Radiografija abdomena – raspodjela postupka po dobi i spolu



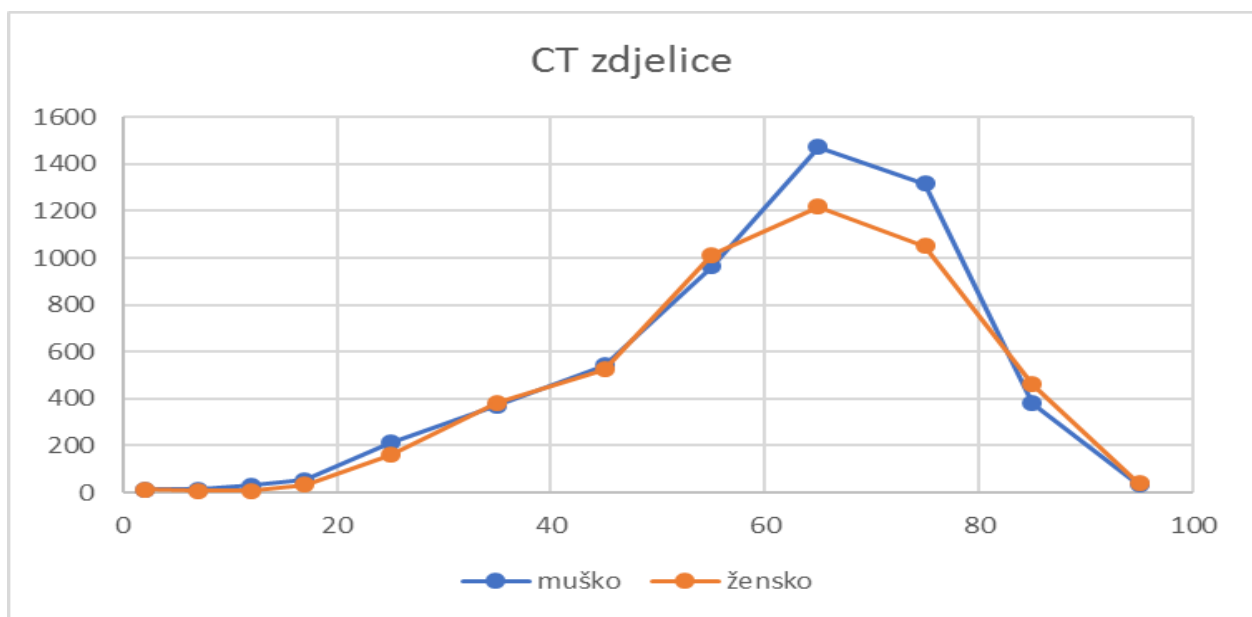
Slika 9. CT glave – raspodjela postupka po dobi i spolu



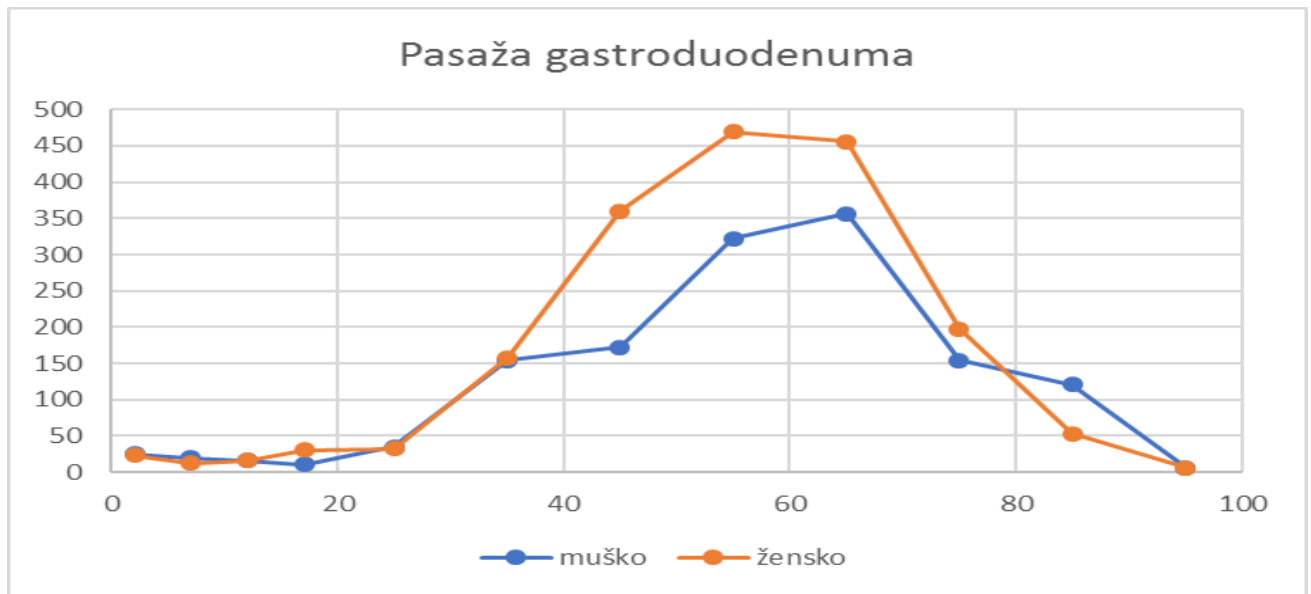
Slika 10. CT prsa – raspodjela postupka po dobi i spolu



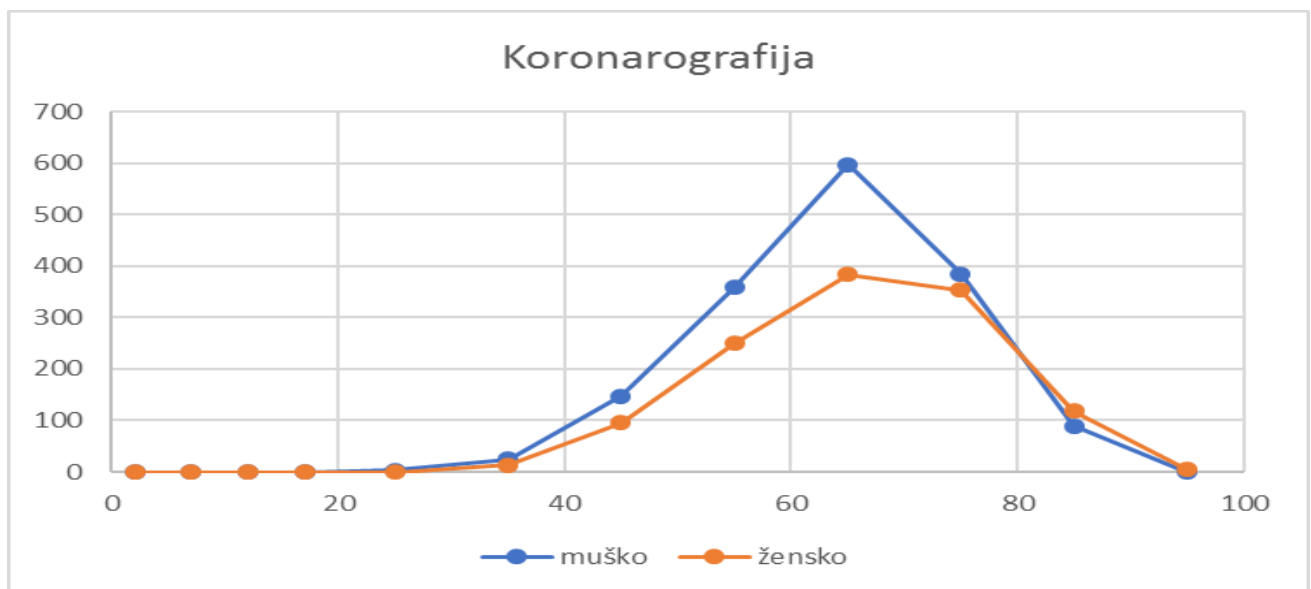
Slika 11. CT abdomena – raspodjela postupka po dobi i spolu



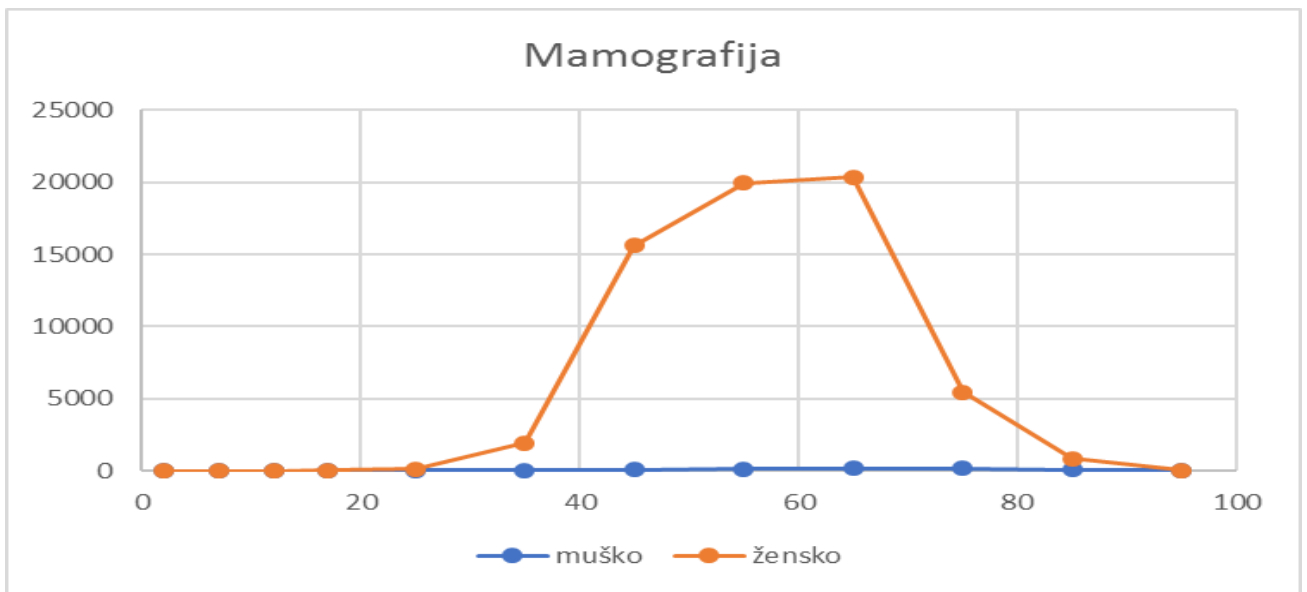
Slika 12. CT zdjelice – raspodjela postupka po dobi i spolu



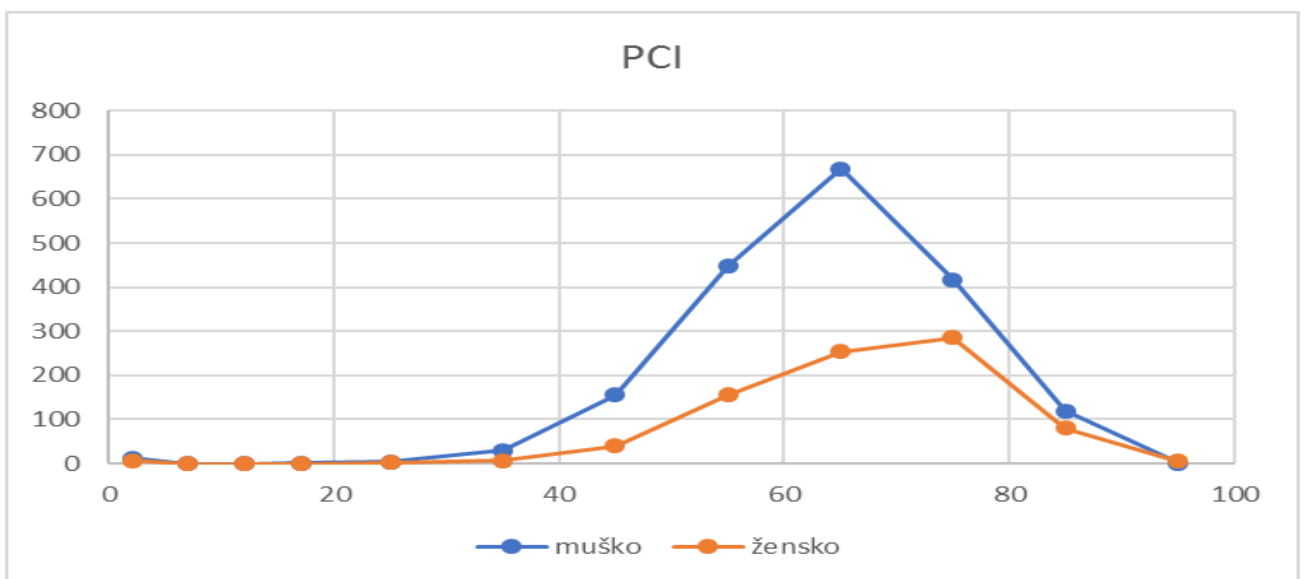
Slika 13. Pasaža gastroduodenuma – raspodjela postupka po dobi i spolu



Slika 14. Koronarografija – raspodjela postupka po dobi i spolu



Slika 15. Mamografija – raspodjela postupka po dobi i spolu



Slika 16. Koronarna angioplastika (PCI) – raspodjela postupka po dobi i spolu

Uvidom u dobnu raspodjelu najučestalijih DIR postupaka, uz uvažavanje činjenice da je CT visokodozni postupak, posebnu pažnju treba posvetiti optimizaciji CT glave obzirom je broj malodobnih pacijenata u slučaju ovog postupka veći nego u slučaju ostalih CT postupaka.

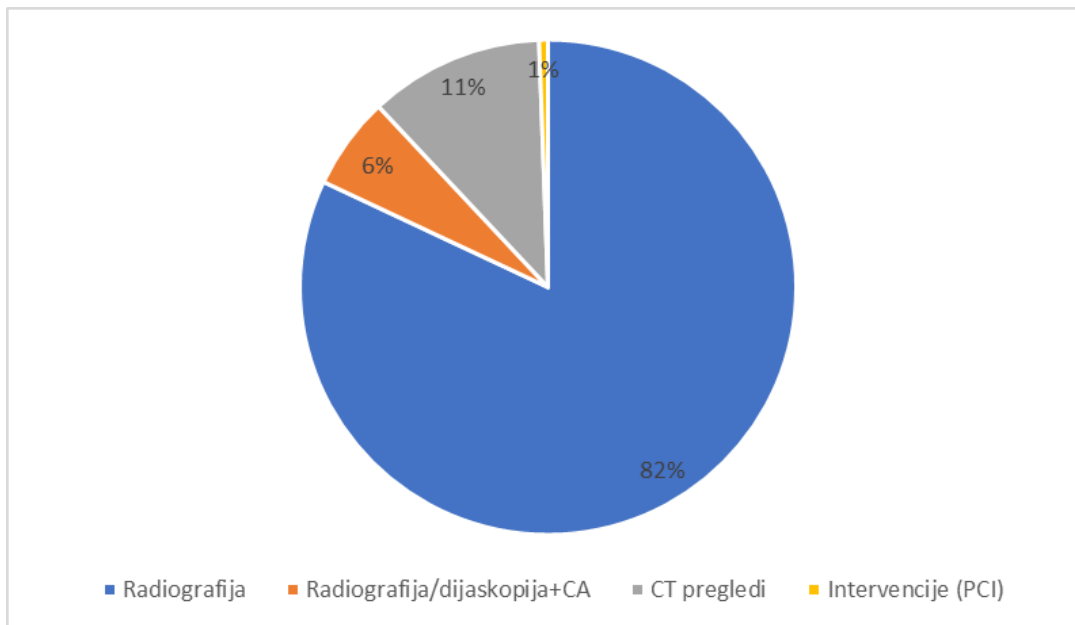
Ukupan broj TOP 20 postupaka u DIR 2015 godine dan je u tablici 7.

Vrsta postupka	Ukupan broj postupaka	Broj postupaka na 1000 stanovnika
<b>RADIOGRAFIJA</b>		
Toraks	734.778	171,28
vratna kralježnica	56.574	13,19
torakalna kralježnica	43.952	10,25
LS kralježnica	104.110	24,27
Abdomen	92.244	21,50
Zdjelica	92.402	21,54
<b>CT</b>		
CT glave	101.918	23,76
CT vrata	6.487	1,51
CT prsnog koša	31.033	7,23
CT kralježnice	22.154	5,16
CT abdomena	35.995	8,39
CT zdjelice	20.702	4,83
udruženi CT pregledi	30.155	7,03
CT angiografija	11.394	2,66
<b>DIJASKOPIJA</b>		
pasaža gastroduodenuma	6.404	1,49
Irigografija	4.232	0,99
pasaža tankog crijeva	4.710	1,1
intravenska urografija	6.814	1,59
koronarografija	18.533	4,32
<b>MAMOGRAFIJA</b>		
mamografija	181.074	42,21
<b>INTERVENCIJSKA KARDIOLOGIJA</b>		
koronarna angioplastika (PCI)	8.663	2,02

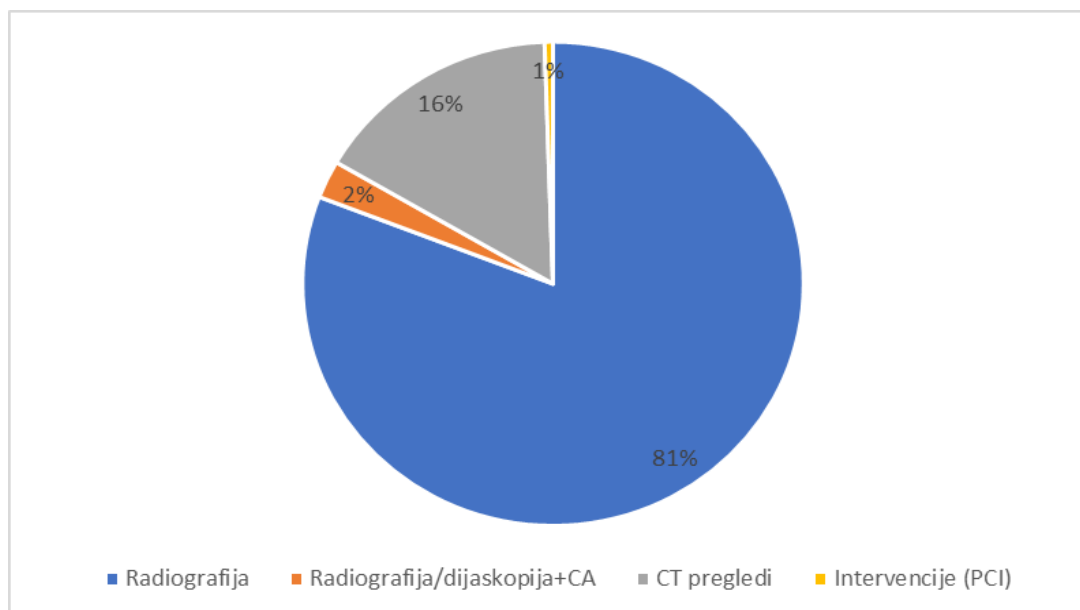
Tablica 7. Ukupan broj postupaka u DIR za 2015. godinu

Dakle, ukupno je 2015. godine obavljeno 1.614. 329 TOP 20 postupaka što vodi do ukupno 3.357. 855 DIR postupaka u RH u 2015. godini prema DDmed metodologiji ekstrapolacije (2). To znači da je obavljeno ukupno 783 radiološka postupka na 1000 stanovnika ako zanemarimo dentalne postupke. Ukupan broj postupaka ne pokazuje promjenu u odnosu na istraživanje provedeno istom metodologijom za 2010. godinu. Međutim, vidljivi su trendovi promjene učestalosti nekih postupaka unutar ukupnog broja i prikazani su na slikama 17. i 18. koje prikazuju raspodjelu postupaka prema modalitetima. Vidi se povećan broj CT postupaka i manji broj dijaskopija u usporedbi s 2010. godinom.





Slika 17. Raspodjela ukupnog broja DIR postupaka za 2010. godinu u RH prema modalitetima.



Slika 18. Raspodjela ukupnog broja DIR postupaka za 2015. godinu u RH prema modalitetima.

### Tipični način rada, efektivna doza po postupku i DRL u DIR

Za iste postupke za koje su prikupljeni podaci o učestalosti, prikupljeni su i podaci o tipičnom načinu rada. Podatci su opet prikupljeni za sve državne bolnice te 50 % ostalih ustanova vodeći računa o veličini i tipu ustanove, kao i o geografskoj raspodjeli. Podatci su prikupljeni upitnicima posebno osmišljenim za svaku vrstu postupka. Odziv je bio oko 70 % te su podatci prikupljeni za oko 30% svih ustanova (ovisno o modalitetu).

Od ustanova je traženo da dostave podatke za 20 ili više pacijenata.

Za svaku ustanovu računata je veličina koja opisuje ozračenje pacijenta i na osnovu nje je dan DRL i procijenjena tipična efektivna doza za postupak. Za svaki modalitet i ustanovu dan je median veličine kao tipična praksa ustanove. Nakon toga je median svih tipičnih vrijednosti veličine u ustanovama uzet kao tipična praksa u RH, a 3. kvartil svih mediana kao DRL. Ovaj način je odabran obzirom da posljednje ICRP publikacije to preporučuju kako ekstremne vrijednosti ne bi značajno utjecale na određivanje tipične prakse i DRL. Iz tog razloga, uz tipične vrijednosti i DRL, dan je omjer najveće i najmanje vrijednosti kao mjerilo ujednačenosti prakse.

### Konvencionalna radiografija

Upitnik za konvencionalnu radiografiju prikazan je na slici 19.

Vrsta pregleda:		Radiografija toraksa											
Redni broj pacijenta	Podaci o pacijentu			Parametri pregleda									Podaci o dozi
	Godina rođenja	Tjelesna masa, kg	Spol, (M/Ž)	AEC (DA/NE)	Napon cijevi, kV	Jakost struje, mA*	Vrijeme, s*	Prikazani mAs	Udaljenost izvor - detektor, m	Veličina polja, cm x cm	Projekcija **	DAP (umnožak doze i površine - AKO MJERILO POSTOJI)	
1	1997	75	M	DA	125		4.4	1.28	2	40,7X40,2	PA	4.8	
2	1974	109	Ž	DA	125		5.3	1.51	2	40,7X40,2	PA	5.8	
3	1974	105	Ž	DA	125		20.6	5.34	2	40,7X40,2	LL	29.7	

Slika 19. Upitnik kojim su prikupljeni podaci za konvencionalnu radiografiju

Na ovaj način prikupljeni su podatci o načinu rada. Za radiografiju računata je ulazna kožna doza (ESD, od engl. *entrance skin dose*) te je računata efektivna doza po postupku koristeći XDOSE (NCRP,1994) računalni program. Alternativni način bio bi izraziti DRL i računati E iz umnoška doze i površine (DAP, od engl. *dose-area product*) direktnim ICRP konverzijskim faktorom, ali obzirom da svega 6 ispitanih uređaja (od 36) ima ugrađen DAP-metar, ovo nije bilo moguće.

ESD je računat koristeći rezultate mjerenja provedenih u okviru godišnjih ispitivanja rendgenskih uređaja koji su prikupljeni od ovlaštenih stručnih tehničkih servisa, medicinskih fizičara iz ustanova koje raspolažu medicinskim fizičarima te vlastitim mjerenjima:

$ESD = (D/It)_o * It * (FDD/FSD)^2 * BSF$ , gdje je

$D/It$  - mjereni output uređaja za isti napon kakav se koristi tijekom dijagnostičkog postupka,

$It$  – mAs postupka,

FDD – udaljenost žarište detektor na kojem je mjereno output,

FSD – udaljenost žarište – koža pacijenta te

BSF – backscatter faktor, aproksimiran s 1.4 za sve postupke.

Za svaku ustanovu računat je ESD za sve pacijente.

Ispitano je 36 ustanova s 42 uređaja za konvencionalnu radiografiju, a podaci o uređajima su sljedeći:

1. Prosječna starost uređaja je 9 godina.
2. Digitalnih uređaja (DR) je 17, kompjutorske radiografije (CR) 12, a uređaja koji koriste film-folija sustav (FS) 4. Za 3 uređaja podatci nisu upisani.
3. Automatska kontrola ekspozicije se ne koristi rutinski u 6 centara.

### *Radiografija toraksa*

Podatci su prikupljeni za više od 2000 pacijenata, što s podacima za oko 20% svih uređaja u RH daje reprezentativnost studiji.

Dobra radiografska praksa podrazumijeva (4):

- PA projekciju,
- FSD između 140 cm i 200 cm,
- ESD < 0,3 mGy za PA projekciju i 1,5 mGy za LL projekciju,
- 125 kV,

Prikupljeni podatci pokazuju:

- meka tehnika snimanja (< 110 kV) koristi se u više od 30 % ustanova što povećava ozračenje pacijenta,
- LL projekcija se rutinski radi svakom pacijentu u 50 % ustanova,
- 3 ustanove koriste FSD < 140 cm što značajno povećava ozračenje pacijenta.

Tipična ESD za uobičajeni način rada (30 % meke tehnike, 50 % LL projekcije) je 0,18 mGy i 0,47 mGy (PA i LL projekcija redom). Ova veličina korištena je za procjenu efektivne doze pacijenta.

DRL za PA projekciju snimke srca i pluća je 0,54 mGy, a za LL projekciju 1,06 mGy.

Usporedba DRL s publiciranim vrijednostima (1,2) dana je u tablici 8.

Ovo istraživanje (mGy)	Vrijedeći HR (mGy)	Slovenija (mGy)	UK (mGy)	Finska (mGy)

<b>PA projekcija</b>	0,54	0,3	0,4	0,2	0,2
<b>LL projekcija</b>	1,06	1,5	1,2	1	0,8

Tablica 8. Radiografija toraksa - usporedba DRL s publiciranim vrijednostima

Podatci iz tablice 8. govore o praksi usporedivoj s ostalim EU državama, ali DRL za PA projekciju nešto je viši od očekivanog zbog korištenja meke tehnike, nekorištenja AEC i male FSD. Obzirom na raznolikost prakse: omjer mediana ESD za PA projekciju u dvije ustanove s najvećim i najmanjim ESD je 20, što znači da snimanje u jednoj ustanovi ozrači pacijenta 20 puta više nego u drugoj. Za potpuni zaključak o valjanosti jedne ili druge prakse potrebno je ocijeniti i kvalitetu snimke, ali ovakva raznolikost upućuje na nedostatak edukacije djelatnika iz područja zaštite pacijenta od ionizirajućeg zračenja i neoptimizirane postupke.

#### *Radiografija vratne kralježnice*

Podatci su prikupljeni za više od 300 pacijenata, što s podacima za oko 20 % svih uređaja u RH daje reprezentativnost studiji. Tipična praksa je 60-70 kV u obje projekcije (AP i LL) uz 115 cm FSD.

Tipična ESD za obje projekcije (AP i LL) 1,1 mGy.

DRL za AP projekciju snimke vratne kralježnice je 1,3 mGy, a za LL projekciju 1,7 mGy.

Usporedba DRL s publiciranim vrijednostima (1,2) dana je u tablici 9.

	Ovo istraživanje (mGy)	Vrijedeći HR (mGy)	Slovenija (mGy)
<b>AP projekcija</b>	1,3	n/a	1,73
<b>LL projekcija</b>	1,7	n/a	1,83

Tablica 9. Radiografija vratne kralježnice - usporedba DRL s publiciranim vrijednostima

#### *Radiografija torakalne kralježnice*

Podatci su prikupljeni za više od 200 pacijenata, što s podacima za oko 20 % svih uređaja u RH daje reprezentativnost studiji.

Tipični način rada je 70 kV za AP projekciju i 80 kV za LL projekciju uz 115 cm FSD.

Tipična ESD za uobičajeni način rada 2,4 mGy u obje projekcije. Ova veličina korištena je za procjenu efektivne doze pacijenta.

DRL za AP projekciju snimke torakalne kralježnice je 4 mGy u AP projekciji i 4,5 za LL projekciju.

Usporedba DRL s publiciranim vrijednostima (1,2) dana je u tablici 10.

	Ovo istraživanje (mGy)	Vrijedeći HR (mGy)	Slovenija (mGy)	UK (mGy)	Francuska (mGy)
AP projekcija	4	7	7,7	3,5	5
LL projekcija	4,5	20	10,1	10	7

Tablica 10. Radiografija torakalne kralježnice - usporedba DRL s publiciranim vrijednostima

### Radiografija lumbalne kralježnice

Podatci su prikupljeni za više od 2000 pacijenata, što s podacima za oko 20% svih uređaja u RH daje reprezentativnost studiji.

Dobra radiografska praksa je (4):

- AP i LL projekcija,
- FSD između 100cm i 150 cm (115 cm najčešće),
- ESD < 10 mGy za AP projekciju i 30 mGy za LL projekciju,
- 70 kV do 90 kV za AP projekciju i 80-95 kV za LL.

Prikupljeni podatci pokazuju:

- Najčešća udaljenost je 115 cm, te se najčešće koristi 80 kV za AP projekciju i 90 kV za LL projekciju

- Tipična ESD za uobičajeni način rada je 3 mGy i 7 mGy (AP i LL projekcija redom). Ova veličina korištena je za procjenu efektivne doze pacijenta.

DRL za AP projekciju snimke lumbalne kralježnice je 7 mGy, a za LL projekciju 10 mGy.

Usporedba DRL s publiciranim vrijednostima (1,2) dana je u tablici 11.

	Ovo istraživanje (mGy)	Vrijedeći HR (mGy)	Slovenija (mGy)	UK (mGy)	Finska (mGy)
AP projekcija	7	10	8	6	5
LL projekcija	10	30	19,7	14	15

Tablica 11. Radiografija lumbalne kralježnice - usporedba DRL s publiciranim vrijednostima

### Radiografija abdomena

Podatci su prikupljeni za više od 200 pacijenata, što s podacima za oko 20 % svih uređaja u RH daje reprezentativnost studiji.

Prikupljeni podatci pokazuju:

- Najčešće se koristi FSD 115 cm i 80 kV (koristi se samo AP projekcija).
- Tipična ESD za uobičajeni način rada 3,7 mGy. Ova veličina korištena je za procjenu efektivne doze pacijenta.

DRL za AP projekciju snimke abdomena je 5 mGy.

Usporedba DRL s publiciranim vrijednostima (1,2) dana je u tablici 12.

	Ovo istraživanje (mGy)	Vrijedeći HR (mGy)	Slovenija (mGy)	UK (mGy)	Finska (mGy)
AP projekcija	5	10	6,18	6	5

Tablica 12. Radiografija abdomena - usporedba DRL s publiciranim vrijednostima

### *Radiografija zdjelice*

Podatci su prikupljeni za više od 200 pacijenata, što s podacima za oko 20 % svih uređaja u RH daje reprezentativnost studiji.

Dobra radiografska praksa podrazumijeva (4):

- AP projekciju,
- FSD 115 cm (100-150),
- ESD < 10 mGy za AP
- 75– 90 kV.

Prikupljeni podatci pokazuju:

- najčešće se koristi 80 kV i 115 cm FSD.

Tipična ESD za uobičajeni način rada 3 mGy. Ova veličina korištena je za procjenu efektivne doze pacijenta.

DRL za AP projekciju snimke zdjelice s kukovima 4,5 mGy.

Usporedba DRL s publiciranim vrijednostima (1,2) dana je u tablici 13.

	Ovo istraživanje (mGy)	Vrijedeći HR (mGy)	Slovenija (mGy)	UK (mGy)	Finska (mGy)
AP projekcija	4,5	10	5,8	5	4

Tablica 13. Radiografija zdjelice - usporedba DRL s publiciranim vrijednostima

Podatci govore o tipičnoj praksi koja je usporediva s ostalim EU državama, ali raspon najvećeg i najmanjeg ozračenja pacijenta za isti postupak doseže i 20 puta što govori u prilog potrebi za boljom edukacijom djelatnika iz područja zaštite pacijenta od ionizirajućeg zračenja i potrebi za optimizacijom postupaka.

Također, DRL izračunati ovom studijom pokazuju potrebu za promjenom dosadašnjih koji su stari 20 godina. Novi podatci su usporedivi s ostalim EU državama i znatno manji od trenutno važećih u zakonodavstvu RH. Tipično ozračenje pacijenta je smanjeno brzim razvojem radioloških uređaja.

### Mamografija

Podatci su prikupljeni za 25 uređaja (cca 17 % svih u RH 2015. godine) i više od 1000 pacijenata, što daje reprezentativnost studiji.

Dobra radiografska praksa je dana u literaturi zajedno s kriterijima za traženu kvalitetu snimke (4).

Prikupljeni podatci su dani zbirno te su raščlanjeni prema prijamniku slike na film folija sustave (FS), kompjutorsku radiografiju (CR) i digitalni detektor (DR).

Tipična Ki za 5,5 mGy za CC projekciju i 6,1 mGy za MLO projekciju. Ova veličina korištena je za procjenu efektivne doze pacijenta te je tipična efektivna doza pacijenta pri mamografskom postupku (4 snimke) 0,66 mGy.

DRL izražen u Ki za CC projekciju je 6,2 mGy, a za MLO projekciju 7 mGy. Kao DRL za jednu projekciju pri mamografskom snimanju predložimo 7 mGy. DRL izražen u MGD je 1,5 mGy. Upozoravamo da dosadašnja istraživanja u RH (11) pokazuju presvijetle snimke (film-folija sustavi), odnosno subdoziranje pacijenta, ali i nedovoljno kvalitetnu snimku te bi ovo istraživanje trebalo uključiti i kvalitetu snimke.

Usporedba DRL s publiciranim vrijednostima (1,2) dana je u tablici 14.

	Ovo istraživanje (mGy)	Vrijedeći HR (mGy)	Danska (mGy)	Nizozemska (mGy)	Francuska (mGy)
<b>Ki (mGy)</b>	7	10	10	n/a	8
<b>MGD (mGy)</b>	1,5	3	n/a	1,5	1,8

Tablica 14. Mamografija - usporedba DRL s publiciranim vrijednostima

Podatci iz tablice 14. govore o tipičnoj praksi usporedivoj s ostalim EU državama. Opet je važno naglasiti da se tipična praksa određuje medijanom vrijednosti koji je neosjetljiv na

ekstreme pa je važno naglasiti razolikost prakse što pokazuje omjer najveće i namanje efektivne doze pri jednom postupku koji je nešto veći od 11. Za potpuni zaključak o valjanosti jedne ili druge prakse potrebno je ocijeniti i kvalitetu snimke, ali ovakva raznolikost upućuje na nedostatak edukacije djelatnika o zaštiti pacijenta od ionizirajućeg zračenja i optimizacije postupka.

Nadalje, kada podatke podijelimo ovisno o vrsti prijama slike, odnosno na FS, CR i DR uređaje dolazimo do podataka koji pokazuju da nije iskorištena mogućnost manjeg ozračenja pacijenta korištenjem digitalnih tehnologija, nego je naprotiv doza snimanjem digitalnim uređajima u RH veća nego za ostale modalitete - tipična Ki za FS, CR i DR uređaje je 4,5 mGy, 6 mGy i 7 mGy, respektivno. Također je važno naglasiti da su jedina dva uređaja koja kontinuirano premašuju trenutno važeći RH DRL (10 mGy Ki) digitalni uređaji te ne bi smjeli nastaviti raditi prije nego provedu korektivne mjere (optimizaciju).

Posebno je važno naglasiti da je najraznolikija praksa uporaba CR uređaja koja je i najviše tehnički manjkava te je vrlo teško dobiti snimke koje nose dobru dijagnostičku informaciju uz prihvatljivo ozračenje bolesnika (omjer tipične max/min Ki je 11 za CR, 4 za FS i 2 za DR). Ove postupke potrebno je hitno optimizirati kako bi se praksa ujednačila i postigla kvalitetna dijagnostička informacija uz optimalno ozračenje pacijenta.

### **Kompjutorizirana tomografija**

Podatci su prikupljeni na 13 CT uređaja (> 20 % svih CT uređaja u RH) godine proizvodnje od 2005. do 2016. godine (median 2012. godina). Uređaji koriste od 1 do 128 slojeva za snimanje (median 64). Važno je naglasiti da je ustanova koja ima jednoslojni uređaj državna bolnica i koristi ga redovito (jer je to jedini CT uređaj u ustanovi) iako EU RP 162 (8) više ne dopušta rutinsko korištenje takvih uređaja.

Važno je naglasiti da je tijekom 2016. i 2017. instalirano niz novih CT uređaja mijenjajući stare što značajno povećava dostupnost postupka i ima veliki potencijal za smanjenje ozračenosti pacijenata ako se povede računa o edukaciji djelatnika o zaštiti pacijenta od ionizirajućeg zračenja i optimizaciji prakse. Podatci su prikupljeni i na nekim novoinstaliranim uređajima te pokazuju neoptimiziranost postupaka, odnosno nije iskorištena mogućnost smanjenja ozračenja pacijenata koju ovi uređaji svojom izvedbom i programskom podrškom pružaju.

#### *CT glave*

Podatci o načinu rada i ozračenju pacijenata tijekom CT glave prikupljeni su za 13 CT uređaja (> 20 % svih uređaja) i 418 pacijenata te su dobar pokazatelj tipične prakse u RH:

- Koriste se naponi od 100 kV do 135 kV (median 120 kV).
- 4 od 13 ustanova rade aksijalno snimanje dok ostale ustanove koriste spiralno.



- Dio ustanova (5 od 13) ne koristi modulaciju struje (TCM) za snimanje.
- Dvije bolnice koriste jednaku duljinu snimanja za sve pacijente povećavajući time nepotrebno ozračenje pacijenta.
- U dvije ustanove postoji nerazumijevanje CT doznog indeksa (CTDI) te je za svaku sekvencu zbrajan. To govori o potrebi edukacije iz područja zaštite pacijenta od ionizirajućeg zračenja.

U tablici 15. uspoređeni su tipična doza pacijenta i DRL ove studije s trenutno važećim u RH, Sloveniji, UK i Finskoj koristeći CTDI i DLP:

	Ova studija median (mGy)	Ova studija DRL (mGy)	Trenutno važeći DRL u RH (mGy)	Slovenija DRL (mGy)	UK DRL (mGy)	Finska (DRL (mGy)
<b>CTDI (mGy)</b>	54.5	66,3	60	62	60	65
<b>DLP (mGycm)</b>	950	1150	1050	1040	1350	1000

Tablica 15. Mamografija – usporedba tipične doze pacijenta i DRL s publiciranim vrijednostima

Iz podataka u tablici 15. vidi se da su podatci u okviru uobičajenih u EU. Median doznih indeksa govori o tipičnoj praksi i korišten je za računicu efektivne doze pacijenta koristeći ICRP konverzijski faktor. DRL je prikazan radi usporedbe s ostalim EU državama.

Treba naglasiti sljedeće:

- 4 od 13 (CTDI) i 6 od 13 (DLP) ustanova tipično prelaze trenutno važeće preporučene referentne dozne nivoe (DRL) RH te bi po našem zakonodavstvu bilo potrebno učiniti korektivne mjere prije nastavka rada, odnosno zaustaviti dijagnostiku CT uređajima do provođenja korektivnih mjera.
- U podacima je prikazano i nekoliko pedijatrijskih pacijenata (iako nisu bili predmetom studije) te je u nekim slučajevima korištena tehnika kao za odrasle pacijente što višestruko povećava ozračenje djeteta. Pri tome ne treba zaboraviti da je to posebno osjetljiva skupina na zračenje.
- Tipično ozračenje pacijenta u slučaju CT glave varira u okviru 3 puta od ustanove s najvećim do ustanove s najmanjim tipičnim ozračenjem pacijenta. No, za zaključak o kvaliteti postupka potrebni su i podatci o kvaliteti dijagnostičke informacije dobivene postupkom.

Gore navedeno govori u prilog tome da je potrebno pojačati edukaciju svih djelatnika uključenih u provođenje CT postupaka iz područja zaštite pacijenta od ionizirajućeg zračenja te u optimizaciju CT postupaka uključiti stručnjake iz područja medicinske fizike.

## Dijaskopija

Svi dijaskopski postupci obuhvaćeni TOP 20 pristupom su vrlo male učestalosti u odnosu na 2010. godinu, osim koronarografija.

Tipične vrijednosti DAP i efektivnih doza dane su u tablici 16. za sve obuhvaćene postupke. Ove vrijednosti su korištene za procjenu medicinskog ozračenja ovih postupaka.

	Pasaža gastroduodenuma	Irigografija	Pasaža tankog crijeva	Koronarografija	IVU
Tipični DAP (Gycm <sup>2</sup> )	21	25	6	18	20
E (mSv)	4,6	7,1	1,3	3,5	2,5

Tablica 16. Dijaskopija – tipične vrijednosti DAP

DRL (cmGy<sup>2</sup>) dani su u tablici 17. i DRL uspoređeni s EU vrijednostima (2).

	Ova studija	Trenutno važeći u RH	Češka	UK	Bugarska
Pasaža gastroduodenuma DRL (Gycm <sup>2</sup> )	27	25	25	13	18
Irigografija DRL (Gycm <sup>2</sup> )	30	50	40	31	60
Pasaža tankog crijeva DRL (Gycm <sup>2</sup> )	10	n/a	n/a	14	n/a
Koronarografija DRL (Gycm <sup>2</sup> )	20	n/a	40	36	n/a
Koronarografija vrijeme dijaskopije DRL (min)	4	n/a	n/a	5,6	n/a
IVU DRL (Gycm <sup>2</sup> )	20	20	40	16	n/a

Tablica 17. Dijaskopija – usporedba DRL s publiciranim vrijednostima

Sve vrijednosti su usporedive s vrijednostima u drugim EU državama, ali je uzorak veličine od 5 do 8 ustanova po postupku te vrijednosti imaju veliku nesigurnost.

## Intervencijska kardiologija

U TOP 20 postupaka uvršten je jedino PCI postupak. U istraživanju je sudjelovalo 9 ustanova koje provode PCI te su podatci reprezentativni.

Tipični DAP ( $\text{Gycm}^2$ ) postupka je  $55 \text{ Gycm}^2$  što vodi do 11 mSv efektivne doze po postupku što je korišteno za procjenu medicinskog ozračenja u RH.

DRL u DAP ( $\text{Gycm}^2$ ) i vremenu dijaskopije (min) dani su u tablici 18. u uporedbi s trenutno važećim, relevantnim dosad objavljenim podacima za RH (9, 10) i ostalim državama EU (2).

	Ova studija median	RH 2009 god (9)	Trenutno važeći u RH	Irska	EU 2008. godina	Finska
<b>DRL DAP (<math>\text{Gycm}^2</math>)</b>	70	72	n/a	62	80	100
<b>DRL vrijeme djaskopije (min)</b>	20	20	n/a	n/a	16	20

Tablica 18. PCI – usporedba DRL s publiciranim vrijednostima

Podatci su usporedivi s ostalim podacima iz objavljenih studija.

U tablici 19. su rezimirani podaci o tipičnim efektivnim dozama po DIR postupku za TOP 20 postupaka i CT angiografiju te kolektivna doza na 1000 stanovnika za pojedini DIR postupak.

Vrsta postupka	Tipična doza po postupku	Tipična efektivna doza po postupku (mSv)	Godišnja kolektivna efektivna doza na 1000 stanovnika po
----------------	--------------------------	--	--

			postupku (mSv)
<b>RADIOGRAFIJA</b>			
Toraks	PA = 0,2 mGy (ESD) LL = 0,47 mGy (ESD)	0,20	34,26
vratna kralježnica	PA = 1,1 mGy (ESD) LL = 1,1 mGy (ESD)	0,20	2,64
torakalna kralježnica	PA = 2,4 mGy (ESD) LL = 2,4 mGy (ESD)	0,70	7,17
LS kralježnica	PA = 3 mGy (ESD) LL = 7 mGy (ESD)	1,00	24,27
Abdomen	3,7 mGy (ESD)	0,50	10,75
Zdjelica	3 mGy (ESD)	0,45	9,69
<b>CT</b>			
CT glave	947,5 mGycm (DLP)	1,99	47,27
CT vrata	384 mGycm (DLP)	2,27	3,43
CT prsnog koša	345 mGycm (DLP)	4,83	34,94
CT kralježnice	410 mGycm (DLP)	6,15	31,76
CT abdomena	703 mGycm (DLP)	10,55	88,48
CT zdjelice	350 mGycm (DLP)	4,90	23,65
udruženi CT pregledi	1008 mGycm (DLP)	15,12	106,28
CT angiografija	379,5 mGycm (DLP)	5,69	15,12
<b>DIJASKOPIJA</b>			
pasaja gastroduodenuma	21 Gycm <sup>2</sup> (DAP)	4,62	6,90
Irigografija	25 Gycm <sup>2</sup> (DAP)	7,00	6,91
pasaja tankog crijeva	5,9 Gycm <sup>2</sup> (DAP)	1,30	1,43
intravenska urografija	16 Gycm <sup>2</sup> (DAP)	2,88	4,57
Koronarografija	17,2 Gycm <sup>2</sup> (DAP)	3,44	14,86
<b>MAMOGRAFIJA</b>			
Mamografija	CC = 5,5 mGy (Ki) MLO = 6,1 mGy (Ki)	0,66	27,86
<b>INTERVENCIJSKA KARDIOLOGIJA</b>			
koronarna angioplastika (PCI)	54,3 Gycm <sup>2</sup> (DAP)	10,86	21,93

Tablica 19. Podatci o tipičnim dozama, tipičnim efektivnim dozama i godišnjim kolektivnim efektivnim dozama na 1000 stanovnika po DIR postupku za TOP 20 postupke i CT angiografiju

Iz tablice je vidljivo da bi u slijedećim istraživanjima trebalo uključiti i CT angiografije zbog porasta broja postupaka i značajnog doprinosa ukupnom medicinskom ozračenju stanovništva RH.

Nesigurnost podataka o učestalosti i tipičnoj efektivnoj dozi pacijenta pri nekom postupku računata je prema metodologiji danoj u literaturi (1) i dana je u tablici 20.

Vrsta postupka	Broj postupaka	Nesigurnost učestalosti (%)	Apsolutna nesigurnost učestalosti	Tipična efektivna doza za postupak (mSv)	Nesigurnost tipične efektivne doze za postupak (%)	Kolektivna doza za postupak (manSv)	Nesigurnost kolektivne efektivne doze za postupak (%)	Apsolutna nesigurnost kolektivne efektivne doze za postupak (manSv)
<b>RADIOGRAFIJA</b>								
Toraks	734.778	20	146.956	0,20	27	147	33,60	49
vratna kralježnica	56.574	20	11.315	0,20	27	11	33,60	4
torakalna kralježnica	43.952	20	8.790	0,70	27	31	33,60	10
LS kralježnica	104.110	20	20.822	1,00	27	104	33,60	35
Abdomen	92.244	20	18.449	0,50	27	46	33,60	15
Zdjelica	92.402	20	18.480	0,45	27	42	33,60	14
<b>CT</b>								
CT glave	101.918	20	20.384	1,99	27	203	33,60	68
CT vrata	6.487	20	1.297	2,27	27	15	33,60	5
CT prsnog koša	31.033	20	6.207	4,83	27	150	33,60	50
CT kralježnice	22.154	20	4.431	6,15	27	136	33,60	46
CT abdomena	35.995	20	7.199	10,55	27	380	33,60	128
CT zdjelice	20.702	20	4.140	4,90	27	101	33,60	34
udruženi CT pregledi	30.155	20	6.031	15,12	27	456	33,60	153
<b>DIJASKOPIJA</b>								
pasaža gastroduodenuma	6.404	20	1.281	4,62	51	30	54,78	16
Irigografija	4.232	20	846	7,00	51	30	54,78	16
pasaža tankog crijeva	4.710	20	942	1,30	51	6	54,78	3
intravenska urografija	6.814	20	1.363	2,88	51	20	54,78	11
Koronarografija	18.533	20	3.707	3,44	27	64	33,60	21
<b>MAMOGRAFIJA</b>								
Mamografija	181.074	20	36.215	0,66	27	120	33,60	40
<b>INTERVENCIJSKA KARDIOLOGIJA</b>								
koronarna angioplastika (PCI)	8.663	20	1.733	10,86	27	94	33,60	32
<b>Ukupno</b>	<b>1.602.935</b>		<b>157.578</b>			<b>2.184</b>		<b>241</b>
<b>Ukupna relativna nesigurnost</b>			<b>9,8 %</b>					<b>11,0 %</b>

Tablica 20. Nesigurnost podataka o učestalosti i tipičnoj efektivnoj dozi pacijenta za pojedine postupke

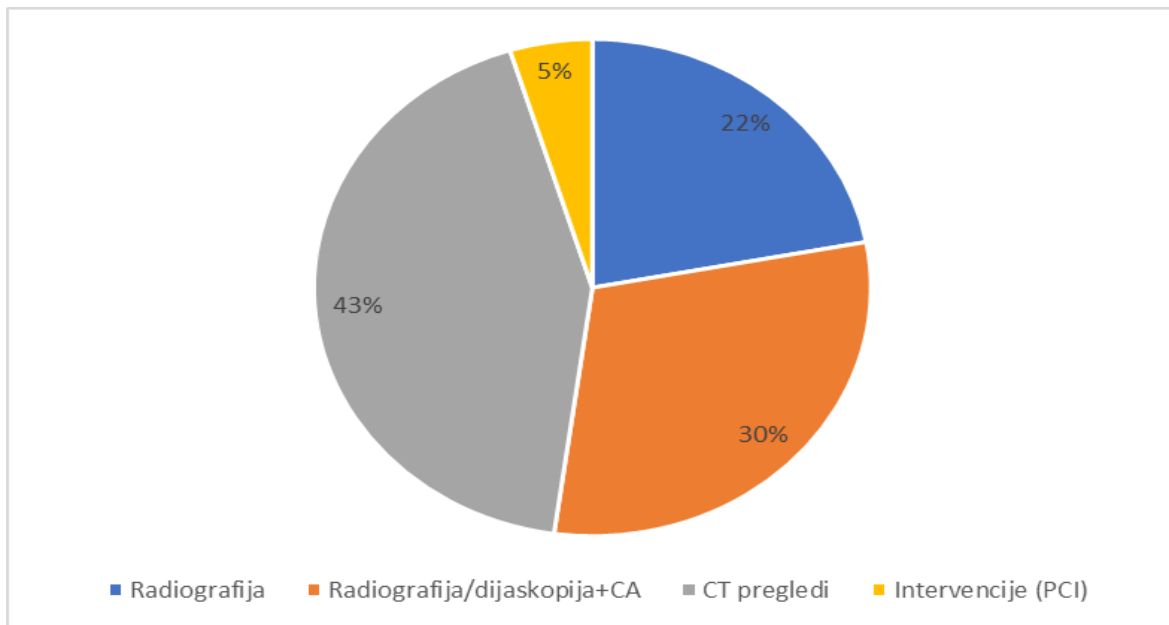
Dakle, nesigurnost u određivanju učestalosti određenog postupka je u okviru 10%, dok je efektivna doza po postupku određena s nešto većom nesigurnošću (11.0%).

Konačno, medicinsko izlaganje TOP 20 postupaka je prikazano u tablici 21.

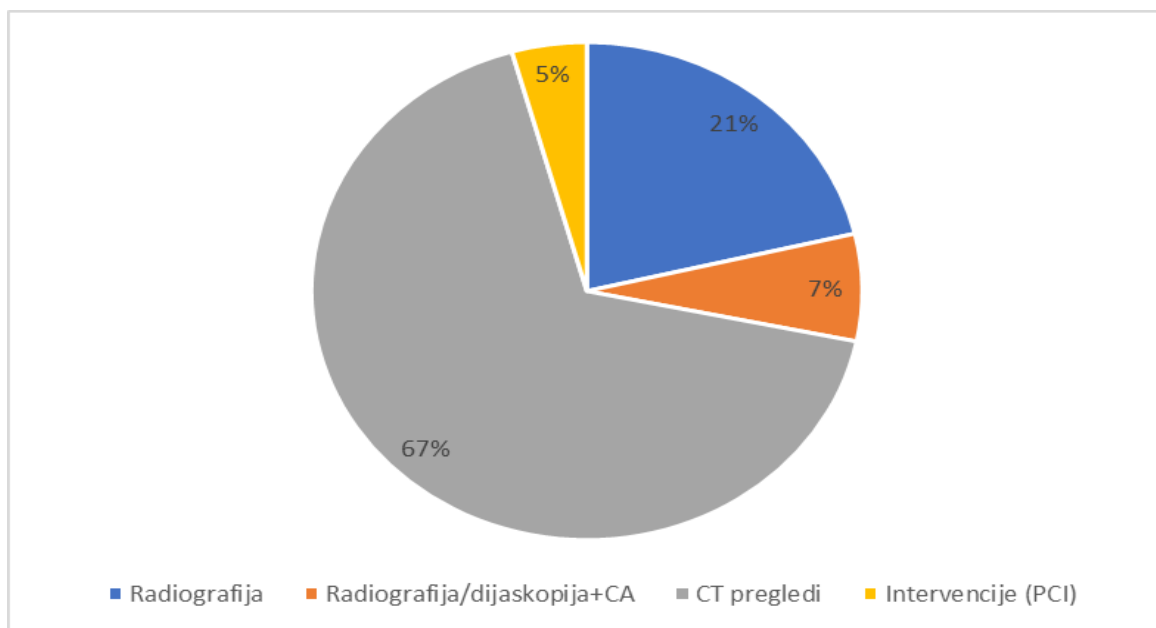
Vrsta postupka	Ukupan broj postupaka	Tipična efektivna doza po postupku (mSv)	Godišnja kolektivna efektivna doza (manSv)
<b>RADIOGRAFIJA</b>			
Toraks	734.778	0,20	147
vratna kralježnica	56.574	0,20	11
torakalna kralježnica	43.952	0,70	31
LS kralježnica	104.110	1,00	104
Abdomen	92.244	0,50	46
Zdjelica	92.402	0,45	42
<b>CT</b>			
CT glave	101.918	1,99	203
CT vrata	6.487	2,27	15
CT prsnog koša	31.033	4,83	150
CT kralježnice	22.154	6,15	136
CT abdomena	35.995	10,55	380
CT zdjelice	20.702	4,90	101
udruženi CT pregledi	30.155	15,12	456
<b>DIJASKOPIJA</b>			
pasaža gastroduodenuma	6.404	4,62	30
Irigografija	4.232	7,00	30
pasaža tankog crijeva	4.710	1,30	6
intravenska urografija	6.814	2,88	20
Koronarografija	18.533	3,44	64
<b>MAMOGRAFIJA</b>			
Mamografija	181.074	0,66	120
<b>INTERVENCIJSKA KARDIOLOGIJA</b>			
koronarna angioplastika (PCI)	8.663	10,86	94
<b>UKUPNO</b>	<b>1.602.935</b>		<b>2.184</b>

Tablica 21. Ukupan broj postupaka, tipična efektivna doza i godišnja kolektivna doza za pojedini postupak

Ukupno ozračenje stanovništva RH koje dolazi od dijagnostičke i intervencijske radiologije TOP 20 postupaka je 2,184 kGy što ekstrapolirajući na način preporučen u literaturi (2) dovodi do ukupnog ozračenja stanovništva RH od DIR u 2015. godini 2,84 kGy. Ukupni podatci se razlikuju od procjene za 2010. godinu u okviru nesigurnosti metodologije, ali unutar različitih postupaka mogu se vidjeti trendovi sve veće uporabe kompjutorizirane tomografije kako je to prikazano na slici 20. i slici 21..



Slika 20. Udio u ukupnom ozračenju pacijenata različitih modaliteta u DIR u RH 2010. godine.



Slika 21. Udio u ukupnom ozračenju pacijenata različitih modaliteta u DIR u RH 2015. godine.

Iz gornjih slika jasno je vidljivo da iako CT ne čini većinu u broju postupaka, čini većinu efektivne kolektivne doze te je jasno da pripada visokodoznom postupku u DIR. Ovome posebno treba pridati pažnju obzirom na veliki porast CT uređaja u RH tijekom 2016. i 2017. godine koji nije vidljiv u ovom izvješću.

Studija u okviru EU DDmed projekta dala je prosječni udio TOP 20 postupaka (učestalost i ozračenje) u svim postupcima. Ekstrapolirajući koristeći te faktore konačni rezultati u usporedbi s 2010. godinom su dani u tablici 22.

	2010.					2015.				
	Ukupan broj postupaka	Broj postupaka po 1000 stanovnika	Tipična efektivna doza po postupku (mSv)	Ukupna kolektivna ef. doza na 1000 stanovnika za postupak (mSv)	Godišnja kolektivna efektivna doza za postupak (manSv)	Ukupan broj postupaka	Broj postupaka po 1000 stanovnika	Tipična efektivna doza po postupku (mSv)	Ukupna kolektivna ef. doza na 1000 stanovnika za postupak (mSv)	Godišnja kolektivna efektivna doza za postupak (manSv)
<b>RADIOGRAFIJA</b>										
Toraks	630302	146,92	0,18	26,45	113,45	734778	171,28	0,20	34,26	147
vratna kralježnica	67804	15,81	0,08	1,26	5,42	56574	13,19	0,20	2,64	11
torakalna kralježnica	32626	7,61	0,33	2,51	10,77	43952	10,25	0,70	7,17	31
LS kralježnica	80840	18,84	0,97	18,28	78,41	104110	24,27	1,00	24,27	104
Abdomen	86568	20,181	0,50	10,09	43,28	92244	21,50	0,50	10,75	46
Zdjelica	185688	43,28	0,60	25,97	111,41	92402	21,54	0,45	9,69	42
<b>CT</b>										
CT glave	98582	22,98	1,81	41,64	178,64	101918	23,76	1,99	47,27	203
CT vrata	3274	0,76	2,51	1,91	8,20	6487	1,51	2,27	3,43	15
CT prsnog koša	18707	4,36	5,02	21,87	93,84	31033	7,23	4,83	34,94	150
CT kralježnice	8861	2,07	6,15	12,70	54,50	22154	5,16	6,15	31,76	136
CT abdomena	26835	6,26	7,47	46,73	200,46	35995	8,39	10,55	88,48	380
CT zdjelice	5353	1,25	4,80	5,98	25,67	20702	4,83	4,90	23,65	101
udruženi CT pregledi	23801	5,55	15,71	87,15	373,87	30155	7,03	15,12	106,28	456
CT angiografija						11394	2,66	5,70	15,14	65
<b>DIJASKOPIJA</b>										
pasaža gastroduodenuma	38429	8,96	7,70	68,98	295,90	6404	1,49	4,62	6,90	30
Irigografija	13258	3,09	8,60	26,58	114,02	4232	0,99	7,00	6,91	30
pasaža tankog crijeva	6192	1,44	10,00	14,43	61,92	4710	1,10	1,30	1,43	6
intravenska urografija	19334	4,51	4,00	18,03	77,34	6814	1,59	2,88	4,57	20
Koronarografija	21044	4,91	5,06	24,82	106,48	18533	4,32	3,44	14,86	64
<b>MAMOGRAFIJA</b>										
Mamografija	250988	58,51	0,47	27,24	116,86	181074	42,21	0,66	27,86	120
<b>INTERVENCIJSKA KARDIOLOGIJA</b>										
koronarna angioplastika (PCI)	9425	2,20	11,04	24,25	104,05	8663	2,02	10,86	21,93	94
<b>Ukupno</b>	<b>1627911</b>	<b>379,47</b>		<b>506,88</b>	<b>2174,50</b>	<b>1614329</b>	<b>376,30</b>		<b>509</b>	<b>2184</b>
<b>Ukupno korigirano obzirom na TOP 20 pristup</b>	<b>3386055</b>	<b>789,29</b>		<b>658,94</b>	<b>2826,85</b>	<b>3357805</b>	<b>782,71</b>		<b>662</b>	<b>2840</b>
<b>Ukupno postupaka po stanovniku RH</b>	<b>0,789</b>		<b>Ukupna ef. doza po stanovniku RH od radiološke dijagnostike i intervencije (μSv)</b>	<b>658,94</b>	<b>Ukupno postupaka po stanovniku RH</b>	<b>0,783</b>		<b>Ukupna ef. doza po stanovniku RH od radiološke dijagnostike i intervencije (μSv)</b>	<b>662</b>	

Tablica 22. Usporedba podataka za 2010. i 2015. godinu. CT angiografije nisu uključene u konačni zbroj TOP 20 postupaka.



## DENTALNA MEDICINA

### Učestalost

Podatci su prikupljeni za tri vrste snimanja u dentalnoj medicini: intraoralno, panoramsko i CBCT.

Podatci o učestalosti su prikupljeni upitnicima, po dobnim skupinama, a kako je to prikazano tablicom 23.

#### I. RENDGENSKI UREĐAJ ZA POJEDINAČNO SNIMANJE ZUBI

	<b>vrsta pregleda</b>	<b>projekcija</b>
1.	Retroalveolarna snimka	-
2.	Okluzijska snimka (zagrizna snimka) zubnog luka	gornji zubni luk donji zubni luk
3.	Zagrizna snimka zuba (bite-wing)	-
4.	Status	-
5.	Prst	-

#### II. RENDGENSKI UREĐAJ ZA PANORAMSKO SNIMANJE ČELJUSTI

	<b>vrsta pregleda</b>	<b>projekcija</b>
6.	Panoramska snimka (ortopan)	-
7.	Djelomična panoramska snimka	poluortopan segment (manji od poluortopana)
8.	Snimka TMZ	otvorena usta zatvorena usta
9.	Kefalogram	latero-lateralni (telerendgen, LL) postero-anteriorni (PA)
10.	Tomografija (klasična dentalna)	-
11.	Šaka	-
12.	Maksilarni sinusi	panoramska projekcija

**III. CBCT**

	vrsta pregleda	projekcija	polje snimanja (field of view - FOV)
13.	Segmentna snimka zubnog luka (lokalizirana regija)	jedan zub	vrlo malo - extra small (XS)
		sektant	malo - small (S)
		kvadrant	srednje malo - medium small (MS)
14.	Nesegmentna snimka zubnih lukova (dentoalveolarna regija)	snimka donjeg zubnog luka s okolnim strukturama (snimka mandibule)	srednje - medium (M)
		snimka gornjeg zubnog luka s okolnim strukturama (snimka maksile)	srednje - medium (M)
		snimka gornjeg i donjeg zubnog luka	srednje - medium (M)
15.	Snimke obje čeljusti (maksilofacijalna regija)	maksila i mandibula	veliko - large (L)
		lice (viscerokranij)	vrlo veliko - extra large (XL)
		glava	polje cijelog kranija - extra extra large (XXL)
16.	Temporomandibularni zglob	pojedinačno - zatvorena usta	malo - small (S)
		pojedinačno - otvorena usta	malo - small (S)
17.	Temporomandibularni zglobovi	lijevi i desni - zatvorena usta	veliko - large (L)
		lijevi i desni - otvorena usta	veliko - large (L)
18.	Maksilarni sinus(i)	pojedinačno	malo - small (S)
		lijevi i desni	srednje - medium (M)
19.	Frontalni sinusi	-	srednje - medium (M)
20.	Unutarnje uho	-	malo - small (S)

Tablica 23. Postupci u DENT za koje su se prikupljali podaci o učestalosti

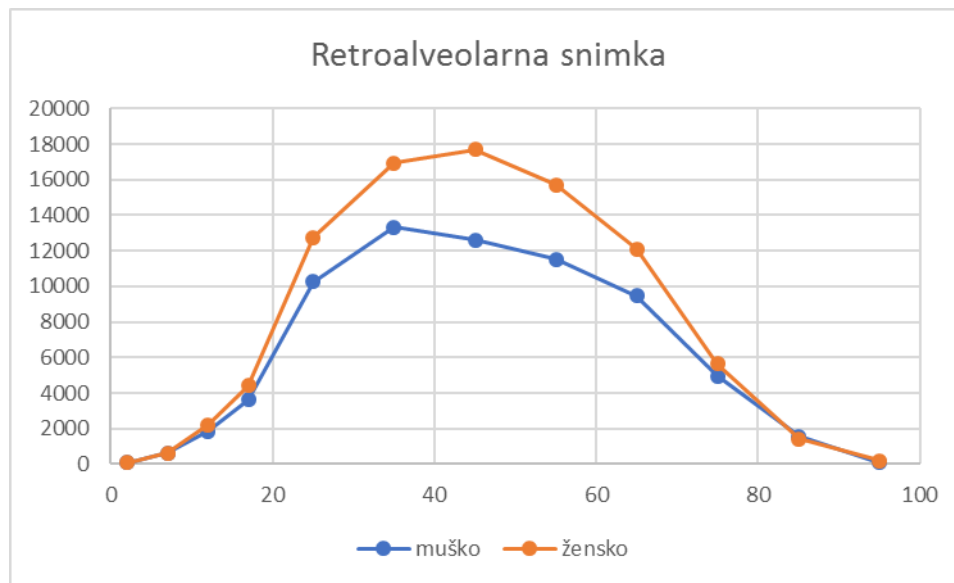
*Rengenski uređaj za pojedinačno snimanje zubi*

Podatke o učestalosti smo prikupili iz 237 ustanova od ukupno 690 koje rade te postupke, i to iz:

- 37 domova zdravlja,
- 161 privatna stomatološka ordinacija,
- 18 poliklinika,
- 6 opće, županijske ili specijalne bolnice,
- 2 KBC/KB (KBC Zagreb, KB Dubrava) i
- 13 specijalističke radiološke ordinacije.

Obzirom je uzorak prikupljanja bio slučajna i vodio je računa o geografskoj zastupljenosti, kao i zastupljenosti tipa ustanove, koeficijent ekstrapolacije podataka je 2.9.

Najviše je rađeno retroalveolarnih snimki uz dobnu i spolnu raspodjelu kako je prikazano na slici 22.



Slika 22. Retroalveolarna snimka – raspodjela postupka po dobi i spolu.

Ukupno u 2015. godini u RH uređajima za rendgensko snimanje pojedinačnih zubi urađeno je 480.500 postupaka, od čega 463.500 retroalveolarnih snimki.

Možda je dobro naglasiti da je već 2017. godine u uporabi preko 800 rendgenskih uređaja za pojedinačno snimanje zubi.

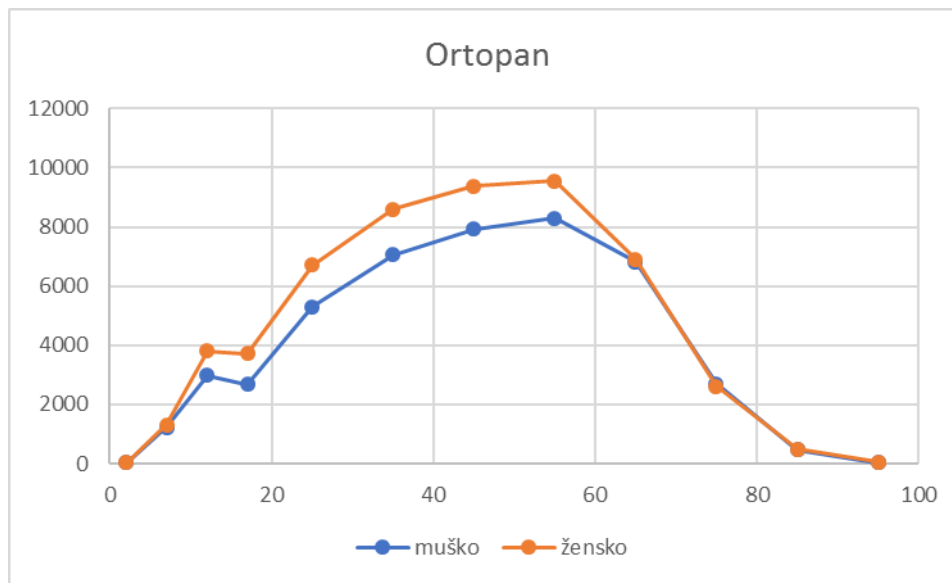
#### *Rendgenski uređaj za panoramsko snimanje čeljusti*

Podatke o učestalosti prikupili smo u 103 ustanove, od toga:

- 20 domova zdravlja,
- 45 privatnih stomatoloških ordinacija,
- 17 poliklinika,
- 3 opće, županijske ili specijalne bolnice,
- 3 KBC/KB (KBC Osijek, KBC Zagreb; KB Dubrava) i
- 15 specijalističke radiološke ordinacije.

2015. godine u RH je bilo u uporabi 214 rendgenskih uređaja za panoramsko snimanje zubi, a obzirom na slučajnu uzorak od 103, u računici smo koristili ekstrapolacijski koeficijent 2.1.

Ukupno je učinjeno 245.200 postupaka, od toga najveći broj panoramske snimke (ortopan) 217.100, te 5.200 kefalometrijskih snimki. Slika 23. prikazuje spolnu i dobnu raspodjelu svih učinjenih panoramskih snimki u 2015. godini.



Slika 23. Panoramska snimka – raspodjela postupka po dobi i spolu.

### CBCT

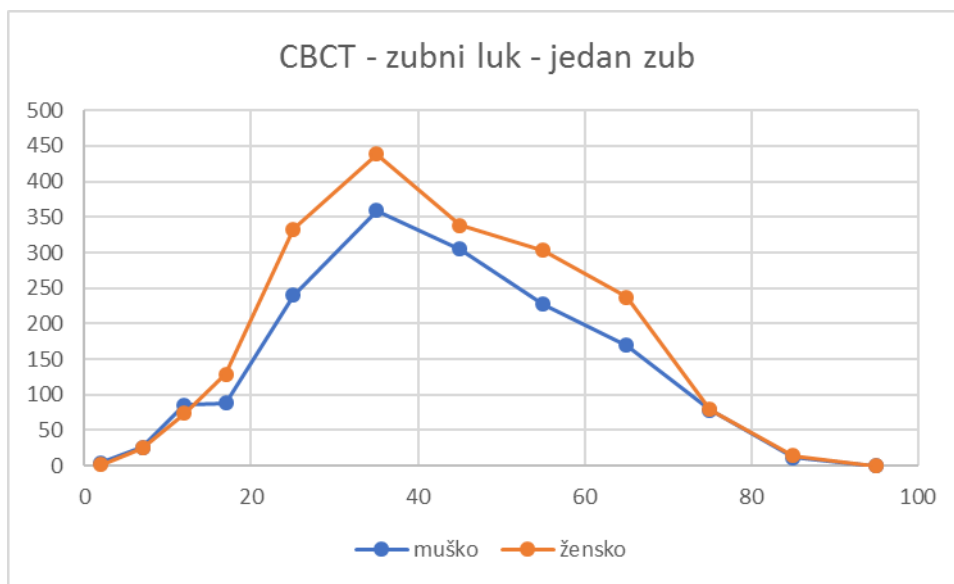
Podatke smo prikupili u 27 ustanova, od toga:

- 3 doma zdravlja,
- 8 privatnih stomatoloških ordinacija,
- 9 poliklinika,
- 1 opća bolnica i
- 6 specijalističkih radioloških ordinacija.

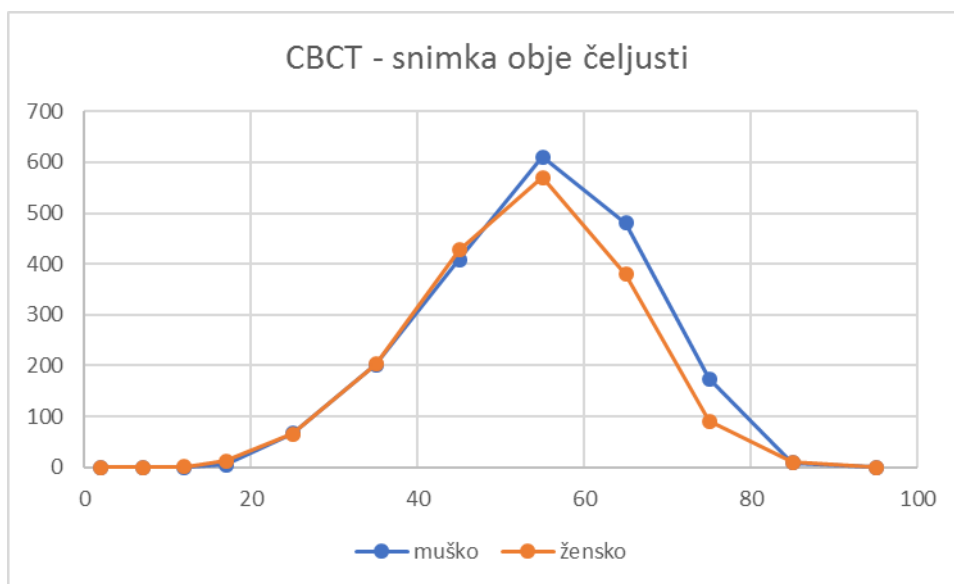
U 2015. godini prema evidenciji DZRNS u uporabi je bilo 34 zubna CBCT uređaja te su podatci ekstrapolirani koeficijentom 1.26.

Ukupno je urađeno 16.800 CBCT postupaka, od čega najviše snimki obje čeljusti (4.650) i segmentnih snimki zubnog luka (6.400).

Dobna i spolna raspodjela snimki jednog zuba dana je na slici 24., a cijele čeljusti na slici 25.



Slika 24. CBCT snimka (zubni luk – jedan zub) – raspodjela postupka po dobi i spolu.



Slika 24. CBCT snimka (obje čeljusti) – raspodjela postupka po dobi i spolu.

### Tipični način rada, efektivna doza po postupku i DRL

#### *Rendgenski uređaj za pojedinačno snimanje zuba*

Prikupljeni su podatci o načinu rada za 59 uređaja za pojedinačno snimanje zuba (cca 10 % svih uređaja u RH) te su podatci reprezentativni.

Median ESD je 0,82 mGy za digitalne prijamnike slike i 3,2 mGy za film-folija sustave za pojedinačnu snimku zuba te su te vrijednosti uzete kao reprezentativne za izračun efektivne doze po postupku. Konverzijski faktor dan je u literaturi (6) i za tipičnu efektivnu dozu po postupku izračunali smo 0,65  $\mu$ Sv za digitalne snimke i 4,5  $\mu$ Sv za snimke sustavima koji koriste film i foliju.

DRL za pojedinačne snimke zubi je 1,3 mGy za digitalne sustave i 4,5 za sustave film-folija što je u okviru publiciranih vrijednosti u EU državama (2).

Važno je napomenuti da je omjer maksimalne/minimalne tipične ESD za film-folija sustave 9, dok je za digitalne sustave 70.

Uz to, velika većina uređaja koristi kružne tubuse koji su prema EU RP162 (8) dokumentu neprihvatljivi zbog povećanog ozračenja pacijenta, a RH propis ne dozvoljava njihovu uporabu.

#### *Rendgenski uređaj za panoramsko snimanje zuba*

Prikupljeni su podatci o načinu rada za 32 uređaja za panoramsko snimanje zuba (> 15 % svih uređaja u RH) te su podatci reprezentativni.

Median DAP je 95 mGycm<sup>2</sup> za panoramsku snimku zuba te je ta vrijednost uzeta kao reprezentativna za izračun efektivne doze po postupku. Konverzijski faktor dan je u literaturi (5) i za tipičnu efektivnu dozu po postupku izračunali smo 7,5  $\mu$ Sv.

DRL za panoramsku snimku zubi je 119 mGycm<sup>2</sup> što je u okviru publiciranih vrijednosti u EU državama (2). Omjer najveće i najmanje tipične doze pacijenta je 3.

#### *Zubni CBCT*

Prikupljeni su podatci za 5 CBCT od ukupno 34 uređaja prijavljenih DZRNS (podatci su traženi za 21 uređaj). Prikupljeni podatci su u jednom slučaju popunjeni krivo, a u ostalim slučajevima dani su podatci za mali broj pacijenata te je iz ovih podataka nemoguće procijeniti tipičnu praksu. Zbog toga je tipična praksa preuzeta iz literature (7) i nesigurnost podataka je velika. Zbog toga što CBCT postupci nose najveći dio DENT ozračenja stanovništva RH, a za pretpostaviti je da je praksa izrazito raznolika, preporučujemo ponoviti prikupljanje podataka.

## NUKLEARNA MEDICINA (NM)

U NM izabrano je 28 najčešćih dijagnostičkih postupaka u NM u RH. Prikupljeni su podatci o broju postupaka direktnim istraživanjem. Upitnici za prikupljanje podataka o broju postupaka poslani su svim NM u RH (13 NM, od kojih 4 obavljaju ograničeni broj postupaka). Samo jedna ustanova nije dostavila podatke te je na osnovi veličine ustanove i omjera HZZO postupaka izračunat ekstrapolacijski koeficijent 1.08 za sve urađene postupke.

Prosječne administrirane aktivnosti radionuklida za najčešće NM postupke prikupljeni su u istim ustanovama te pretvorene u efektivnu dozu pacijenta koristeći konverzijske koeficijente dane od ICRP (3) ili specificirane od proizvođača radionuklida.

Ukupno ozračenje stanovništva izračunato je prema jednadžbi 1 ovog dokumenta, odnosno kao umnožak broja postupaka i prosječne efektivne doze postupka.

### *Nesigurnosti računice*

Prikupljeni podatci su reprezentativan uzorak NM dijagnostičkih postupaka u RH (prikupljeni su podatci za 12 od 13 NM ustanova u RH). Procjena nesigurnosti urađena je prema metodologiji DDmed projekta (1). Prepoznati izvori nesigurnosti su nesigurnosti u određivanju broja postupaka, nesigurnosti u određivanju tipične administrirane aktivnosti radionuklida za određeni postupak i prosječna nesigurnost ICRP konverzijskog faktora. Obzirom da jedna ustanova nije dala podatke o broju postupaka, konzervativna procjena nesigurnosti ekstrapolacijskog koeficijenta uzeta je 50 %, dok je za ostale ustanove nesigurnost učestalosti postupaka procijenjena na 5 %. Prosječna nesigurnost prosječne administrirane aktivnosti te konverzijskih faktora prema DDmed izvješću uzeti su 10 % i 20 %. Procjena nesigurnosti podataka rađena je konzervativno za svaku ustanovu. Prema gornjem, izračunata je ukupna nesigurnost procjene kolektivne doze kao manja od 10 % (uz 95 % stupanj pouzdanosti).

### *Postupci, korišteni radionuklid i kemijski oblik radionuklida za koje su prikupljeni podaci o učestalosti i tipičnoj praksi*

Podatci su prikupljeni za 32 postupka, ali pokazalo se da se neki postupci više ne provode (npr. postupak 2. myocardial perfusion koristeći talij-201). Zbog usporedbe s 2010. godinom, u tablicu 24. su uključeni svi postupci.

	vrsta pregleda	radionuklid	kemijski oblik
1.	Bone imaging	$^{99m}\text{Tc}$	Phosphates and phosphonates
2.	Myocardial perfusion	$^{201}\text{Tl}$	Chloride
3.	Myocardial perfusion, rest	$^{99m}\text{Tc}$	Tetrofosmin
4.	Myocardial perfusion, exercise	$^{99m}\text{Tc}$	Tetrofosmin
5.	Myocardial perfusion, rest	$^{99m}\text{Tc}$	MIBI
6.	Myocardial perfusion, exercise	$^{99m}\text{Tc}$	MIBI
7.	Myocardial perfusion (PET)	$^{18}\text{F}$	FDG
8.	Myocardial perfusion (PET)	$^{15}\text{O}$	$\text{H}_2\text{O}$
9.	Tumor imaging (PET)	$^{18}\text{F}$	FDG
10.	Tumor imaging (PET) + Diagnostic CT	$^{18}\text{F}$	FDG
11.	Thyroid metastases (after ablation, uptake 0%)	$^{131}\text{I}$	Iodide
12.	Thyroid imaging (oral administration, no blocking)	$^{99m}\text{Tc}$	Pertechnetate
13.	Thyroid imaging (thyroid uptake 35 %)	$^{123}\text{I}$	Iodide
14.	MUGA, cardiac blood pool, cardiac blood flow (equilibrium)	$^{99m}\text{Tc}$	DTPA
15.	MUGA, cardiac blood pool, cardiac blood flow (equilibrium)	$^{99m}\text{Tc}$	Tc-labelled erythrocytes
16.	Dopamine transporter imaging (parkinsonism)	$^{123}\text{I}$	$\square$ -CIT
17.	Dopamine transporter imaging (parkinsonism)	$^{123}\text{I}$	Ioflupane (DaTscan)
18.	Lung perfusion	$^{99m}\text{Tc}$	MAA
19.	Neuroendocrine tumors/somatostatin receptor imaging	$^{111}\text{In}$	Pentetreotide (OctreoScan)
20.	Renal imaging	$^{99m}\text{Tc}$	DMSA
21.	Renal imaging	$^{99m}\text{Tc}$	MAG 3
22.	Renal imaging	$^{99m}\text{Tc}$	DTPA
23.	Parathyroid imaging	$^{99m}\text{Tc}$	MIBI
24.	Cerebral blood flow	$^{99m}\text{Tc}$	Exametazime (HMPAO, Ceretec)
25.	Cerebral blood flow	$^{99m}\text{Tc}$	ECD (Neurolite)
26.	Infection/inflammation imaging	$^{67}\text{Ga}$	Gallium citrate
27.	Infection/inflammation imaging	$^{99m}\text{Tc}$	Tc-labelled white blood cells (leucocytes)
28.	Infection/inflammation imaging	$^{99m}\text{Tc}$	Monoclonal antibody (LeucoScan)
29.	Lymphoscintigraphy (sentinel & other)	$^{99m}\text{Tc}$	Nanocollid
30.	Angiocardiology – SHUNT	$^{99m}\text{Tc}$	Perthnetate
31.	Liver hemangioma	$^{99m}\text{Tc}$	Tc-labelled erythrocytes
32.	PET - CT all	FDG	

Tablica 24. Postupci, korišteni radionuklid i kemijski oblik radionuklida za koje su prikupljeni podaci

Ukupan broj postupaka prema dobi i spolu dan je u tablici 25.

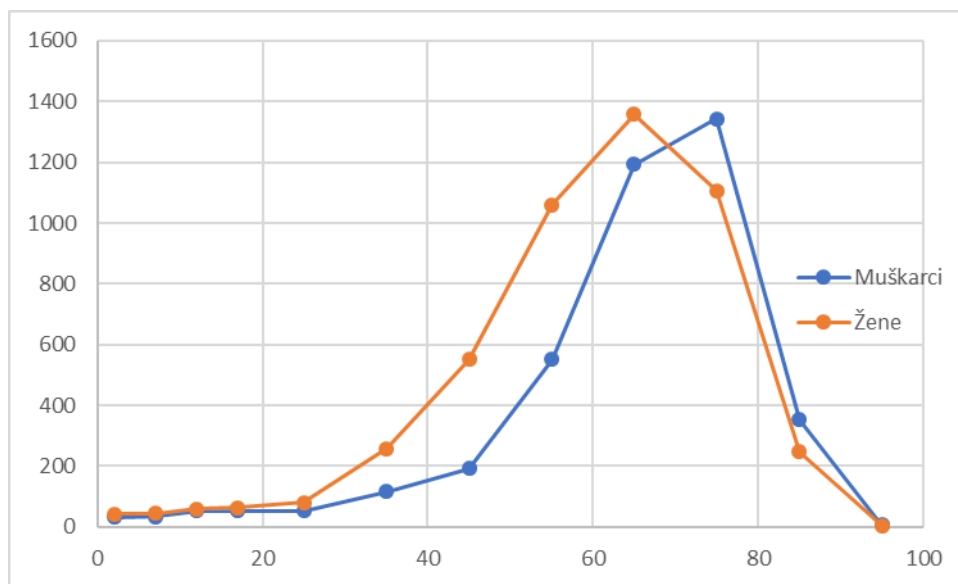


vrsta pregleda	radionuklid	kemijski oblik	BROJ PACIJENATA OVISNO O STAROSTI I SPOLU																							
			0 - 4		5 - 9		10 - 14		15 - 19		20 - 29		30 - 39		40 - 49		50 - 59		60 - 69		70 - 79		80 - 89		90 +	
			m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž	m	ž
1. Bone imaging	<sup>99m</sup> Tc	Phosphates and phosphonates	31	42	33	43	53	59	53	63	53	80	115	257	191	552	552	1059	1193	1358	1342	1106	353	247	7	4
2. Myocardial perfusion	<sup>201</sup> Tl	Chloride	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. Myocardial perfusion, rest	<sup>99m</sup> Tc	Tetrofosmin	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	15	13	45	52	72	71	41	30	6	2	0	0
4. Myocardial perfusion, exercise	<sup>99m</sup> Tc	Tetrofosmin	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	5	26	19	77	83	104	98	59	47	6	3	0	0
5. Myocardial perfusion, rest	<sup>99m</sup> Tc	MIBI	0	0	0	0	1	1	1	0	2	3	20	12	88	67	275	232	445	404	283	310	33	25	0	0
6. Myocardial perfusion, exercise	<sup>99m</sup> Tc	MIBI	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	18	9	54	54	217	189	340	340	210	219	29	16	0	0
7. Myocardial perfusion (PET)	<sup>18</sup> F	FDG	0	0	0	0	5	3	6	5	13	12	18	22	25	52	94	117	132	151	76	98	13	12	0	0
8. Myocardial perfusion (PET)	<sup>15</sup> O	H <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9. Tumor imaging (PET)	<sup>18</sup> F	FDG	1	1	6	2	6	7	13	16	35	43	70	73	104	147	257	270	480	385	308	239	56	47	0	0
10. Tumor imaging (PET) + Diagnostic CT	<sup>18</sup> F	FDG	4	1	4	7	6	8	12	19	36	41	80	119	148	212	394	501	771	654	497	374	86	58	0	0
11. Thyroid metastases (after ablation, uptake 0%)	<sup>131</sup> I	Iodide	0	0	1	3	1	5	1	4	4	27	15	61	22	90	22	124	34	111	19	55	1	6	0	0
12. Thyroid imaging (oral administration, no blocking)	<sup>99m</sup> Tc	Pertechnetate	2	2	0	2	1	3	5	31	26	177	81	482	115	758	193	996	250	1091	190	587	50	161	4	3
13. Thyroid imaging (thyroid uptake 35 %)	<sup>123</sup> I	Iodide	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	3	1	1	0	0	0	0
14. MUGA, cardiac blood pool, cardiac blood flow (equilibrium)	<sup>99m</sup> Tc	DTPA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	6	2	4	2	2	2	2	1	3	0	0
15. MUGA, cardiac blood pool, cardiac blood flow (equilibrium)	<sup>99m</sup> Tc	Tc-labelled erythrocytes	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16. Dopamine transporter imaging (parkinsonism)	<sup>123</sup> I	β-CIT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
17. Dopamine transporter imaging (parkinsonism)	<sup>123</sup> I	lofupane (DaTscan)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	4	2	3	2	11	3	3	8	1	1	0	0
18. Lung perfusion	<sup>99m</sup> Tc	MAA	1	2	1	0	1	1	2	7	8	17	14	26	32	33	58	79	98	108	86	136	49	79	4	10
19. Neuroendocrine tumors/somatostatin receptor imaging	<sup>111</sup> In	Pentetreotide (OctreoScan)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	2	1	2	4	8	3	1	0	0	0	0
20. Renal imaging	<sup>99m</sup> Tc	DMSA	56	89	27	29	18	28	17	12	3	5	5	14	2	6	4	7	6	10	4	9	1	0	0	0
21. Renal imaging	<sup>99m</sup> Tc	MAG 3	231	153	93	91	44	57	58	47	30	55	49	93	70	85	93	130	121	138	70	72	18	20	0	1
22. Renal imaging	<sup>99m</sup> Tc	DTPA	25	19	10	13	11	7	30	6	16	18	10	23	15	26	21	43	28	49	24	38	9	4	0	0
23. Parathyroid imaging	<sup>99m</sup> Tc	MIBI	0	0	0	0	0	0	2	2	2	5	11	12	18	45	39	103	25	156	34	98	4	19	0	0
24. Cerebral blood flow	<sup>99m</sup> Tc	Exametazime (HMPAO, Ceretec)	0	1	0	1	1	0	1	3	11	5	7	7	25	12	23	27	33	41	24	47	5	7	0	0
25. Cerebral blood flow	<sup>99m</sup> Tc	ECD (Neurolite)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	6	2	3	2	3	2	6	6	0	1	0	0
26. Infection/inflammation imaging	<sup>67</sup> Ga	Gallium citrate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	4	0	3	0	0	0	0
27. Infection/inflammation imaging	<sup>99m</sup> Tc	Tc-labelled white blood cells (leucocytes)	0	1	0	1	1	0	1	1	8	4	3	4	18	7	20	25	25	34	16	34	4	6	0	0
28. Infection/inflammation imaging	<sup>99m</sup> Tc	Monoclonal antibody (LeucoScan)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	1	2	1	7	0	1	0	1	0	0
29. Lymphoscintigraphy (sentinel & other)	<sup>99m</sup> Tc	nanocolloid	0	0	0	0	0	0	1	1	2	6	10	33	19	61	43	130	52	147	41	107	20	25	0	2
30. Angiocardigraphy - SHUNT	<sup>99m</sup> Tc	Perthnetate	6	8	10	7	4	10	3	9	7	6	7	10	8	15	11	20	9	25	4	6	0	0	0	0
31. Liver hemangioma	<sup>99m</sup> Tc	Tc-labelled erythrocytes	4	4	4	5	5	10	8	7	19	20	26	35	41	59	54	98	74	116	60	77	23	15	0	0
32. PET - CT all	FDG		1	0	1	0	1	0	1	2	9	9	19	36	63	51	89	114	118	123	70	60	9	3	0	0

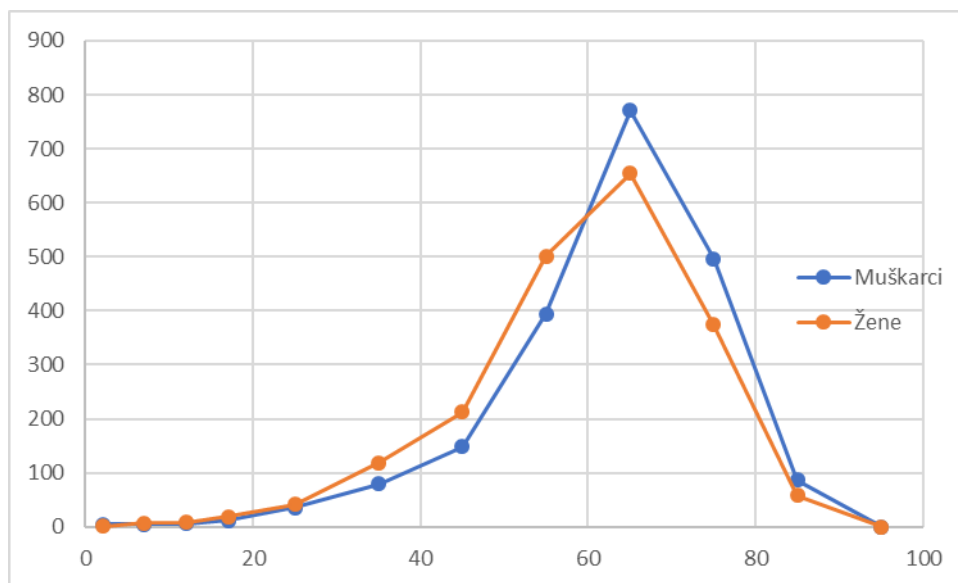
Tablica 25. Ukupan broj postupaka prema dobi i spolu

Ukupan broj dijagnostičkih NM postupaka u RH u 2015. godini je 42.000.

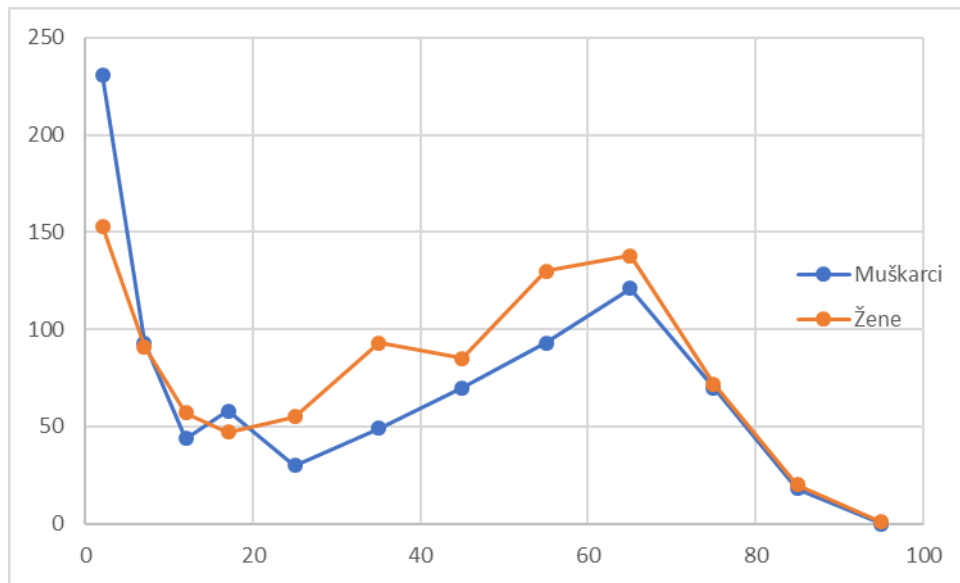
Iz tablice 25. lako se vidi raspodjela dijagnostičkih NM postupaka prema dobi i spolu. Primjer za postupke s najvećom učestalošću dani su na slikama 25. - 28.



Slika26. Raspodjela postupaka Bone scan (99Tc) po dobi i spolu. Na ordinati je broj postupaka u 2015, a na apscisi godine pacijenta.



Slika 27. Raspodjela postupaka PET CT (18FDG) po dobi i spolu. Na ordinati je broj postupaka u 2015, a na apscisi godine pacijenta.



Slika 28. Raspodjela postupaka Renal imaging (99Tc, MAG3) po dobi i spolu. Na ordinati je broj postupaka u 2015, a na apscisi godine pacijenta.

U tablici 26. su prikazani svi postupci s učestalostima, tipičnim administriranim aktivnostima, konverzijskim faktorima iz administrirane aktivnosti u efektivnu dozu, efektivna dozu po postupku i ukupna efektivna doza za svaki pojedini dijagnostički postupak NM u RH za 2010. i 2015. godinu.

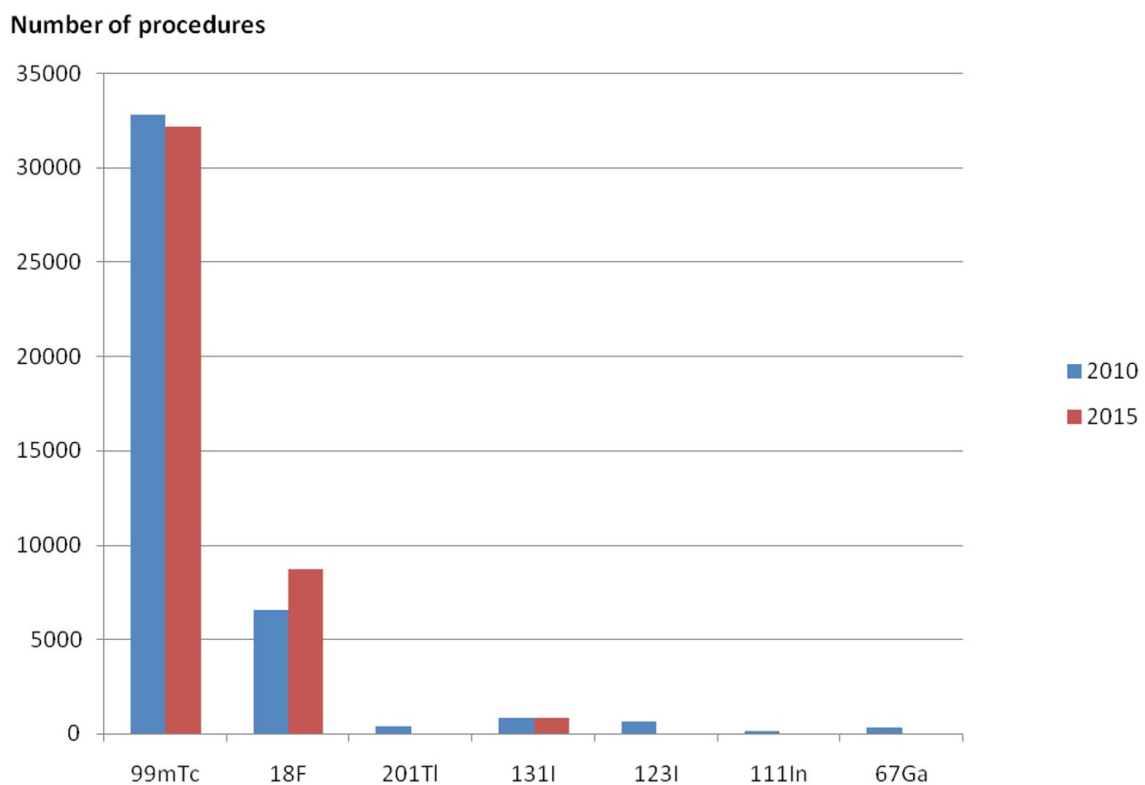
Postupak	Radionuklid	Kemijski oblik	Broj postupaka 2010	Broj postupaka 2015	Prosječna aktivnost po postupku 2010 (MBq)	Prosječna aktivnost po postupku 2015 (MBq)	Konverzijski faktor 2015 (mSv/MBq)	E postupku 2010 (mSv)	poE postupku 2015 (mSv)	Ukupno med ozračenje 2010 (manSv)	Ukupno med ozračenje 2015 (manSv)
1. Bone imaging	<sup>99m</sup> Tc	Phosphates and phosphonates	10928	11404	592 (480 - 740)	633 (480 - 740)	5.70E-03 <sup>11</sup>	3,37	3,61	36,88	41,1
2. Myocardial perfusion	<sup>201</sup> Tl	Chloride	396		75 (40 - 111)		1.40E-01 <sup>12</sup>	10,5		4,16	0
3. Myocardial perfusion, rest	<sup>99m</sup> Tc	Tetrofosmin	962	353	572 (555 - 740)	578 (555 - 600)	6.90E-03 <sup>12</sup>	3,95	3,99	3,8	1,41
4. Myocardial perfusion, exercise	<sup>99m</sup> Tc	Tetrofosmin	995	572	560 (555-600)	577 (555 - 600)	6.90E-03 <sup>12</sup>	3,86	3,98	3,84	2,28
5. Myocardial perfusion, rest	<sup>99m</sup> Tc	MIBI	1706	2797	608 (555-850)	564 (400 - 800)	9.00E-03 <sup>11</sup>	5,47	5,08	9,33	14,2
6. Myocardial perfusion, exercise	<sup>99m</sup> Tc	MIBI	930	2282	635 (555-850)	555 (400 - 800)	7.90E-03 <sup>11</sup>	5,02	4,38	4,67	10
7. Tumor imaging (PET)	<sup>18</sup> F	FDG		3761		232 (200 - 240)	1.90E-02 <sup>12</sup>		4,41	0	16,5
8. Tumor imaging (PET) Diagnostic CT	<sup>18</sup> F	FDG		5011		226 (200 - 240)	1.90E-02 <sup>12</sup>		4,29	0	21,5
9. Thyroid metastases (after ablation, uptake 0%)	<sup>131</sup> I	Iodide	830	890	185 (185-185)	167 (111 - 185)	6.10E-02 <sup>11</sup>	11,3	10,2	9,37	9,06
10. Thyroid imaging (oral administration, no blocking)	<sup>99m</sup> Tc	Pertechnetate	9563	7012	117 (75-185)	98 (75 - 185)	1.30E-02 <sup>11</sup>	1,52	1,27	14,55	8,93
11. MUGA, cardiac blood pool, cardiac flow	<sup>99m</sup> Tc	DTPA	160		740 (740-740)		4.90E-03 <sup>11</sup>	3,63		0,58	0
12. MUGA, cardiac blood pool, cardiac flow	<sup>99m</sup> Tc	Tc-labelled erythrocytes	7		801 (555 - 925)		7.00E-03 <sup>11</sup>	5,61		0,04	0
13. Dopamine transporter imaging (parkinsonism)	<sup>123</sup> I	loflupane (DaTscan)	148	63	122 (111 - 130)	113 (111 - 150)	2.40E-02 <sup>12</sup>	2,93	2,71	0,43	0,17
14. Lung perfusion	<sup>99m</sup> Tc	MAA	1578	1121	150 (111 - 185)	154 (111 - 185)	1.10E-02 <sup>11</sup>	1,65	1,69	2,6	1,9
15. Neuroendocrine tumors/somatostatin receptor imaging	<sup>111</sup> In	Pentetreotide (OctreoScan)	101		240 (185 - 555)		5.40E-02 <sup>12</sup>	13		1,31	
16. Renal imaging	<sup>99m</sup> Tc	DMSA	1092	435	105 (74 - 185)	101 (74 - 148)	8.80E-03 <sup>11</sup>	0,92	0,89	1,01	0,39
17. Renal imaging	<sup>99m</sup> Tc	MAG 3	1879	2151	120 (74 - 145)	140 (80 - 185)	7.00E-03 <sup>11</sup>	0,84	0,98	1,58	2,11
18. Renal imaging	<sup>99m</sup> Tc	DTPA	1192	707	142 (111 - 370)	181 (103 - 370)	4.90E-03 <sup>11</sup>	0,7	0,89	0,83	0,63
19. Parathyroid imaging	<sup>99m</sup> Tc	MIBI	695	787	536 (370 - 740)	510 (300 - 740)	9.00E-03 <sup>11</sup>	4,82	4,59	3,34	3,61
20. Cerebral blood flow	<sup>99m</sup> Tc	Exametazime (HMPAO, Ceretec)	65	307	740 (740 - 740)	855 (600 - 1110)	9.30E-03 <sup>11</sup>	6,88	7,95	0,45	2,44
21. Cerebral blood flow	<sup>99m</sup> Tc	ECD (Neurolite)	252		850 (850)		2.20E-03 <sup>12</sup>	1,87		0,47	0
22. Infection/inflamation imaging	<sup>67</sup> Ga	Gallium citrate	338	35	72 (55 - 84)	77 (74 - 80)	1.00E-01 <sup>11</sup>	7,7	7,7	2,43	0,27
23. Infection/inflamation imaging	<sup>99m</sup> Tc	Tc-labelled white blood	144	260	740 (740)	555 (555)	1.10E-02 <sup>11</sup>	8,14	6,11	1,17	1,58
24. Infection/inflamation imaging	<sup>99m</sup> Tc	Monoclonal antibody	113		555 (555 - 555)		8.00E-03 <sup>12</sup>	4,44		0,51	0
25. Lymphoscintigraphy (sentinel & other)	<sup>99m</sup> Tc	Nanocollid	227	927	23 (11 - 25)	26 (4 - 30)	1.70E-02 <sup>4</sup>	0,34	0,33	0,03	0,12
26. Angiocardigraphy - SHUNT	<sup>99m</sup> Tc	Pertechnetate	83	227	796 (555 - 925)	771 (500 - 1110)	1.30E-02 <sup>12</sup>	11,1	10,8	0,93	2,45
27. Liver hemangioma	<sup>99m</sup> Tc	Tc-labelled erythrocytes	280	878	631 (555 - 740)	570 (555 - 800)	7.00E-03 <sup>12</sup>	4,42	3,99	1,23	3,5
28. PET - CT all	FDG		6559		330 (330)		1.90E-02 <sup>12</sup>	6,27		41,13	
<b>Ukupno</b>			<b>41223</b>	<b>41980</b>						<b>146,98</b>	<b>146,</b>

Tablica 26. Usporedba podataka za 2010. i 2015. godinu

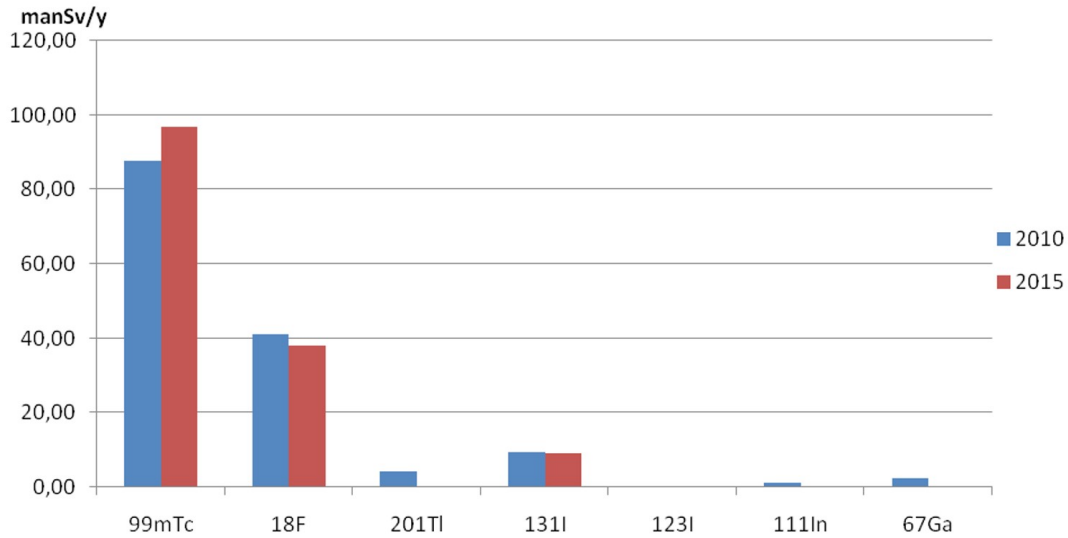
Dakle, 2015. godine bilo je 42.000 dijagnostičkih postupaka nuklearne medicine što je rezultiralo s 146,7 manSv kolektivne efektivne doze. To odgovara 9,8 postupaka na 1000 stanovnika godišnje i 34,1  $\mu$ Sv po stanovniku. Prema tome, NM postupci čine 1,5 % svih radiodijagnostičkih postupaka (DIR+NM, bez dentalnih postupaka) u 2015. godini i pridonosi 6 % ukupnoj kolektivnoj efektivnoj dozi što govori o tome da radiodijagnostički postupci pripadaju visokodoznim postupcima.

Također je vidljivo da je tijekom 5 godina broj NM radiodijagnostičkih postupaka i ukupna kolektivna efektivna doza stanovništva ostala ista no postoje razlike unutar pojedinih postupaka. Najviše su se koristili  $^{99m}\text{Tc}$ ,  $^{18}\text{F}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{111}\text{In}$  and  $^{67}\text{Ga}$ , s tim što je korištenje  $^{201}\text{Tl}$  prestalo 2015. godine, a uporaba  $^{67}\text{Ga}$  je značajno smanjena.

Usporedni prikaz učestalosti i efektivne kolektivne doze dan je na slikama 29. - 32.

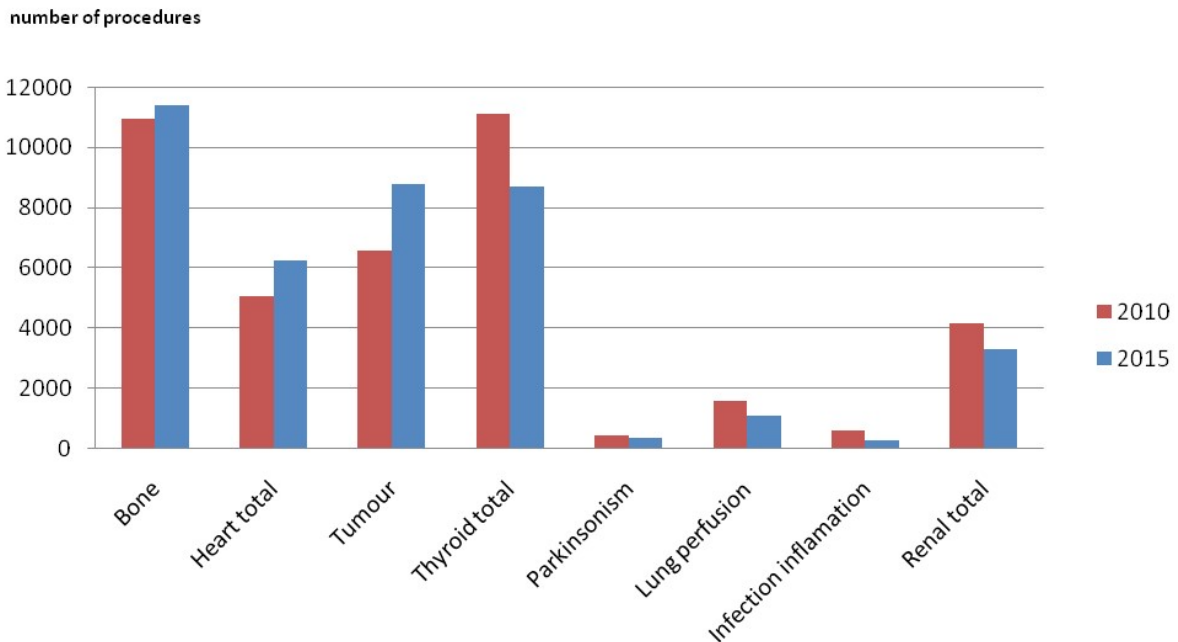


Slika 29. Usporedba broja dijagnostičkih postupaka prema radioizotopu koji se koristi.

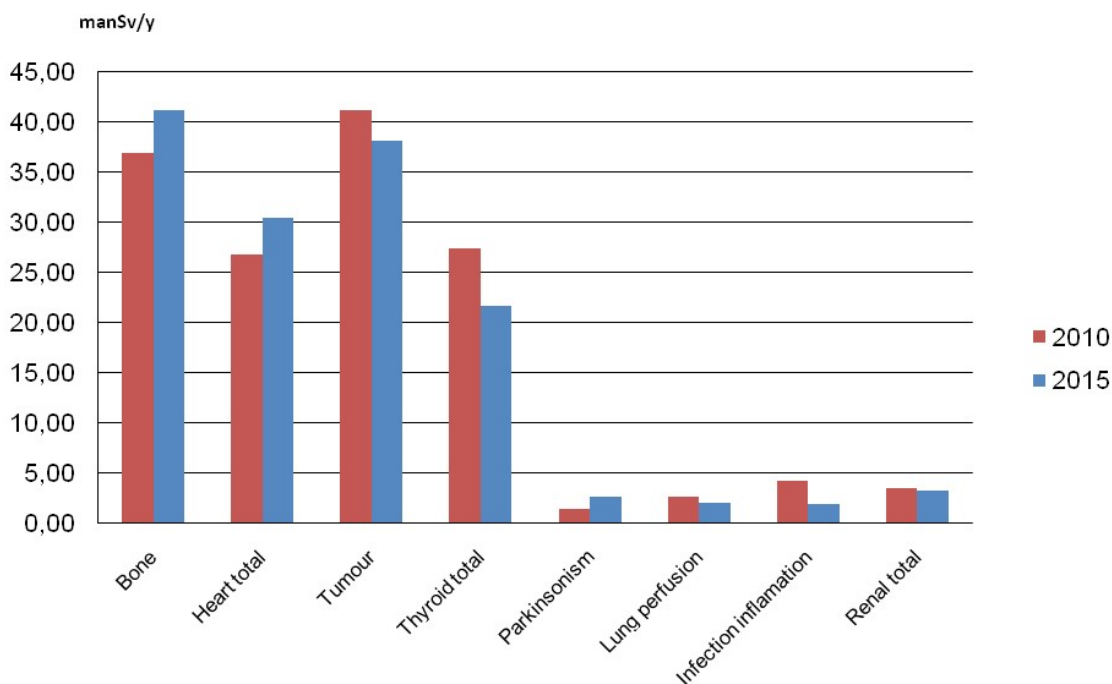


Slika 30. Usporedba doprinosa kolektivnoj efektivnoj dozi prema korištenom radioizotopu.

Slijedeće slike prikazuju broj postupaka i ukupan doprinos kolektivnoj efektivnoj dozi grupirane prema snimanom organu ili sličnom cilju postupka.



Slika 31. Usporedba broja dijagnostičkih postupaka NM grupirane prema snimanom organu ili sličnom cilju postupka u 2010. i 2015. godini.



Slika 32. Usporedba doprinosa dijagnostičkih postupaka NM ukupnoj kolektivnoj efektivnoj dozi grupirane prema snimanom organu ili sličnom cilju postupka u 2010. i 2015. godini.

Vidi se da dijagnostički postupci kostiju, srca, štitnjače i tumora doprinose preko 80 % ukupnom broju radiodijagnostičkih NM postupaka i preko 90 % ukupnoj kolektivnoj efektivnoj dozi u obje godine.

Gore dani podatci, zajedno s detaljnijom analizom trendova objavljena je u znanstvenom časopisu (3).

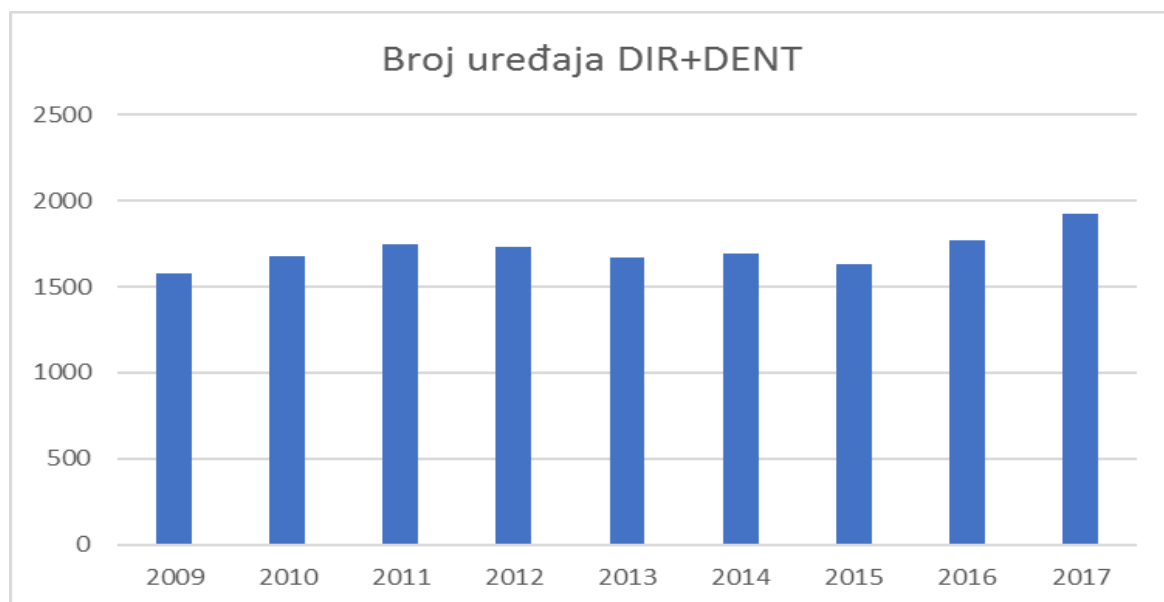
## ZAKLJUČAK

Ukupan broj postupaka izvorima ionizirajućeg zračenja u 2015. godini bio je 3.358.000 u DIR, 735.700 u DENT i 42.000 u NM, što čini ukupno 4.135.500 postupaka izvorima ionizirajućeg zračenja u radiodijagnostici, odnosno 964 radiodijagnostička postupka na 1000 stanovnika godišnje u RH (nesigurnost procjene u okviru 10 %). Podatci su u skladu s podacima u ostalim EU državama.

Ovi postupci uzrokovali su 662  $\mu\text{Sv}$  po stanovniku godišnje od DIR postupaka, 34  $\mu\text{Sv}$  od NM postupaka i 3  $\mu\text{Sv}$  od DENT postupaka. To čini medicinsko ozračenje 700  $\mu\text{Sv}$  godišnje po stanovniku RH (nesigurnost procjene u okviru 12 %).

Ukupno je stanovništvo ozračeno s 2.840 Sv od DIR, 146 Sv od NM i 10 Sv od DENT postupaka, što čini ukupno 2.996 Sv u 2015. godini.

U usporedbi s 2010. godinom kada je ista grupa radila ovu procjenu na isti način u okviru samog DDmed projekta, nema značajnije promjene u učestalosti postupaka što je i za očekivati obzirom na gotovo isti broj radioloških uređaja u tim godinama (slika 33).

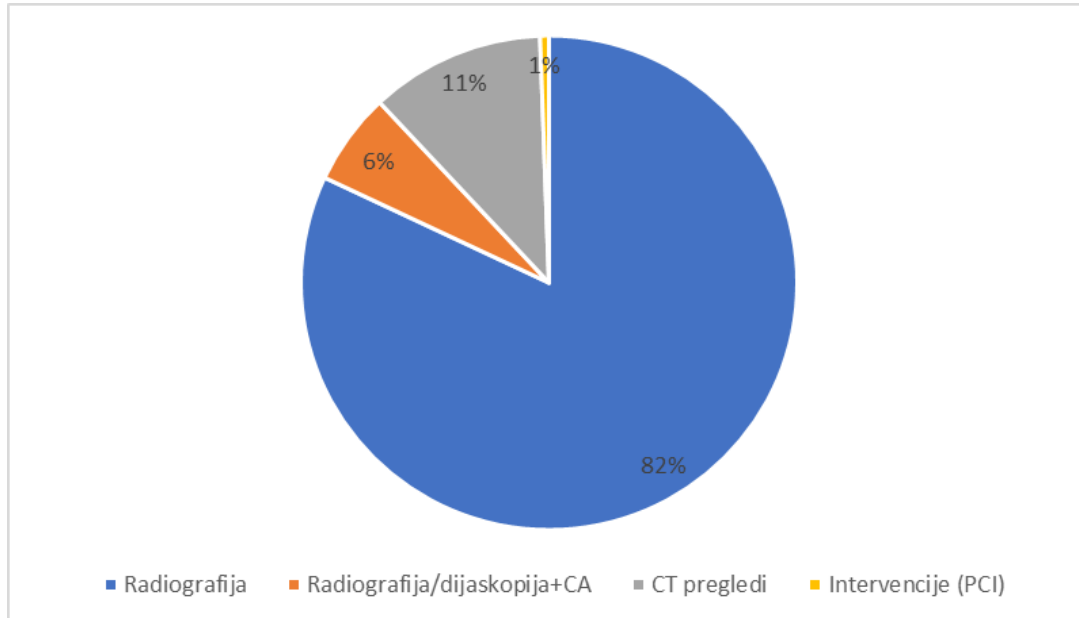


Slika 33. Broj rendgenskih uređaja po godinama (DIR i DENT).

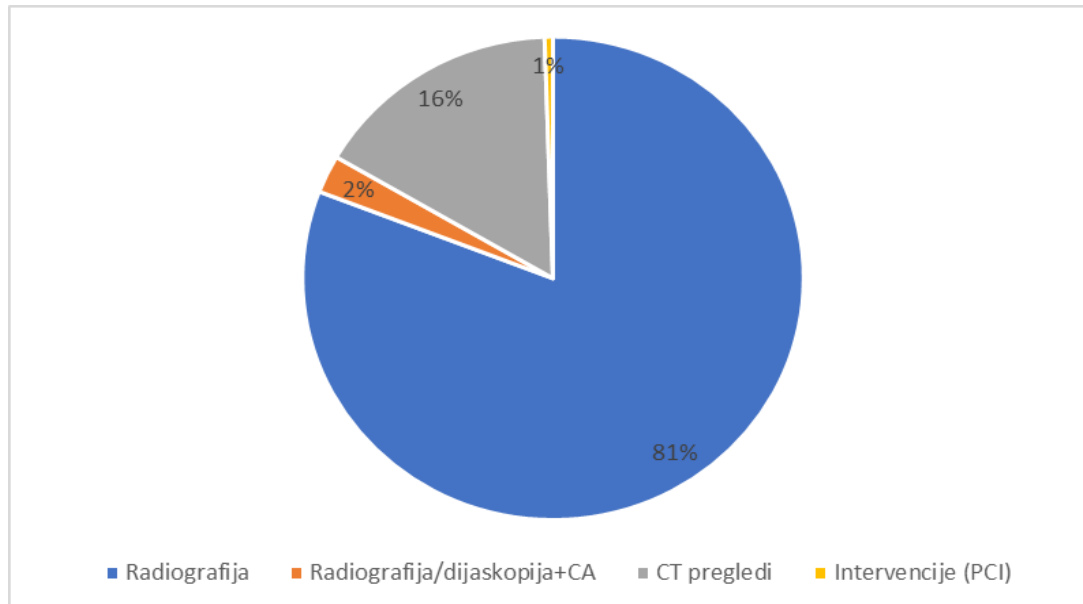
Važno je naglasiti da je u 2016. i 2017. godini došlo do povećanja broja uređaja, čime je povećana dostupnost radioloških postupaka, ali zasigurno i povećano medicinsko ozračenje koje ovim izvješćem nije obuhvaćeno.



Iako u 2010. i 2015. nema značajne razlike u ukupnom broju DIR i NM postupaka, unutar pojedine skupine dolazi do razlika (Slika 34. i 35.), primjerice povećan broj CT postupaka nauštrb dijaskopskih postupaka. To je za očekivati i slaže se s trendovima u ostatku EU.

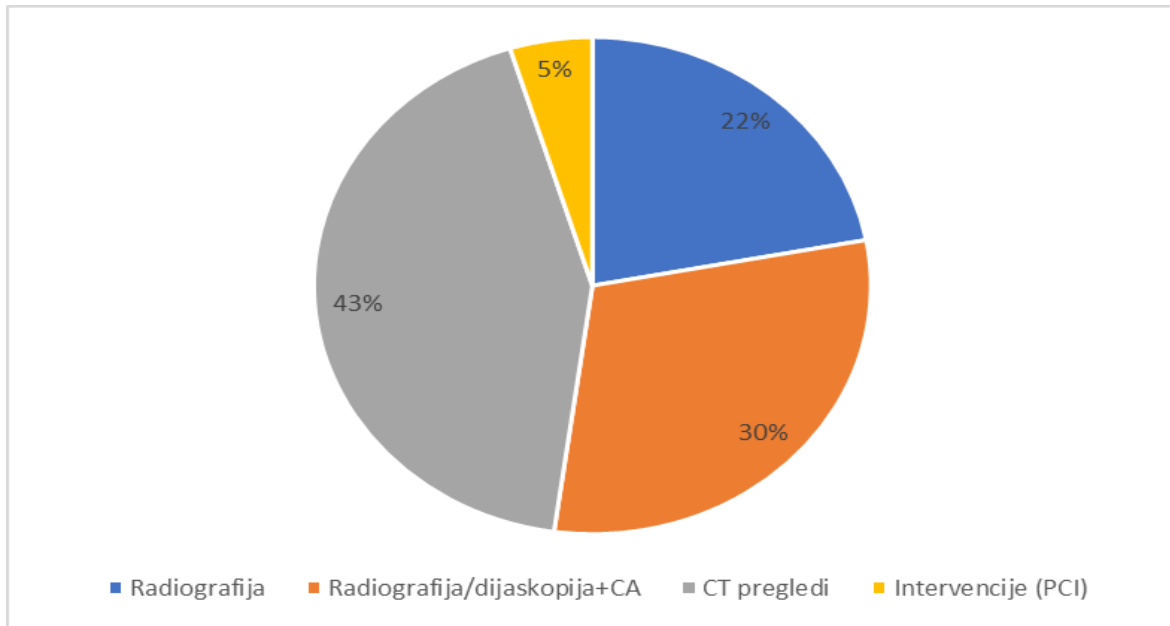


Slika 34. Raspodjela ukupnog broja DIR postupaka u 2010 godini u RH prema modalitetima.

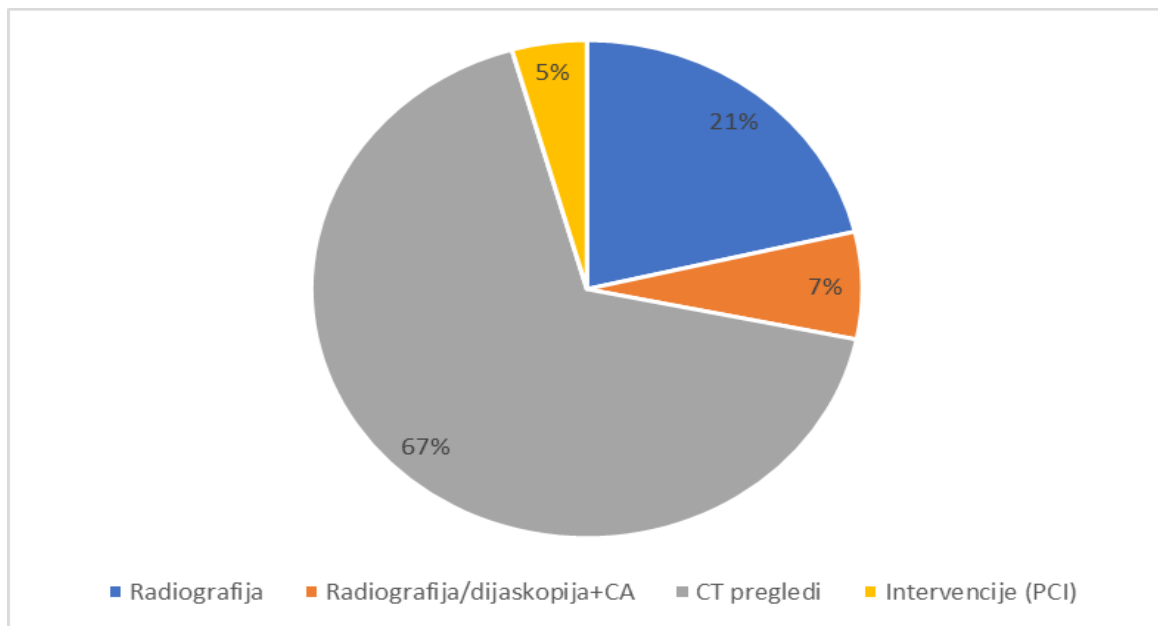


Slika 35. Raspodjela ukupnog broja DIR postupaka u 2015 godini u RH prema modalitetima

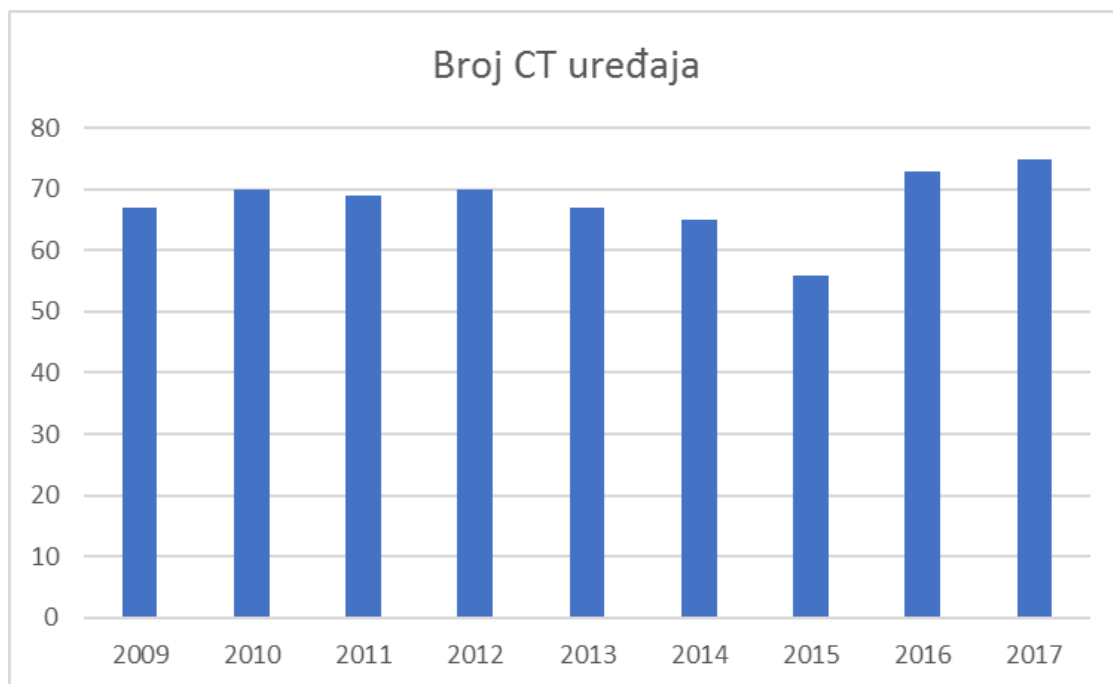
Pri tome je važno napomenuti da je CT postupak visokodozni i povećanje broja CT postupaka značajno utječe na ozračenje stanovništva (Slike 36. i 37.).



Slika 36. Udio u ukupnom ozračenju pacijenata različitih modaliteta u DIR u RH 2010. godine.



Slika 37. Udio u ukupnom ozračenju pacijenata različitih modaliteta u DIR u RH 2015. godine.



Slika 38. Broj CT uređaja tijekom godina.

Obzirom da je ovo ispitivanje učestalosti radiodijagnostičkih postupaka iz 2015. godine, a da je tijekom 2016. i 2017. nabavljen veliki broj novih CT uređaja (slika 38.), trend povećanja broja CT postupaka će se nastaviti i biti i izraženiji sljedećih godina. Radi se o iznimno korisnom i važnom dijagnostičkom postupku te je povećanje dostupnosti izrazito važno za povećanje zdravstvene skrbi u RH.

Ovim izvješćem dane su i tipične vrijednosti veličina koje opisuju ozračenje pacijenta za svaki pojedini postupak te DRL.

Tipično ozračenje pacijenta i DRL u svim istraženim modalitetima u okviru je publiciranih rezultata i rezultata u ostalim EU državama uz manje iznimke. Međutim, tipična praksa i DRL računaju se kao median vrijednosti koji je neosjetljiv na ekstremne vrijednosti te ne govori ništa o razlikama između prakse u različitim ustanovama ili na različitim uređajima u istoj ustanovi. Detaljnija analiza pokazuje veliku raznolikost radiološke prakse u DIR i DENT, za razliku od NM gdje je praksa prilično ujednačena. Omjer maksimalnog i minimalnog ozračenja pacijenta za isti modalitet doseže i više desetaka te je potrebno ujednačavanje prakse i njena optimizacija, kao i edukacija iz područja zaštite pacijenta od ionizirajućeg zračenja.

Također, važno je istaknuti da digitalizacija opreme dodatno doprinosi velikim razlikama u ozračenju pacijenata (vidjeti primjer mamografije), odnosno nije iskorištena prilika za umanjeno ozračenje pacijenta zbog nedostatka znanja i nepostojanja optimizacije postupka.

Kako je CT jedan od važnijih modaliteta s velikom vjerojatnosti povećanja broja postupaka i s velikim udjelom u ukupnom ozračenju stanovništva, u tom području je potrebno uložiti

najviše truda za održavanjem dovoljno dobre dijagnostičke informacije uz najmanje moguće ozračenje pacijenta.

Dakle, iako je povećanje dostupnosti radioloških uređaja iznimno važno za povećanje kvalitete zdravstvene skrbi u RH, potrebno je povećati razinu edukacije iz područja radiološke sigurnosti i uključiti stručnjake medicinske fizike u proces optimizacije u radiologiji (kako su već uključeni u radioterapiji i nuklearnoj medicini) kako bi oprema bila korištena na način najbolji za pacijenta.

Dodatno, u dentalnoj medicini vrlo je velik broj postupaka. Analiza tipičnog ozračenja pacijenta pokazuje raznolikost načina snimanja te manjkavosti opreme, ali obzirom da se radi o izrazito malom ozračenju bolesnika po postupku, a imajući u vidu manjak osoba educiranih u optimizaciji radioloških uređaja u RH, ovi postupci ne bi trebali biti prioritet (ali niti u potpunosti zanemareni, osobito jer je optimizacija rada ovim uređajima relativno jednostavan proces). S druge strane, u odnosu na 2010. godinu, u 2015. godini postoji višestruki porast CBCT uređaja i postupaka te bi svakako pažnju trebalo posvetiti optimizaciji i kontroli ovih uređaja i postupaka.

Rezultati prikazani u ovom izvješću govore o medicinskom ozračenju stanovništva u RH, međutim dodatno upozoravaju na potrebu za uvođenjem optimizacijskih postupaka u DIR i DENT te obrazovanje iz područja zaštite pacijenta od ionizirajućeg zračenja. Prema EUBSS direktivi iz 2013. godine, RH bi trebala potaknuti uvođenje ovakvog obrazovanja u programe zdravstvenih obrazovnih ustanova.

## Reference

1. European Commission. European guidance on estimating population doses from medical X-ray procedures. Radiation protection No 154. Brussels:EC. 2008.
2. European Commission. Medical Radiation Exposure of the European Population (Part 1). Radiation Protection No 180. Luxemburg: Publications Office of the European Union. 2014.
3. Kralik I, Stefanic M, Brkic H, et al. Estimated collective effective dose to the population from nuclear medicine diagnostic procedures in Croatia: A comparison of 2010 and 2015. PLOS ONE. 12(6), 2017.
4. European Commission. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images EUR 16260 EN, Luxembourg; 1996.
5. Helmrot E, Alm Carlsson G. Measurement of radiation dose in dental radiology. Radiat Prot Dosim 2005; 114: 168–71. doi: 10.1093/rpd/nch502
6. H.K. Looe, F. Eenboom, N. Chofor, A. Pfaffenberger, M. Steinhoff, A. Rühmann, A. Poplawski, K. Willborn and B. Poppe, Conversion coefficients for the estimation of effective doses in intraoral and panoramic dental radiology from dose-area product values, Radiation Protection Dosimetry (2008), Vol. 131, No. 3, pp. 365–373
7. Gang Li. Patient radiation dose and protection from cone-beam computed tomography. Imaging Sci Dental 2013; 42(3). 63-69

8. RP 162. Criteria for Acceptability of Medical Radiological Equipment. European Commiission, 2012
9. Brnić, Zoran; Krpan, Tomislav; Faj, Dario; Kubelka, Dragan; Popić Ramač, Jelena; Posedel, Dario; Steiner, Robert; Vidjak, Vinko; Brnić, Vedran; Višković, Klaudija; Baraban, Vedrana. Patient radiation doses in the most common interventional cardiology procedures in Croatia: first results. // Radiation protection dosimetry. 138 (2010) , 2; 180-186
10. Faj, Dario; Baraban, Vedrana; Brnić, Zoran; Boban, Domagoj; Steiner, Robert; Kasabašić, Mladen; Kubelka, Dragan. Doze zračenja koje bolesnik apsorbira tijekom koronarnih intervencija u KBC osijek. // Arhiv za higijenu rada i toksikologiju. 61 (2010) ; 131-13
11. Faj, Dario; Posedel, Dario; Štimac, Damir; Ivezić, Zdravko; Kasabašić, Mladen; Ivković, Ana; Kubelka, Dragan; Ilakovac, Vesna; Brnić, Zoran; Ciraj Bjelac, Olivera. Survey of mammography practice in Croatia: equipment performance, image quality and dose. // Radiation protection dosimetry. 131 (2008) , 4; 535-540