

**UNIVERZA V LJUBLJANI  
ZDRAVSTVENA FAKULTETA  
RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA, 1. STOPNJA**

**Sandra Kostevc in Oliver Repić**

**VPLIV VELIKOSTI POLJA NA EKSPOZICIJO PRI  
SLIKANJU STOPALA IN KOLKA BREZ IN Z  
REŠETKO**

diplomsko delo

**THE IMPACT OF THE IMAGE FIELD ON  
EXPOSURE IN FOOT AND HIP IMAGING WITH OR  
WITHOUT GRID**

diploma work

**Mentorica: viš. pred. mag. Mojca Medič**

**Recenzentka: pred. dr. Valerija Žager Marcuš**

**Ljubljana, 2019**





## ZAHVALA

Zahvaljujema se mentorici mag. Mojci Medič za nasvete, podporo, trud in usmerjanje pri celotnem pisanju diplomskega dela. Zahvalila bi se tudi dr. Valeriji Žager Marciuš za vse popravke.

Posebno pa se zahvaljujema najinima družinama za vzpodbudo, starševsko ljubezen in finančno pomoč, ki nama je nenazadnje omogočila ta študij.

Zahvala gre tudi vsem prijateljem, ki so nama stali ob strani pri vseh študijskih ovirah in nenehni motivaciji za opravljanje tega študija.



# IZVLEČEK

**Uvod:** Ekspozicijski indeks, ki definira količino doze na slikovni sprejemnik, se lahko uporablja kot mehanizem za kontrolo izpostavljenosti sevanju pri istem objektu. Da bo slika za diagnostične namene uporabna, je potrebno, kadar povečujemo ali zmanjšujemo slikovno polje, ustrezno prilagoditi tudi ekspozicijske pogoje. Kadar se velikost polja spremeni iz  $35 \times 43$  cm na  $24 \times 30$  cm, znaša faktor povečanja produkta toka in časa (mAs) 1,25 in pri spremembi polja na  $18 \times 24$  cm 1,4. **Namen:** Namen diplomskega dela je ugotoviti, kako sprememba velikosti slikovnega polja vpliva na ekspozicijski indeks brez spreminjanja ekspozicijskih pogojev. Eden izmed namenov je tudi primerjati ujemanje faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev kadar slikamo z ali brez rešetke. **Metode dela:** Meritve smo izvedli v dveh delih. Za diplomsko delo smo uporabili deskriptivno metodo s pregledom domače in tuje literature. Druga metoda dela je bila raziskava s pomočjo meritev, kjer smo izvajali postopke, ki so nas pripeljali do določitev natančnejših faktorjev sprememb ekspozicijskih pogojev pri spreminjanju velikosti slikovnega polja. Ekspozicijske pogoje smo določili s pomočjo ionizacijske celice, kadar smo uporabili rešetko in elektronsko, kadar smo slikali brez rešetke. Raziskavo smo nadgradili še z določitvijo faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev pri slikanju z rešetko (z razmerjem 12:1) ali brez. **Rezultati:** Faktorji povečave ekspozicijskih pogojev so se pri slikanju kolka, kadar slikamo z ali brez rešetke, zelo približali vrednostim faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev pri pospeševalnih napetostih 85 kV. Med faktorji povečave ekspozicijskih pogojev pri slikanju stopala s pospeševalnimi napetostmi 45, 50 in 55 kV praktično ni razlik, oziroma so odstopanja skoraj neopazna. **Razprava in zaključek:** Najvišje vrednosti EI smo odčitali pri višji ekspoziciji in najnižje pri nižjih ekspozicijah kar kaže na sorazmerno povezavo EI in ekspozicije. Kot zaključek lahko povzamemo, da se rešetke pri nizkih napetostih ne uporabljajo, saj tako majhne količine sipanega sevanja ne poslabšajo kontrastne ločljivosti v tej meri, da bi bila slika diagnostično neustrezna. Namen rešetk je predvsem prestrezanje sipanih fotonov, preden le ti dosežejo slikovni sprejemnik.

**Ključne besede:** Ekspozicijski indeks, faktorji povečave, ekspozicijski pogoji, pospeševalna napetost (kV), produkt toka in časa ekspozicije (mAs)



## ABSTRACT

**Introduction:** Exposure index, that defines the amount of dose on image receptor can be used as mechanism for radiation exposure control with same object. To use the image for diagnostic purposes, it is necessary to adjust the exposure conditions accordingly when increasing or decreasing the image field. When the field size changes from  $35 \times 43$  cm to  $24 \times 30$  cm, the enlargement exposure factor of mAs is 1,25 and when changing to the field  $18 \times 24$  is 1,4. **Purpose:** The purpose of this bachelor thesis is to determine how the change in the size of the image field affects the EI without changing the exposure conditions. One purpose is also to compare the matching of enlargement factors while imaging with or without use of antiscatter grids. **Methods:** The measurements were carried out in two parts. For the diploma work we used the descriptive method with a review of domestic and foreign literature. The other method of work was the survey with the help of measurements, where we carried out the procedures, that they led us to the determination of more precise factors of changes in exposure conditions when resizing the image field. The exposure conditions were determined with use of ionization cell while using grid, and electronically without grid. We also upgraded the study by determining the enlargement exposure factors while using the grid (with a ratio 12:1) or without. **Results:** Enlargement exposure factors were very close to the enlargement factors measured at 85 kV while imaging with grid or without. There are practically no differences between enlargement exposure factors in foot phantom with acceleration voltages of 45, 50 and 55 kV, or the deviations are almost invisible. **Discussion and conclusion:** The highest values of EI were observed at higher exposures and the lowest in lower exposures, indicating a relative EI and exposure relationship. As a conclusion, it can be summarized that the grids at low voltages are not used, since such small amounts of scattered radiation do not impair the contrast resolution to such an extent that the image is diagnostically inadequate. The purpose of the grids is especially intercepting scattered photons before they reach the image receptor.

**Keywords:** Exposure index, enlargement factors, exposure conditions, acceleration voltage (kV), product of the current and exposure time (mAs).





# KAZALO VSEBINE

1	UVOD .....	1
1.1	Teoretična izhodišča .....	2
2	NAMEN .....	6
3	METODE DELA.....	7
3.1	Postopek raziskave in izvedba meritev .....	9
3.1.1	Slikanje kolka in stopala stransko .....	9
3.1.2	Določanje faktor sprememb ekspozicijskih pogojev pri slikanju z ali brez rešetke	10
4	REZULTATI.....	11
4.1	Slikanje kolka z rešetko .....	11
4.2	Slikanje kolka brez rešetke .....	13
4.3	Slikanje stopala stransko pri pospeševalni napetosti 45kV .....	15
4.4	Slikanje stopala stransko pri pospeševalni napetosti 50kV .....	18
4.5	Slikanje stopala stransko pri pospeševalni napetosti 55kV .....	21
5	RAZPRAVA .....	24
6	ZAKLJUČEK.....	26
7	LITERATURA IN DOKUMENTACIJSKI VIRI.....	28



## KAZALO SLIK

Slika 1: Rentgenski aparat Siemens Multix/Vertex (Kostevc in Repić, 2019).....	7
Slika 2: Fantom stopala (Kostevc in Repić, 2019).....	8
Slika 3: Fantom medenice (Kostevc in Repić, 2019).....	8



## KAZALO TABEL

Tabela 1: Faktor povečanja ekspozicijskih pogojev pri spremembi FOV (Medič et al., 2013).....	3
Tabela 2: Odvisnost bucky faktorja od razmerja rešetke in energije fotonov v rentgenskem snopu (Medič et al., 2013).....	5
Tabela 3: Produkt toka in časa (mAs) pri različni velikosti slikovnega polja pri slikanju kolka z rešetko.....	11
Tabela 4: Izračunani ekspozicijski pogoji (mAs).....	12
Tabela 5: Izračunan produkt toka in časa (mAs) pri različni velikosti slikovnega polja pri slikanju kolka brez rešetke .....	13
Tabela 6: Primerjava faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev pri slikanju kolka, z in brez rešetke pri 75kV .....	14
Tabela 7: Slikanje stopala stransko, z rešetko (uporaba AEC), pri 45kV .....	15
Tabela 8: Slikanje stopala stransko, brez rešetke pri 45kV.....	16
Tabela 9: Primerjava faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev pri slikanju stopala stransko, z in brez rešetke pri 45kV .....	17
Tabela 10: Slikanje stopala stransko, z rešetko (uporaba AEC) pri 50kV .....	18
Tabela 11: Slikanje stopala stransko, brez rešetke pri 50kV.....	19
Tabela 12: Primerjava faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev pri slikanju stopala stransko, z in brez rešetke pri 50kV .....	20
Tabela 13: Slikanje stopala stransko, z rešetko (uporaba AEC), pri 55kV .....	21
Tabela 14: Slikanje stopala stransko brezrešetke pri 55kV.....	22
Tabela 15: Primerjava faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev pri slikanju stopala stransko, z in brez rešetke pri 55kV .....	23



## **SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC IN OKRAJŠAV**

<b>ALARA</b>	As low as reasonably achievable
<b>EI</b>	Ekspozicijski indeks
<b>FOV</b>	Field of view
<b>kV</b>	Enota za pospeševalno napetost (kilo volt)
<b>mAs</b>	Enota za produkt toka in časa ekspozicije (miliampersekunda)







# 1 UVOD

Ekspozicijski indeks (EI), ki definira količino doze na slikovni sprejemnik, se lahko uporablja kot mehanizem za kontrolo izpostavljenosti sevanju, kadar slikamo isti objekt. Radiološki inženirji lahko kontrolirajo dozne odmerke s pomočjo EI in tako ohranjajo diagnostično optimalne slike ob čim nižji izpostavljenosti sevanju (Agung et al., 2017).

V okviru diplomskega dela smo ugotavljali, kako sprememba velikosti slikovnega polja in ekspozicijskih pogojev vpliva na EI. Da bo rentgenska slika za diagnostične namene uporabna, je potrebno, kadar povečujemo ali zmanjšujemo slikovno polje, ustrezno prilagoditi tudi ekspozicijske pogoje. Tako bo ohranjen EI ob optimalnem signal-šum razmerju. Kadar spreminjamo velikost slikovnega polja, se pri sistemu folija-film ravnamo po faktorjih povečanja ekspozicijskih pogojev (Medič, 2013). Danes se je sistem folija-film skoraj v celoti že opustil, saj je v uporabi računalniška radiografija, vendar faktorji povečanja ekspozicijskih pogojev pri spreminjanju velikosti slikovnega polja niso znani.

Naše rezultate meritev smo pridobivali v dveh delih. Najprej smo želeli določiti natančne faktorje sprememb ekspozicijskih pogojev za različne velikosti slikovnega polja. V drugem delu smo določali faktorje sprememb ekspozicijskih pogojev pri slikanju z in brez uporabe rešetke in jih primerjali z že znanimi faktorji.

## 1.1 Teoretična izhodišča

Rentgensko slikanje je proces, kjer z rentgenskimi fotoni prikažemo sliko dela telesa, organa ali organskega sistema na slikovnem sprejemniku. Eden od pogojev za nastanek dobre rentgenske slike je, da radiološki inženir pravilno izbere ekspozicijske pogoje, in sicer pospeševalno napetost (kV), anodni tok (mA) in čas ekspozicije (s) (Lipovec et al., 2016).

Pospeševalna napetost (kV) je tisti dejavnik, ki določa energijo in sposobnost prodiranja rentgenskih fotonov skozi snov (človeško tkivo). mAs je produkt ekspozicijskega časa (s) in anodnega toka (mA), s katerim izražamo število rentgenskih fotonov v snopu (Lipovec et al., 2016).

Pri vsakem rentgenskem slikanju je poleg pravilne izbire ekspozicijskih pogojev pomembna tudi omejitev rentgenskega snopa, saj se stem izognemo pretiranemu sipanju, ki vpliva na kontrastnost slike, zmanjšamo pa tudi izpostavljenost pacienta nepotrebnemu sevanju. Rentgenski snop omejujemo z zaslonko, vgrajeno pod ohišjem rentgenske cevi (Medič et al., 2013).

Zaslonko sestavljajo štiri svinčene plošče (lamele), razporejene v dva para, ki sta si med seboj pravokotna. Gibanje vsakega para plošč je od središča polja simetrično. Lamelle s približevanjem oziroma oddaljevanjem ene od druge spreminjajo velikost snopa in s tem velikost slikovnega polja, imenovanega tudi FOV (Fieldofview) (Wallace, 1995).

Z zmanjševanjem slikovnega polja je tudi sipanega sevanja manj, zato je prejeta doza za pacienta manjša. Slikovno polje ne sme presegati velikosti slikovnega sprejemnika. Če povečamo velikost slikovnega polja, se poveča volumen presevanega dela objekta, v katerem nastane več sipanega sevanja. Kadar se velikost polja spremeni iz  $35 \times 43$  cm na  $24 \times 30$  cm, znaša faktor povečanja produkta toka in časa (mAs) 1,25 in ob spremembi polja na  $18 \times 24$  cm 1,4. Kadar spreminjamo velikost slikovnega polja, so nam v pomoč faktorji povečanja ekspozicijskih pogojev, prikazanih v tabeli 1 (Medič et al., 2013).

*Tabela 1: Faktor povečanja ekspozicijskih pogojev pri spremembi FOV (Medič et al., 2013)*

<b>Velikost slikovnega polja (FOV) v cm</b>	<b>Faktor povečanja ekspozicijskih pogojev (mAs)</b>
35 × 43	1
24 × 30	1,25
18 × 24	1,4

Količina sevanja, ki doseže slikovni sprejemnik pa ni odvisna samo od velikosti slikovnega polja in ekspozicijskih pogojev, ampak posledično vpliva tudi na EI (Mothiram et al., 2014). EI je v radiografiji uporabljen za prikaz relativne hitrosti in občutljivosti slikovnega sprejemnika za rentgenske fotone. Radiološkim inženirjem zagotavlja povratne informacije o ustreznosti radiografske tehnike in diagnostično optimalni sliki ob sočasno čim nižji dozi za pacienta (Seibert, Morin, 2011). EI nam da podatek o prejeti dozi, ki doseže slikovni sprejemnik, vendar ne sme biti napačno enačen z dozo, ki jo prejme pacient. EI je sorazmeren s kvadratom razmerja signal-šum in je uporaben pri določitvi spodnje meje intenzitete sevanja ob predvideni diagnostični uporabi izvida in največji še sprejemljivi količini šuma (Irrera et al., 2016).

Kot parameter nam EI služi pri kontroliranju ekspozicijskih mej v računalniški radiografiji, saj je optimizacija EI tesno povezana z optimizacijo ekspozicijskih pogojev (kV in mAs). Tako se EI lahko uporablja kot nadomesten faktor pri kontroli doz (Seeram et al., 2016). EI je za izpostavljenost pacientov sevanju pomemben faktor, saj je spremljanje EI tudi del upoštevanja načel ALARA (Ribeiro et al., 2016).

Agung in sodelavci (2017) so ugotavljali, kako sprememba ekspozicijskih pogojev (kV in mAs) vpliva na vrednosti vstopne kožne doze in spreminjanja EI. Njihove meritve na fantomu so pokazale, da je EI sorazmerno skladen z ekspozicijo. Višja ekspozicija bo rezultat višjega EI in nižja posledično nižjega EI, ki se lahko uporablja kot mehanizem kontrole izpostavljenosti sevanju pri enakem objektu slikanja.

Baker (2012) je meritve izvajal na fantomu spodnjega uda, vpliv zaslanjanja na EI pa je bil v njegovi študiji poglaviten faktor. Premajhno zaslanjanje glede na objekt slikanja, nam da večje količine fotonov, ki direktno padejo na slikovni sprejemnik, ter skupaj s sipanim sevanjem tvorijo več centrov latentne slike. Meritve ob različnih velikostih slikovnega polja, so pokazale, da se pri nezadostnem zaslanjanju in s tem pretirano odprtem slikovnem polju EI povečuje. Pri velikosti polja  $5 \times 18,5$  cm je bila vrednost EI najnižja, s povečanjem na  $8 \times 18,5$  cm in nato na  $11 \times 18,5$  cm se je EI povečeval. Brez zaslanjanja polja z velikostjo  $24 \times 30$  cm je bila vrednost EI najvišja od predhodno izmerjenih. Zaslanjanje glede na objekt slikanja, nam da bolj zanesljive vrednosti EI, saj se brez ustreznega zaslanjanja lahko pojavijo prekomerno ali nezadostno eksponirane slike. Zato je ključnega pomena, da je velikost polja izključno omejena samo na anatomsko področje, ki ga želimo prikazati.

Ekspozicijski pogoji pa se spreminjajo tudi ob uporabi radiografskih rešetk za prestrežanje sipanega sevanja. Za kvaliteto slike je ob uporabi rešetke potrebno ohraniti optimalno razmerje signal-šum (Moore et al., 2015). Povečani ekspozicijski pogoji se pripisujejo zmanjšani primarni prepustnosti snopa, ki se deloma poleg sipanih fotonov absorbira v radiografskih rešetkah. Povečanje teh ekspozicijskih pogojev znaša približno 39% pri uporabi klasičnih rešetk s povprečno primarno prepustnostjo 72% (Zhou, 2018).

Primarna prepustnost izraža odstotek fotonov, ki ohranijo prvotno smer in katere rešetka prepušča. Prepustnost rešetke se izraža v odstotkih in je definirana kot razmerje med jakostjo snopa fotonov, ob uporabi rešetke in intenziteto snopa fotonov brez nje (Medič et al., 2013).

Kuusela in sodelavci (2017) so izvajali meritve na fantomu glave, pri čemer so spreminjali parametre filtracije, razdaljo gorišče–slikovni sprejemnik (115-180 cm) z in brez uporabe rešetke z razmerjem 12, ob uporabi avtomatske kontrole ekspozicije. Meritve brez rešetke so pokazale za 63% nižjo dozo, ki bi jo pacient prejel, vendar je bila kvaliteta slik slabša. Prav tako je bilo na slikah brez uporabe rešetk več šuma. Pri povišanju napetosti iz 85 kV na 95 kV je bil mAs pri avtomatski kontroli ekspozicije za 42% nižji, doza za pacienta pa za 25 % manjša. Ekspozicijski pogoji se ob uporabi rešetke povečajo, izboljša pa se tudi kvaliteta slike.

Prepustnost rešetk je odvisna od prepustnosti primarnih in sipanih rentgenskih fotonov. Najpogosteje uporabljena razmerja rešetk so 6 : 1, 8 : 1, 10 : 1 in 12 : 1. Prepustnost tako za sipane kot primarne fotone se manjša z večjim razmerjem rešetke. Tako je pri vse višjem razmerju rešetke posledično vse boljše razmerje med primarnimi in sipanimi rentgenskimi fotoni, ki prispejo do sprejemnika (Jevtič et al., 2014). Ob uporabi rešetke se osvetljenost slikovnega sprejemnika lahko zmanjša od 2- do 5- krat. Večkratnik zmanjšanja osvetljenosti sprejemnika ob uporabi rešetke imenujemo Bucky faktor (Jevtič et al., 2014). Bucky faktor je odvisen od energije rentgenskega snopa in prav tako od razmerja rešetke (tabela 2). Rezultat višjih energij je več sipanih fotonov, zato je potrebna uporaba rešetke z višjim razmerjem (Medič et al., 2013).

*Tabela 2: Odvisnost bucky faktorja od razmerja rešetke in energije fotonov v rentgenskem snopu (Medič et al., 2013).*

Razmerje rešetke	Pri napetosti 60kV	Pri napetosti 85kV
	Bucky faktor	
Brez rešetke	1	1
12:1	4,75	5,5

Fotoni, ki potujejo skozi radiotransparentne prostore osvetlijo slikovni sprejemnik, ostali, ki ga ne dosežejo, pa se absorbirajo v svinčenih lamelah. Da se posnetek lamel na sliki ne bi videl, se mora rešetka med slikanjem gibati s primerno hitrostjo. Poleg teh so v uporabi tudi tako imenovane Lysholmove rešetke z zelo ozkimi lamelami, da njihovo gibanje med ekspozicijo ni potrebno (Tabor et al., 2001). Radiografske rešetke so vgrajene v rentgenski sistem. Uporabljajo se pri določenih kliničnih postopkih. Njihova uporaba se redko spreminja (Bor et al., 2016).

## 2 NAMEN

Namen diplomskega dela je ugotoviti, kako sprememba velikosti slikovnega polja vpliva na EI brez spreminjanja ekspozicijskih pogojev. Eden izmed namenov je tudi primerjati ujemanje faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev kadar slikamo z ali brez rešetke.

Cilj diplomskega dela je:

- Določiti kakšen je faktor sprememb ekspozicijskih pogojev ob spremembi velikosti slikovnega polja, da se ob tem EI ne spremeni.
- Primerjati ujemanje faktorjev povečave z že znanimi faktorji povečave pri slikanju z uporabo rešetke ali brez nje.

*Prvi cilj diplomske naloge je izvajal Oliver Repič, drugega pa Sandra Kostevc.*



### 3 METODE DELA

Za diplomsko delo smo uporabili deskriptivno metodo s pregledom domače in tuje strokovne literature. Praktični del podatkov smo pridobili v radiološkem laboratoriju Zdravstvene fakultete v Ljubljani.

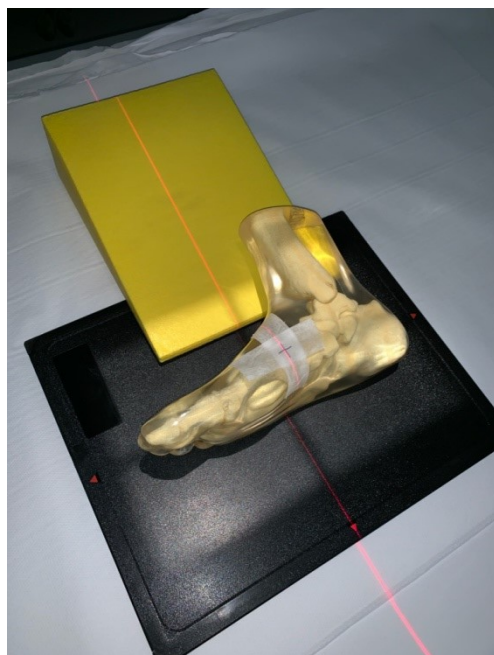
Meritve smo opravljali na rentgenskem aparatu Siemens Multix/Vertix (slika 1) z osnovno filtracijo 2,5 mm aluminija, od tega 1,5 mm lastne filtracije in 1 mm dodatne filtracije. Zaslone s katerimi spreminjamo velikost slikovnega polja, omogočajo filtracijo 1 mm aluminija. Rentgenski aparat ima razpon anodne napetosti cevi od 40 kV do 150 kV, ter razpon tokovnega sunka je od 0,5 mAs do 600 mAs. Radiografska rešetka v preiskovalni mizi (Multix, z absorpcijo  $<0,55$  mm Al) ima razmerje 12:1 in 40 lamel na cm, njena goriščna razdalja je 115 cm. Uporabili smo gorišče velikosti 0,6 mm.



*Slika 1: Rentgenski aparat Siemens Multix/Vertix (Kostevc in Repić, 2019).*

Pri slikanju smo uporabili velikost slikovne plošče proizvajalca AGFA,  $24 \times 30$  cm z oznako CR MD 4.2 Extremities. Slikovne sprejemnike smo prebrali s sistemom AGFA z oznako CR 25.0.

Pri izbiri pospeševalne napetosti smo upoštevali priporočila za slikanje DIMOND (2004), ki opredeljuje vrednost pospeševalne napetosti pri slikanju stopala med 45 in 55 kV, izbrali smo najnižjo (45 kV), srednjo (50 kV) in najvišjo vrednost (55 kV), za slikanje kolka pa smo izbrali napetost 75 kV. Uporabili smo fantom stopala (slika 2) in fantom medenice (slika 3) za slikanje kolka z oznako RS-113T.



*Slika 2: Fantom stopala (Kostevc in Repić, 2019).*



*Slika 3: Fantom medenice (Kostevc in Repić, 2019).*

### **3.1 Postopek raziskave in izvedba meritev**

Meritve smo izvedli v dveh delih. V prvem delu smo izvajali postopke, ki so nas pripeljali do določitve natančnejših faktorjev sprememb ekspozicijskih pogojev pri spreminjanju velikosti slikovnega polja. Raziskavo smo nadgradili še z določitvijo faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev pri slikanju z rešetko (z razmerjem 12:1) ali brez.

#### **3.1.1 Slikanje kolka in stopala stransko**

Na slikovnemu sprejemniku velikosti  $24 \times 30$  cm smo manjšali slikovno polje za 1 cm v širino in dolžino od velikosti  $24 \times 30$  cm do  $18 \times 24$  cm brez spremembe ekspozicijskih pogojev. Ekspozicijske pogoje smo določili s pomočjo ionizacijske celice (avtomatski način), kadar smo uporabili rešetko in elektronsko, kadar smo slikali brez rešetke.

Meritve za kolk smo izvedli pri pospeševalni napetosti 75kV, pri slikovnem polju  $24 \times 30$ cm in  $18 \times 24$  cm smo izmerili EI (za prikaz povprečja signala v območju okoli sredine slike pri enakih ekspozicijskih pogojih). Pri meritvah za stopalo pa smo izvedli pri pospeševalni napetosti 45 kV, 50 kV in 55 kV.

Nato smo enako spreminjali slikovno polje in pri elektronskem načinu uravnavanja ekspozicijskih pogojev spreminjali produkt toka in časa (mAs) glede na faktorje spremembe ekspozicijskih pogojev pri spremembi velikosti polja iz tabele 1. Ugotavljali smo, ali ob spremembi ekspozicijskih pogojev na podlagi faktorja spremembe ekspozicijskih pogojev ostaja EI enak oziroma v mejah  $\pm 5\%$  od osnovnega EI, ki je 250.

Nato smo za bolj natančne meritve spreminjali produkt toka in časa ekspozicije (mAs) tako, da je bilo odstopanje, glede na zmoglost rentgenskega aparata (mAs se lahko pri nižjih vrednosti spreminja za 11 – 14 %), čim manjše. Iz uporabljenih mAs smo izračunali faktorje povečave ekspozicijskih pogojev za vse velikosti slikovnega polja.

### **3.1.2 Določanje faktor sprememb ekspozicijskih pogojev pri slikanju z ali brez rešetke**

Na podlagi izračunanih faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev (elektronski način) in pridobljenih in izračunanih z avtomatskim nadzorom ekspozicije smo primerjali ujemanje obeh oziroma razlike pri slikanju z ali brez rešetke za vse tri pospeševalne napetosti. Rezultate smo primerjali s faktorji povečave ekspozicijskih pogojev iz tabele 2.

## 4 REZULTATI

### 4.1 Slikanje kolka z rešetko

Pri meritvah, ki so prikazane v tabeli 3 smo velikost slikovnega polja manjšali od  $24 \times 30$  cm do  $18 \times 24$  cm. Pri vseh meritvah smo ohranjali enako pospeševalno napetost (75 kV), s pomočjo avtomatskega nadzora ekspozicije pa se je določil produkt toka in časa (mAs).

*Tabela 3: Produkt toka in časa (mAs) pri različni velikosti slikovnega polja pri slikanju kolka z rešetko*

Velikost slikovnega polja (cm)	Ekspozicijski pogoji		Odstopanja mAs	Matematično izračunani ekspozicijski pogoji	EI
	U (kV)	It (mAs)			
24 × 30	75	32		32	264
23 × 29	75	34	1,06	32,6	
22 × 28	75	36,5	1,07	33,19	
21 × 27	75	39,3	1,07	33,79	
20 × 26	75	42,3	1,07	34,38	
19 × 25	75	46	1,08	34,98	
18 × 24	75	49,1	1,07	35,57	330

Rezultati kažejo, da je ionizacijska celica v rentgenskem aparatu v povprečju izbrala za faktor 1,06 večjo ekspozicijo od vrednosti izračunane po formuli iz tabele 1 ( $It$  (pri velikosti polja v cm) = prvotni mAs  $\times \frac{1,40}{1,25}$ ). Zato je prišlo tudi do odstopanj vrednosti EI (višje vrednosti) med velikostjo polja  $24 \times 30$  cm in  $18 \times 24$  cm.

Meritve smo nato ponovili z elektronskim nadzorom ekspozicije (tabela 4), sami smo določili produkt toka in časa (mAs). Pri vseh meritvah smo ohranjali enako pospeševalno napetost (75 kV). Na podlagi odstopanj smo matematično izračunali natančne ekspozicijske pogoje za boljše ujemanje z EI. Ker je imela slika pri ekspoziciji 32 mAs (to je izbral avtomatski nadzor ekspozicije pri prvi meritvi) prevelik EI (328), smo za polje 24 × 30 cm izbrali 28 mAs. Ob spremembi mAs na 28 smo odčitali EI 250. Pri slikovnem polju 18 × 24 cm smo uporabili ekspozicijske pogoje 32mAs (po izračunih bi morali biti 31,36 mAs), EI je znašal 257. Izbrali smo vrednost 32mAs, ker je najbližja izračunani vrednosti, ki je možna na aparatu, zato smo lahko merili EI samo pri vrednostih ekspozicije, ki nam jo je aparat dovoljeval.

Za izračun smo nato v nadaljevanju uporabili faktorje povečave iz tabele 1 ( $It (24 \times 30) = 28 \text{ mAs} \times \frac{1,40}{1,25}$ ). Ob izračunu ekspozicijskih pogojev ugotavljamo, da je bila tudi doza na slikovni sprejemnik oziroma EI pri velikosti 24 × 30 cm in 18 × 24 cm posledično približno enak. Vmesnih vrednosti nismo merili, ker aparat pri elektronskem izboru ekspozicijskih pogojev tega ne dovoljuje.

*Tabela 4: Izračunani ekspozicijski pogoji (mAs)*

Velikost slikovnega polja (cm)	Ekspozicijski pogoji		EI (osnovni 250)
	U (kV)	It (mAs)	
24 × 30	75	28	250
23 × 29	75	28,5	
22 × 28	75	29,04	
21 × 27	75	29,56	
20 × 26	75	30,08	
19 × 25	75	30,6	
18 × 24	75	31,12 (32)	257

## 4.2 Slikanje kolka brez rešetke

Meritve smo nato ponovili (tabela 5) še pri slikanju kolka brez rešetke in z elektronskim nadzorom ekspozicije, kjer smo določili produkt toka in časa (mAs) glede na vrednosti v tabeli 2. Ker so zapisane samo vrednosti za pospeševalne napetosti 60, 85 in 110 kV, smo za izračun uporabili vrednosti med 60 in 85 kV (med 4,75 in 5,5) in zmoglosti aparata, da dovoljuje izračunano ekspozicijo ( $28 \text{ mAs}/4,75 = 5,9 \text{ mAs}$ ,  $28 \text{ mAs}/5,5 = 5,1 \text{ mAs}$ ,  $32 \text{ mAs}/4,75 = 6,7 \text{ mAs}$ ,  $32 \text{ mAs}/5,5 = 5,8 \text{ mAs}$ ). Vmesne meritve smo izračunali na podlagi najvišje in najnižje pospeševalne napetosti ( $5,8-5 = 0,8$ ;  $0,8/6 = 0,133$  premika med ekspozicijami). EI se je najbolj približal osnovni vrednosti 250, ko smo uporabili pretvorbeni faktor za vrednost pospeševalne napetosti 85 kV. Pri vseh meritvah smo ohranjali enako pospeševalno napetost (75 kV).

*Tabela 5: Izračunan produkt toka in časa (mAs) pri različni velikosti slikovnega polja pri slikanju kolka brez rešetke*

Velikost slikovnega polja (cm)	Ekspozicijski pogoji		EI (osnovni 250)
	U (kV)	It (mAs)	
24 × 30	75	5 <i>(28 mAs/5,5 = 5,1 mAs)</i>	277
23 × 29	75	5,133	
22 × 28	75	5,266	
21 × 27	75	5,399	
20 × 26	75	5,532	
19 × 25	75	5,67	
18 × 24	75	5,8 <i>(32 mAs/5,5 = 5,8 mAs)</i>	257

*Tabela 6: Primerjava faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev pri slikanju kolka, z in brez rešetke pri 75kV*

<b>Velikost slikovnega polja (cm)</b>	<b>It (mAs) brez rešetke</b>	<b>It (mAs) z rešetko</b>	<b>Faktor povečave ekspozicijskih pogojev</b>
24 × 30	5	28	5,6
23 × 29	5,133	28,5	5,55
22 × 28	5,266	29,04	5,51
21 × 27	5,399	29,56	5,48
20 × 26	5,532	30,08	5,44
19 × 25	5,67	30,6	5,40
18 × 24	5,8	31,12	5,37

Faktorji povečave ekspozicijskih pogojev so se pri slikanju kolka, kadar slikamo z ali brez rešetke, zelo približali vrednostim faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev pri pospeševalnih napetostih 85 kV (tabela 2). Odstopanja od vrednosti 5,5 iz tabele 2 in našimi izračunanimi faktorji povečave so zelo majhna, kar je tudi pričakovano, saj smo meritve izvedli pri nižji pospeševalni napetosti (75 kV). Iz tabele 6 je razvidno, da je največje odstopanje, kadar slikamo z ali brez rešetke pri velikosti slikovnega polja 24 × 30 cm za 0,1 večje od faktorja 5,5 in 0,13 manjše od faktorja 5,5 pri najmanjši velikosti slikovnega polja (18 × 24 cm). Razberemo lahko tudi, da z zmanjševanjem velikosti slikovnega polja pada faktor povečave ekspozicijskih pogojev kadar slikamo z rešetko ali brez.



### 4.3 Slikanje stopala stransko pri pospeševalni napetosti 45kV

Pri pospeševalni napetosti 45 kV z uporabo rešetke, smo z uporabo AEC manjšali polje za 1 cm od polja 24×30 cm do 18 × 24 cm. Kot je razvidno v tabeli 7 nam je aparat določil mAs za določeno polje.

Tabela 7: Slikanje stopala stransko, z rešetko (uporaba AEC), pri 45kV

Velikost slikovnega polja (cm)	It (mAs), ki ga omogoča avtomatska kontrola ekspozicije	Matematično izračunan mAs (premik za 0,166)	Uporabljeni mAs, ki nam jih dovoljuje aparat	EI
24 × 30	11	11	11	226
23 × 29	11,7	11,16	11	256
22 × 28	11,7	11,32	11	268
21 × 27	11,7	11,48	11	281
20 × 26	11,8	11,64	11	231
19 × 25	11,9	11,8	12,5	281
18 × 24	12	11,9	12,5	273

Naslednji korak je bil matematično izračunati ekspozicijske pogoje. Za ta izračun smo uporabili razliko med največjim in najmanjšim poljem ter enakomerno razdelili razliko med ostala polja ( $12-11=1$ ,  $1/6=0.166$ ). Ker pa nam aparat dovoljuje nastavitvev ekspozicijskih pogojev z 11 in 12,5mAs, smo uporabili te vrednosti glede na najbližje vrednosti, ki smo jih izračunali matematično. Na podlagi teh vrednosti smo tudi izmerili EI, pri katerem so vidna tudi manjša odstopanja.

Meritve smo nato ponovili še pri slikanju stopal brez rešetke (tabela 8). Ker so vrednosti v tabeli 2 navedene le za 60 kV in se praviloma rešetka ne uporablja pri nižjih pospeševalnih napetostih, smo izračunali vrednost ekspozicije glede na EI slike in zmoglosti aparata, da dovoljuje izračunano ekspozicijo.

*Tabela 8: Slikanje stopala stransko, brez rešetke pri 45kV*

<b>Velikost slikovnega polja (cm)</b>	<b>It (mAs) pri elektronskem nastavljanju ekspozicije</b>	<b>Matematično izračunan mAs (premik za 0,066)</b>	<b>EI</b>
24 × 30	3,6	3,6	232
23 × 29	3,6	3,66	239
22 × 28	3,6	3,73	261
21 × 27	3,6 / 4	3,8	276 / 310
20 × 26	4	3,86	269
19 × 25	4	3,93	280
18 × 24	4	3,99	257

Pri izbiri pospeševalne napetosti 45 kV z elektronskim načinom uravnavanja ekspozicijskih pogojev smo želeli matematično ugotoviti, pri katerih velikostih slikovnega polja, bi bila najprimernejša izbira produkta toka in časa (mAs), kjer je bila sredinska meja polja  $21 \times 27$  cm. Matematično izračunane vrednosti mAs nam pri ročni izbiri ekspozicije omogoča vrednost 4,0 mAs in tudi 3,6 mAs za velikost polja  $21 \times 27$  cm. Za vsa manjša polja je optimalna izbira 4,0 mAs, za večja pa 3,6 mAs. Med posameznimi spreminjanji polja za 1 cm po dolžini in širini je bila enakomerna razlika 0,066.

Vrednosti EI se gibljejo zelo blizu osnovnega EI, ki znaša 250. Z manjšanjem velikosti polja in enaki ekspoziciji malenkost narašča, ob spremembi ekspozicije pa naraste in nato postopoma pada.

*Tabela 9: Primerjava faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev pri slikanju stopala stransko, z in brez rešetke pri 45kV*

<b>Velikost slikovnega polja (cm)</b>	<b>It (mAs) brez rešetke</b>	<b>It (mAs) z rešetko</b>	<b>Faktor povečave ekspozicijskih pogojev</b>
24 × 30	3,6	11	3,06
23 × 29	3,6	11	3,06
22 × 28	3,6	11	3,06
21 × 27	3,6	11	3,06
20 × 26	4,0	12,5	3,125
19 × 25	4,0	12,5	3,125
18 × 24	4,0	12,5	3,125

Faktorji povečave ekspozicijskih pogojev v tabeli 9 pri slikanju stopala z in brez rešetke znašajo 3,06 za velikosti polj med  $24 \times 30$  cm in  $21 \times 27$  cm ter 3,125 pri velikostih polj med  $20 \times 26$  cm in  $18 \times 24$  cm. Zaradi faktorjev povečave v tabeli 2, kjer imamo podane vrednosti le za 60 in 85 kV je sama primerjava težja, saj faktorji za pospeševalne napetosti pod 60kV pospeševalne napetosti niso znane.

#### 4.4 Slikanje stopala stransko pri pospeševalni napetosti 50kV

Postopek smo ponovili pri pospeševalni napetosti 50kV z uporabo rešetke. Polje smo manjšali za 1 cm od polja  $24 \times 30$  cm do  $18 \times 24$  cm. Aparat nam je na podlagi AEC določil mAs za določena polja (tabela 10).

*Tabela 10: Slikanje stopala stransko, z rešetko (uporaba AEC) pri 50kV*

Velikost slikovnega polja (cm)	It (mAs), ki ga omogoča AEC	Matematično izračunan mAs (premik za 0,08)	EI
$24 \times 30$	7,64	7,64	286
$23 \times 29$		7,72	
$22 \times 28$		7,8	
$21 \times 27$		7,88	
$20 \times 26$		7,96	
$19 \times 25$		8,04	
$18 \times 24$	8,16	8,12	263

Zaradi nizke napetosti nam avtomatska kontrola ekspozicije podaja zelo majhna odstopanja v mAs. Zato smo matematično izračunali vmesna polja kot pri tabeli 10. Pri polju  $24 \times 30$  cm in  $18 \times 24$  cm smo izmerili EI. Vmesnih meritev zaradi zanemarljivih odstopanj nismo merili.

Meritve smo naredili še za stopalo pri napetosti 50kV brez uporabe rešetke (tabela 11). Ker so vrednosti v tabeli 2 navedene le za višje napetosti smo izračunali vrednost ekspozicije glede na EI slike.

*Tabela 11: Slikanje stopala stransko, brez rešetke pri 50kV*

<b>Velikost slikovnega polja (cm)</b>	<b>It (mAs), pri elektronskem nastavljanju ekspozicije</b>	<b>EI</b>
24 × 30	2,5	266
18 × 24	2,5	270

Za polje  $24 \times 30$  cm smo uporabili elektronsko nastavljeno 2,2 mAs ter odčitali vrednost EI 314. Te vrednosti nismo upoštevali, saj preveč odstopa od osnovne (EI 250), zato smo uporabili nekoliko višji mAs produkt, kot nam dovoli elektronsko nastavljanje na aparatu, in sicer 2,5 mAs ter odčitali 266 EI, kar nam bolj ustreza. Pri polju  $18 \times 24$  cm se nam je najbolj približala vrednost 2,5 mAs, tako kot pri večjem polju, saj je EI znašal 270.

Izračunali smo še faktorje povečave ekspozicijskih pogojev pri stopalu z in brez rešetke pri 50kV (tabela 12).

*Tabela 12: Primerjava faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev pri slikanju stopala stransko, z in brez rešetke pri 50kV*

<b>Velikost slikovnega polja (cm)</b>	<b>It (mAs), ki ga omogoča elektronska kontrola ekspozicije</b>	<b>Matematično izračunan mAs (AEC)</b>	<b>Faktor povečave ekspozicijskih pogojev</b>
24 × 30	2,5	7,64	3,06
18 × 24	2,5	8,16	3,26

Pri pospeševalni napetosti 50 kV pri slikanju stopala z in brez rešetke so faktorji povečave ekspozicijskih pogojev približno enaki, kadar jih primerjamo s faktorji povečave iz tabele 9 (pospeševalna napetost 45 kV). Vrednosti so le malenkostno višje, kar je pričakovano zaradi ponovno nekoliko višje pospeševalne napetosti (50 kV).

## 4.5 Slikanje stopala stransko pri pospeševalni napetosti 55kV

Ponovili smo postopek slikanja pri pospeševalni napetosti 55kV z uporabo rešetke. Polje smo ponovno manjšali za 1 cm od polja 24×30 cm do 18 × 24 cm. AEC nam je določil mAs za določeno polje (tabela 13). Ker so zelo majhna odstopanja v mAs, smo v naslednjem koraku matematično izračunali mAs. Izračunali smo jih tako kot pri prejšnjih napetostih, in sicer smo za ta izračun uporabili razliko med največjim in najmanjšim poljem ter enakomerno razdelili razliko med ostala polja ( $4,23 - 4,16 = 0,07$ ;  $0,07/6 = 0,012$ ).

Tabela 13: Slikanje stopala stransko, z rešetko (uporaba AEC), pri 55kV

Velikost slikovnega polja (cm)	It (mAs), ki ga omogoča AEC	Matematično izračunani mAs (premik za 0,012)	EI
24 × 30	4,16	4,16	269
23 × 29		4,17	
22 × 28		4,18	
21 × 27		4,19	
20 × 26		4,20	
19 × 25		4,22	
18 × 24	4,23	4,23	241

Kot je razvidno v tabeli 13 smo izmerili EI za polje 24 × 30 cm, ki je znašal 269 in pri polju 18 × 24 cm je 241, kar je minimalno odstopanje od osnovnega EI (250). Vmesnih vrednosti zaradi zanemarljivih odstopanj nismo merili.

Nato smo meritve ponovili še za stopalo stransko pri napetosti 55kV brez rešetke (tabela 14). Ker so vrednosti v tabeli 2 navedene le za višje napetosti smo izračunali vrednost ekspozicije glede na EI slike.

Tabela 14: Slikanje stopala stransko brezrešetke pri 55kV

Velikost slikovnega polja (cm)	It (mAs), pri elektronskem nastavljanju ekspozicije	Matematično izračunani mAs (premik za 0,033 )	EI
24 × 30	1,4	1,4	264
23 × 29		1,433	
22 × 28		1,466	
21 × 27		1,499	
20 × 26		1,532	
19 × 25		1,565	
18 × 24	1,6	1,598	276

Za polje 24 × 30 cm smo slikanje izvedli z 1,4 mAs in odčitali EI, ki je znašal 264, kar nam ustreza. Nato smo za zaslonjeno polje velikosti 18 × 24 cm izbrali mAs za naslednjo višjo vrednost kot nam dovoljuje aparat, znašala je 1,6 mAs, EI je bil odčitani 276, kar je v minimalnem odstopanju od osnovne vrednosti EI 250.

Sledil je matematični izračun mAs, in sicer po postopku kot pri predhodni tabeli (tabela 13) pri slikanju z uporabo rešetke (izveden je bil premik mAs za 0,033).



*Tabela 15: Primerjava faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev pri slikanju stopala stransko, z in brez rešetke pri 55kV*

<b>Velikost slikovnega polja (cm)</b>	<b>It (mAs) brez rešetke</b>	<b>It (mAs) z rešetko</b>	<b>Faktor povečave ekspozicijskih pogojev</b>
24 × 30	1,4	4,16	2,97
23 × 29	1,433	4,17	2,91
22 × 28	1,466	4,18	2,85
21 × 27	1,499	4,19	2,80
20 × 26	1,532	4,20	2,74
19 × 25	1,565	4,22	2,70
18 × 24	1,598	4,23	2,65

Kot pri predhodno izračunanih faktorjih povečave ekspozicijskih pogojev, je iz tabele 15 razvidno, da so faktorji povečave zelo podobni faktorjem iz 12 in 9 tabele. Med faktorji povečave ekspozicijskih pogojev pri slikanju stopala z pospeševalnimi napetostmi 45, 50 in 55 kV praktično ni razlik, oziroma so odstopanja skoraj neopazna, saj se pri nižjih napetostih tvori minimalno sipanega sevanja, kar posledično privede do zelo podobnih faktorjev. Faktorji za nižje pospeševalne napetosti niso primerljivi z znanimi, saj so v tabeli 2 navedeni faktorji za 60 in 85 kV.

## 5 RAZPRAVA

Po teoretičnih izhodiščih, kot jih navaja Medič (2013), moramo za uporabnost rentgenske slike v diagnostične namene, ob zmanjševanju ali povečevanju slikovnega polja prilagajati ekspozicijske pogoje. Tako ohranimo EI ob optimalnem signal-šum razmerju. EI smo v našem diplomskem delu uporabili z namenom določanja natančnejših faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev ob spreminjanju velikosti slikovnega polja, kar je deloma primerljivo z meritvami, ki jih navaja tudi Baker (2012). Njihove meritve EI so bile pri velikosti polja  $5 \times 18,5$  cm najnižje in višje pri velikostih slikovnega polja  $8 \times 18,5$  cm in  $11 \times 18,5$  cm, medtem ko so določene meritve našega EI sovpadale z njihovimi meritvami, določene pa tudi ne. Poudariti je potrebno, da so vrednosti EI najbolj zanesljive kadar ustrezno zaslanjamo glede na objekt slikanja, saj se ob neustreznem zaslanjanju pojavijo nezadostno ali prekomerno eksponirane slike, kar se kaže tudi v nezanesljivih vrednostih EI. Pri naših meritvah je velikega pomena bil tudi za faktor 1,06 večja ekspozicija, ki jo je izbrala ionizacijska celica od vrednosti izračunanih po formuli iz tabele 1, kar je prispevalo k odstopanjih v EI pri zaslanjanju polja med  $24 \times 30$  cm in  $18 \times 24$  cm. Kot dodatek k temu, je bistvenega pomena razumeti, da slabo zaslonjena polja prispevajo k večji količini sipanih fotonov, kar posledično tvori več centrov latentne slike in s tem višje vrednosti EI. Slednji nam da podatek o prejeti dozi sevanja, ki prispe do slikovnega sprejemnika kot navajajo tudi Irrera in sodelavci (2016).

Podobno povezavo navajajo tudi Agung in sodelavci (2017) in sicer skladnost ekspozicije z EI. Večji ekspozicijski pogoji povečujejo vrednosti EI in obratno, kar sovpada z našimi meritvami EI. Najvišje vrednosti EI smo odčitali pri višji ekspoziciji in najnižje pri nižjih ekspozicijah kar kaže na sorazmerno povezavo EI in ekspozicije. Naše določitve faktorjev povečave smo v diplomskem delu primerjali tudi z uporabo rešetke z razmerjem 12:1 in brez z že znanimi. Meritve faktorjev povečave so pri slikanju kolka pri pospeševalni napetosti 75 kV z rešetko in brez v primerjavi z že znanimi faktorji pri napetosti 85 kV z rešetko in brez pokazale precej skladno ujemanje. Odstopanja od faktorja 5,5 pri napetostih 85 kV so bila pri najmanjši velikosti polja ( $18 \times 24$  cm) manjša le za 0,13 kar znaša približno 2,4 % odstopanje od faktorja 5,5 in večje za 0,1 pri največjem polju ( $24 \times 30$  cm), kar znaša približno 1,8 % odstopanje. Odstopanja so nastala zaradi razlike v napetosti, ki je znašala 10 kV, posamezna odstopanja pa zaradi sprememb velikosti FOV.

Pri slikanju stopala stransko, kjer smo računali faktorje povečave kadar slikamo z rešetko ali brez pri treh pospeševalnih napetostih (45, 50 in 55 kV) smo faktorje povečave primerjali med posameznimi slikanji fantoma stopala pri vseh pospeševalnih napetostih. Meritve so pokazale, da so faktorji povečave ekspozicijskih pogojev zelo primerljivi pri napetostih 45, 50 in 55 kV oziroma so odstopanja minimalna. Najvišje vrednosti faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev smo izračunali pri napetostih 45 kV in 50 kV. Pri napetostih 45 kV so faktorji znašali 3,06 za polja med velikosti  $24 \times 30$  cm in  $21 \times 27$  cm ter 3,125 pri velikosti polj med  $20 \times 26$  cm in  $18 \times 24$  cm. Podobne vrednosti faktorjev smo pridobili tudi pri napetosti 50 kV in sicer za veliko polje ( $24 \times 30$  cm) vrednost 3,06 in najmanjše polje ( $18 \times 24$  cm) vrednost 3,26. Pri pospeševalni napetosti 55 kV pa so vsi izračuni faktorjev znašali manj kot 3. Pri velikosti polja  $24 \times 30$  cm je znašal faktor povečave 2,97 in velikosti polja  $18 \times 24$  cm faktor 2,65.

Iz meritev ugotovimo, da so vrednosti faktorjev v minimalnih odstopanjih, podobno kot pri slikanju kolka, vendar jih v primeru slikanja fantoma stopala ne moremo primerjati z drugimi faktorji. Razlog je v tem, da faktorji povečave ekspozicijskih pogojev za tako nizke pospeševalne napetosti niso navedeni v literaturi. Faktorji povečave tudi izgubijo pomen pri nizkih napetostih, saj se rešetke v praksi v takih primerih ne uporabljajo. Namen rešetk je predvsem prestrezanje sipanih fotonov, preden le ti dosežejo slikovni sprejemnik. Sipano sevanje je pri pospeševalnih napetostih nižjih od 60 kV zanemarljivo. Bistvenega pomena je pri uporabi rešetk predvsem doseganje večje diagnostične uporabnosti slike, kadar so večje debeline objekta in kadar je precej sipanih fotonov, kar je naloga rešetk da jih absorbirajo, preden prispejo do slikovnega sprejemnika. Vsaka uporaba rešetke pa zahteva povečanje ekspozicijskih pogojev za optimalno ohranitev razmerja signal-šum in hkrati bistveno prispeva k dozni obremenitvi pacienta. Kot navaja v literaturi tudi Medič (2013), je rezultat višjih energij več sipanih fotonov, zato se temu ustrezno uporabi rešetka z višjim razmerjem.

## 6 ZAKLJUČEK

Za diagnostično uporabnost slike je bistvenega pomena, da prilagajamo ekspozicijske pogoje, kadar spreminjamo velikost slikovnega polja, saj tako vedno ohranjamo optimalno signal-šum razmerje. Pri slikanju si velikokrat pomagamo z EI kot ključno informacijo o prejeti dozi, ki prispe do slikovnega sprejemnika, hkrati pa je bil to eden izmed podatkov, ki smo ga uporabljali tudi v okviru našega diplomskega dela. Cilj diplomskega dela je bil z ohranitvijo EI določiti faktorje sprememb ekspozicijskih pogojev, kadar smo spreminjali velikosti slikovnega polja med  $24 \times 30$  cm in  $18 \times 24$  cm. Meritve smo nadgradili z izračunom natančnejših faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev ter primerjavo z že znanimi faktorji ob uporabi rešetke ali brez.

Na podlagi naših meritev, bi se moral ob spreminjanju velikosti slikovnega polja in upoštevanja faktorjev sprememb ekspozicijskih pogojev EI približati vrednostim osnovnega EI, ki je znašal 250. Zaradi nekaterih omejitev in zmožnosti rentgenskega aparata, so določene vrednosti EI odstopale, predvsem v primeru kadar je ionizacijska celica pri slikanju kolka z rešetko v povprečju izbrala za faktor 1,06 višjo ekspozicijo kot po izračunanih vrednostih iz tabele 1. To je bil tudi eden izmed razlogov za odstopanja pri velikosti polja  $24 \times 30$  cm, saj je EI znašal 330 (32 % odstopanje od osnovne vrednosti). Večina naših meritev EI pa se ujema tudi z meritvami, ki jih navaja literatura, saj smo z meritvami prikazali linearno odvisnost EI in ekspozicije. Na podlagi naših meritev v diplomski nalogi priporočamo tudi v praksi zaslanjanje polja do te mere, da so prikazane le anatomske strukture, ki imajo diagnostično vrednost. S tem zmanjšamo količino sipanih fotonov, kar nam posledično da bolj relevantne vrednosti EI.

Poleg izračunov spremembe ekspozicijskih pogojev, z namenom ohranitve enakega EI je bil tudi cilj primerjanje ujemanja faktorjev povečave ekspozicijskih pogojev z že znanimi. V primeru slikanja kolka so bila odstopanja med že znanimi faktorji povečave in našimi zanemarljiva, s čimer smo dosegli zastavljeni cilj. Ker smo enake postopke izvajali tudi na fantomu stopala, bi se pridobljeni faktorji lahko teoretično uporabljali tudi v praksi, vendar je uporaba v praksi skoraj brez pomena. Faktorje povečave smo, kadar smo uporabljali fantom stopala, primerjali pri vseh treh pospeševalnih napetostih med seboj (45,50 in 55 kV) in ugotovili minimalna odstopanja. Šibka točka pri teh izračunih je bila, da faktorji povečave za tako nizke napetosti v literaturi niso znani.

Kot zaključek lahko povzamemo, da se rešetke pri nizkih napetostih ne uporabljajo, saj tako majhne količine sipanega sevanja ne poslabšajo kontrastne ločljivosti v tej meri, da bi bila slika diagnostično neustrezna. S tem le izpostavimo pacienta prekomerni dozi, zato je zlato pravilo vsakega rentgenskega posega čim bolj kakovosten rentgenogram ob sočasno čim nižji dozi za pacienta.

## 7 LITERATURA IN DOKUMENTACIJSKI VIRI

Agung NS et al (2017). Exposure Index and Entrance Surface Dose of ANSI Chest Phantom with Computed Radiography. Int. J. of Allied Med. Sci. And Clin. Research Vol-5(4): 947-53.

Dostopno na: <http://ijamscr.com/sites/default/files/articles/IJAMSCR-17-421-947-953.pdf> <30.10.2018> .

Baker M (2012). Investigation into factors influencing Fuji S-value using an extremity phantom. Journal of medical imaging and radiation sciences 43: 34-7.

Dostopno na: [https://www.jmirs.org/article/S1939-8654\(11\)00096-8/pdf](https://www.jmirs.org/article/S1939-8654(11)00096-8/pdf) <1.11.2018>.

Bor D, Birgul O, Onal U (2016). Investigation of grid performance using simple image quality tests. J Med Phys. 41(1): 21-8.

Dostopno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4795412/> <21.10.2018>.

Bushong SC (2013). Radiologic science for technologists: physics, biology, and protection. St. Louis: Mosby.

DIMOND (2004). Chapter III – Diagnostic requirements for digital projection radiography. Final report. 24-51

Irrera P, Bloch I, Delplanque M (2017). A Landmark Detection Approach Applied to Robust Estimation of the Exposure Index in Digital Radiography. IRBM 38: 42-55.

Dostopno na:

[https://pdfs.semanticscholar.org/2f6b/7eb756d33d0409fa5cc369480c269d03d00d.pdf?\\_ga=2.30981116.237906028.1540146130-127645901.1540146130](https://pdfs.semanticscholar.org/2f6b/7eb756d33d0409fa5cc369480c269d03d00d.pdf?_ga=2.30981116.237906028.1540146130-127645901.1540146130) <20.10.2018>.

Jevtič V (2014). Diagnostična in intervencijska radiologija – splošni del. 1. Izd. Maribor: Založba Pivec, 47-8.

Kuusela A, Henner A, Mustonen R et al. (2017). Impact of grid, distance and voltage to patient dose in sinus imaging. ESR C-1048.

Dostopno na:

[https://posterng.netkey.at/esr/viewing/index.php?module=viewing\\_poster&doi=10.1594/ecr2017/C-1048](https://posterng.netkey.at/esr/viewing/index.php?module=viewing_poster&doi=10.1594/ecr2017/C-1048)<1.11.2018>.

Lipovec V, Mekiš N in Starc T (2011). Rentgenske slikovne metode in protokoli, 2.dopolnjena izdaja. Ljubljana: Zdravstvena fakulteta, 13-14.

Medič M in sod. (2013). Radiološka tehnologija 1. Ljubljana: Zdravstvena fakulteta.

Moore CS, Wood TJ, Avery G et al. (2015). Investigating the use of an antiscatter grid in chest radiography for average adult with a computed radiography imaging system. Br J Radiol 88.

Dostopno na:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4651192/pdf/bjr.20140613.pdf><26.10.2018>.

Mothiram U, Brennan PC, Lewis SJ et al. (2014). Digital radiography exposure indices: a review. Journal of medical radiation sciences 61 (2): 112-18.

Dostopno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4175837/pdf/jmrs0061-0112.pdf><15.10.2018>.

Ribeiro LPV, Ribeiro J, Almeida RPP et al. (2016). Exposure index in digital radiography. ESR B-0873.

Dostopno na:

[https://posterng.netkey.at/esr/viewing/index.php?module=viewing\\_poster&task=&pi=134985](https://posterng.netkey.at/esr/viewing/index.php?module=viewing_poster&task=&pi=134985)<31.10.2018>.

Seeram E, Davidson R, Bushong S, Swan H (2016). Optimizing of exposure indicator as a dose management strategy in computed radiography. Radiologic technology 87(4): 380-91.

Dostopno na: <https://www.imagewisely.org/-/media/ImageWisely-Files/What-we-are-reading/16-06-22-RT----Optimizing-Indicator---Seeram.pdf><20.10.2018>.

Seibert JA, Morin RL (2011). The standardized exposure index for digital radiography: an opportunity for optimization of radiation dose to the pediatric population.

Pediatric radiology 41: 573-81.

Dostopno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3076558/><22.10.2018>.

Tabor L in sod. (2001). Radiologija – diagnostične slikovne metode in intervencijska radiologija. 2. Izd. Ljubljana: Medicinski razgledi.

Wallace JE (1995). Radiographic exposure: principles and practice. Philadelphia: Davis.

Zhou A (2018). The development of new anti-scattergrids for improving x-ray image diagnostic quality and reducing patient radiation exposure. Faculty of Health, The University of Canberra.

Dostopno na: [http://www.canberra.edu.au/researchrepository/file/19143e43-c59f-49c7-9082-e8552b9ac24b/1/full\\_text.pdf](http://www.canberra.edu.au/researchrepository/file/19143e43-c59f-49c7-9082-e8552b9ac24b/1/full_text.pdf)<29.10.2018>.