

Datum: Rijeka, 20. srpnja 2026.

Kolegij: Receptori radiološke slike

Voditelj: doc. dr. sc. Lovro Tkalčić, dr. med.

e-mail voditelja: lovro.tkalcic@uniri.hr

Katedra: Katedra za radiološku dijagnostiku

Studij: Stručni prijediplomski studij - Radiološka tehnologija redovni

Godina studija: 1

Akadska godina: 2026./2027.

IZVEDBENI NASTAVNI PLAN

Podaci o kolegiju (kratak opis kolegija, opće upute, gdje se i u kojem obliku organizira nastava, potreban pribor, upute o pohađanju i pripremi za nastavu, obveze studenata i sl.):

Podaci o kolegiju:

Predmet Receptori radiološke slike je obvezatni predmet na 1. godini stručnog studija Radiološka tehnologija. Predmet se realizira u 15 sati predavanja i 10 sati vježbi, ukupno 25 sati i 2 ECTS.

Ciljevi i očekivani ishodi predmeta

Cilj je predmeta upoznati studente s fizikalnim, fotokemijskim i tehnološkim načelima nastanka, registracije, obrade i prikaza radiološke slike u analognim i digitalnim sustavima.

U području analogne radiografije studenti se upoznaju s fotokemijskim promjenama i nastankom latentne i vidljive slike na rendgenskom filmu, razlikama između djelovanja rendgenskog zračenja i vidljive svjetlosti te fluorescentnim učinkom rendgenskog zračenja. Obrađuju se građa, vrste, svojstva, osjetljivost i način čuvanja rendgenskih filmova, građa i namjena folija te primjena radiografskih kazeta.

Studenti se upoznaju s organizacijom i radom tamne komore, ručnom i automatskom kemijskom obradom eksponiranog filma, obilježavanjem radiograma te održavanjem uređaja za automatsku obradu. Analiziraju se čimbenici koji utječu na nastanak, gustoću, kontrast, oštrinu i dijagnostičku vrijednost analogne radiološke slike. Posebna se pozornost posvećuje pravilnom rukovanju filmovima, folijama i kazetama, kontroli kvalitete te prepoznavanju pogrešaka i artefakata.

U području digitalne radiografije studenti se upoznaju s građom i principima rada računalne radiografije (CR) i digitalne radiografije (DR). Obrađuju se fotostimulabilne fosforne ploče, sustavi izravne i neizravne pretvorbe rendgenskog zračenja, scintilatori, fotokonduktori, fotodiode, aktivne matrice od amornog silicija i amornog selena te tankoslojni tranzistori (TFT).

Analiziraju se svojstva digitalnih receptora i njihov utjecaj na kvalitetu slike, uključujući prostornu i kontrastnu razlučivost, funkciju prijenosa modulacije (MTF), Nyquistovu frekvenciju, aliasing, kvantnu detekcijsku učinkovitost (DQE), omjer signala i šuma te dinamički raspon. Obrađuju se ekspozicijski indeks, utjecaj raspršenog zračenja, digitalna obrada slike, degradacija slike te prostorni i vremenski artefakti CR i DR sustava.

Cilj je također osposobiti studente za usporedbu analognih i digitalnih receptora radiološke slike s obzirom na nastanak slike, osjetljivost, prostornu i kontrastnu razlučivost, dinamički raspon, pojavu artefakata, mogućnosti obrade slike i utjecaj na izloženost pacijenta. Studenti se upoznaju i s medicinskim monitorima, formatima digitalne slike, kompresijom te osnovnim načelima pohrane, prijenosa i prikaza slike u DICOM i PACS okruženju.

Očekivani ishodi učenja

Nakon uspješno završenog predmeta student će moći:

1. objasniti fizikalna i fotokemijska načela nastanka latentne i vidljive slike na rendgenskom filmu;
2. razlikovati fotografski učinak rendgenskog zračenja i vidljive svjetlosti;
3. objasniti fluorescentni učinak rendgenskog zračenja i ulogu folija;
4. opisati građu, vrste, svojstva, način čuvanja i pravilno rukovanje rendgenskim filmovima;
5. opisati građu, namjenu i pravilnu uporabu radiografskih kazeta i folija;
6. objasniti postupke ručne i automatske kemijske obrade eksponiranog filma;
7. objasniti organizaciju tamne komore i navesti uvjete potrebne za siguran rad s rendgenskim filmovima;
8. prepoznati pogreške i artefakte nastale tijekom ekspozicije, rukovanja i kemijske obrade filma;
9. procijeniti gustoću, kontrast, oštrinu i opću tehničku prihvatljivost analognog radiograma;
10. opisati građu i način rada CR i DR receptora;
11. razlikovati izravnu i neizravnu pretvorbu rendgenskog zračenja u električni signal;
12. objasniti ulogu fotostimulabilnih fosfora, scintilatora, fotokonduktora, fotodioda i TFT matrice;
13. usporediti CR i DR sustave prema načinu nastanka slike, učinkovitosti, kvaliteti slike i području primjene;
14. objasniti pojmove prostorne i kontrastne razlučivosti, MTF-a, Nyquistove frekvencije, aliasinga, DQE-a, omjera signala i šuma te dinamičkog raspona;
15. analizirati utjecaj ekspozicijskih parametara, raspršenog zračenja i naknadne obrade na kvalitetu digitalne slike;
16. protumačiti ekspozicijski indeks i povezati ga s kvalitetom slike i izloženošću pacijenta;
17. prepoznati i objasniti najčešće artefakte CR i DR sustava;
18. usporediti analogne, CR i DR receptore s obzirom na kvalitetu slike, radni postupak, mogućnosti obrade i kontrolu izloženosti;
19. procijeniti tehničku i dijagnostičku prihvatljivost analogne i digitalne radiološke slike;
20. objasniti osnovna obilježja medicinskih monitora, DICOM formata, kompresije digitalne slike i PACS sustava;
21. primijeniti osnovne postupke kontrole kvalitete analognih i digitalnih receptora radiološke slike;
22. sigurno i pravilno rukovati receptorima radiološke slike i pripadajućom opremom.

Način izvođenja nastave

Nastava se izvodi na Kliničkom zavodu za radiologiju kroz predavanja i praktične vježbe. Predavanja su koncipirana tako da potiču aktivno sudjelovanje studenata kroz raspravu, analizu primjera radioloških slika i rješavanje problemskih zadataka.

Tijekom vježbi studenti pod vodstvom mentora obavljaju praktični dio nastave. U području analogne radiografije studenti se upoznaju s rendgenskim filmovima, pojačivačkim folijama, radiografskim kazetama, tamnom komorom i uređajima za automatsku obradu filma. Vježbaju pravilno rukovanje neekspoziranim i ekspoziranim filmom, obilježavanje radiograma, postupke obrade te prepoznavanje pogrešaka i artefakata.

U području digitalne radiografije studenti upoznaju način rada CR i DR sustava, pravilno rukuju receptorima slike, analiziraju utjecaj ekspozicijskih parametara na kvalitetu slike, procjenjuju ekspozicijski indeks te prepoznaju artefakte nastale tijekom akvizicije, obrade i prikaza slike.

Praktična nastava uključuje usporedbu analognih i digitalnih radioloških slika, procjenu njihove tehničke i dijagnostičke prihvatljivosti te primjenu osnovnih postupaka kontrole kvalitete receptora, opreme za obradu slike i medicinskih monitora.

Popis obvezne ispitne literature:

Kukuljan M. Film i obrada, 2002. (interna skripta)
Nastavni materijal.

Popis dopunske literature:

Carlton, R. R., Adler, A. M., Balac, V. (2020). Principles of Radiographic Imaging: An Art and a Science. 6th ed. Cengage.

Bushong, S. C., Shields, E. Bushong's Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology, and Protection. 13th ed. Elsevier; 2025.

Nastavni plan:

Popis predavanja (s naslovima i pojašnjenjem):

1. Nastanak radiološke slike i filmsko-folijski sustav

Ishod učenja: Nakon predavanja student će moći objasniti fizikalna i fotokemijska načela nastanka latentne i vidljive radiološke slike, razlikovati fotografski i fluorescentni učinak rendgenskog zračenja te povezati nastanak radiološke sjene s različitom atenuacijom zračenja u tkivima. Student će moći opisati osnovne dijelove filmsko-folijskog sustava i objasniti njihovu ulogu u nastanku analogne radiološke slike.

2. Rendgenski filmovi, pojačivačke folije i radiografske kazete

Ishod učenja: Nakon predavanja student će moći opisati građu, vrste, formate i svojstva rendgenskih filmova te razlikovati jednoslojne, dvoslojne i filmove posebne namjene. Student će moći objasniti spektralnu senzibilizaciju, antihalacijsku i anticross-over zaštitu, opisati građu i funkciju pojačivačkih folija i radiografskih kazeta te povezati njihova svojstva s kvalitetom slike i

dozom pacijenta. Također će moći navesti pravilne uvjete čuvanja i arhiviranja filmskog materijala.

3. Fotokemijska obrada, kvaliteta analogne slike i artefakti

Ishod učenja: Nakon predavanja student će moći opisati organizaciju i uvjete rada u tamnoj komori, objasniti postupke obilježavanja filma te razlikovati faze ručne i automatske kemijske obrade. Student će moći objasniti optičku gustoću, kontrast, oštrinu, karakterističnu krivulju, osjetljivost, fotografsku širinu i sivu mrenu te procijeniti njihov utjecaj na kvalitetu analogne slike. Moći će prepoznati najčešće pogreške i artefakte te procijeniti tehničku prihvatljivost analognog radiograma.

4. Računalna radiografija (CR): receptor, čitanje i obrada slike

Ishod učenja: Nakon predavanja student će moći opisati građu i objasniti način rada CR sustava, uključujući nastanak latentne slike u fotostimulabilnoj fosornoj ploči, lasersko skeniranje, fotostimulabilnu luminiscenciju i digitalizaciju signala. Student će moći razlikovati vrste fosornih ploča i sustava čitanja, opisati postupke njihova brisanja, ponovne uporabe i održavanja te protumačiti ekspozicijski indeks i prepoznati najčešće artefakte CR sustava.

5. Digitalna radiografija (DR): neizravna pretvorba i CCD/CMOS sustavi

Ishod učenja: Nakon predavanja student će moći objasniti načelo neizravne pretvorbe rendgenskog zračenja u električni signal te opisati ulogu scintilatora, fotodioda, aktivne matrice od amornog silicija, kondenzatorskih elemenata i tankoslojnih tranzistora. Student će moći prikazati slijed nastanka i očitavanja slike u neizravnom DR detektoru, objasniti osnovna načela rada CCD i CMOS sustava te navesti njihovu primjenu u radiografskim i fluoroskopskim sustavima.

6. Izravni DR detektori i usporedba receptora radiološke slike

Ishod učenja: Nakon predavanja student će moći objasniti građu i način rada izravnog DR detektora s amorfnim selenom te opisati nastanak, prikupljanje i očitavanje električnog naboja. Student će moći razlikovati izravne i neizravne DR detektore te usporediti filmsko-folijske, CR i DR sustave s obzirom na način nastanka slike, osjetljivost, ekspozicijsku širinu, prostornu i kontrastnu razlučivost, učinkovitost, brzinu rada, mogućnosti naknadne obrade, artefakte i kontrolu izloženosti pacijenta.

7. Kvaliteta digitalne slike, artefakti, monitori i upravljanje slikom

Ishod učenja: Nakon predavanja student će moći objasniti prostornu i kontrastnu razlučivost, veličinu piksela, matricu slike, funkciju prijenosa modulacije (MTF), Nyquistovu frekvenciju, aliasing, kvantnu detekcijsku učinkovitost (DQE), omjer signala i šuma, kvantni šum i dinamički raspon. Student će moći analizirati utjecaj ekspozicijskih parametara i raspršenog zračenja na kvalitetu slike i dozu pacijenta, protumačiti ekspozicijski indeks te objasniti pojavu postupnog povećanja doze („dose creep“). Također će moći prepoznati artefakte digitalne slike, objasniti osnovne postupke kontrole kvalitete detektora i medicinskih monitora te opisati načela DICOM formata, kompresije, pohrane, prijenosa i prikaza slika u PACS sustavu.

Popis seminara s pojašnjenjem:

Ovaj kolegij ne sadrži seminare.

Popis vježbi s pojašnjenjem:

Vježbe prate predavanja.

Obveze studenata:

Redovito pohađanje svih oblika nastave, aktivno sudjelovanje u nastavi i vježbama, polaganje međuispita i završnog ispita. Kontrola prisustva na predavanjima i vježbama provodit će se prozivkom na svakom školskom satu. Izostanci s nastave mogu se opravdati isključivo liječničkom ispričnicom. Opravdan izostanak s vježbi obavezno je nadoknaditi.

Ispit (način polaganja ispita, opis pisanog/usmenog/praktičnog dijela ispita, način bodovanja, kriterij ocjenjivanja):

Ispit (način polaganja ispita, opis pisanog/usmenog/praktičnog dijela ispita, način bodovanja, kriterij ocjenjivanja):

Ocjenjivanje aktivnosti i znanja na vježbama, ocjenjivanje pismenih međuispita i završnog ispita na način koji je prikazan u daljnjem tekstu. Tijekom nastave student može ostvariti do 50% ocjene i na završnom ispitu do 50% ocjene (od ukupno 100 bodova, do 50 bodova može ostvariti tijekom nastave i do 50 na završnom ispitu).

Ocjenjivanje aktivnosti i znanja na vježbama: maksimalno 10 bodova

Ocjenjivanje aktivnosti i znanja provodi se aktivnim ispitivanjem na vježbama te se boduje od 0 - 10.

Pismeni međuispiti: maksimalno 40 bodova

Studenti su obvezni položiti dva pismena međuispita. Na svakom međuispitu može se maksimalno ostvariti do 20 bodova.

Međuispiti sadržavaju 40 pitanja čiji se točni odgovori pretvaraju u ocjenske bodove na sljedeći način:

Br. točnih odgovora	Broj bodova
20	10

21	10.5
22	11
23	11.5
24	12
25	12.5
26	13
27	13.5
28	14
29	14.5
30	15
31	15.5
32	16
33	16.5
34	17
35	17.5
36	18
37	18.5
38	19
39	19.5
40	20

Važne napomene

Pismeni međuispiti (testovi) se pišu 20 minuta. Prag prolaznosti je 50%. Studenti koji riješe test prije predviđenog vremena biti će zamoljeni da ostanu na svom mjestu do isteka vremena predviđenog za rješavanje testa da ne bi ometali rad ostalih studenata.

Pravo na jedan popravni međuispit omogućava se studentima koji su tijekom nastave stekli manje od 25 bodova. Prag prolaznosti popravnog međuispita je 50%, čime student ima pravo steći do 25% ocjene kolegija (do 25 ukupnih bodova).

Studenti koji zbog prepisivanja ili nekog drugog nedoličnog ponašanja neće ostvariti bodove na međuispitu ili ispitu.

Uvid u postignute rezultate biti će omogućen unutar sedam dana od polaganja međuispita uz prethodni dogovor o točnom terminu s nositeljem kolegija.

Završni ispit - 50 bodova

Završni ispit je pismeni test s pedeset pitanja, a prag prolaznosti je 50%. Na završnom pismenom ispitu studenti mogu maksimalno ostvariti 50 bodova koji se pretvaraju u ocjenске bodove na slijedeći način:

Br. točnih odgovora	Broj bodova
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40

41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50

Važne napomene

Pravo pristupa završnom ispitu imaju studenti koji su tijekom nastave ostvarili 25% ocijene (25 bodova) tijekom nastave. Test se piše 60 minuta.

Mole se studenti da na vrijeme prijave ispit. Student može polagati ispit iz istog predmeta najviše tri puta u jednoj akademskoj godini. Uvid u postignute rezultate biti će omogućen unutar sedam dana od polaganja završnog ispita uz prethodni dogovor o točnom terminu s nositeljem kolegija.

Završna ocjena se određuje temeljem Pravilnika o studijima Sveučilišta u Rijeci, 2018. G.

Studenti koji su tijekom nastave ostvarili:

- 0-24.9% ocjene - nemaju pravo pristupa završnom ispitu.
- 25-50% ocjene - ostvaruju pravo pristupaju završnom ispitu.

Završna ocjena:

ocjenjivanje se vrši apsolutnom raspodjelom na temelju ukupno ostvarenih % ocjene:

A: 90-100%, izvrstan (5)
B: 75-89,9%, vrlo dobar (4)
C: 60-74.9%, dobar (3)
D: 50-59.9%, dovoljan (2)
F: 0-49.9%, nedovoljan (1)

Mogućnost izvođenja nastave na stranom jeziku:

Nije moguća.

Ostale napomene (vezane uz kolegij) važne za studente:

Unesite tražene podatke

SATNICA IZVOĐENJA NASTAVE (za akademsku 2026./2027. godinu)

Raspored nastave

Datum	Predavanja (vrijeme i mjesto)	Seminari (vrijeme i mjesto)	Vježbe (vrijeme i mjesto)	Nastavnik
29.9.2026.	Receptori radiološke slike P, 12:00–14:00, KZZR Sušak			doc. dr. sc. Lovro Tkalčić
2.10.2026.	Receptori radiološke slike P, 11:00–14:00, KZZR Sušak			doc. dr. sc. Lovro Tkalčić
5. 10. 2026.	Receptori radiološke slike P, 8:00–10:00, KZZR Sušak			doc. dr. sc. Lovro Tkalčić
15. 10. 2026.			Receptori radiološke slike V, 2. grupa, 8:00– 9:30, KZZR - BŽD	Iva Zelić, bacc. rad. techn.

15. 10. 2026.			Receptori radiološke slike V, 1. grupa, 9:30– 11:00, KZZR - BŽD	Iva Zelić, bacc. rad. techn.
22. 10. 2026.			Receptori radiološke slike V, 1. grupa, 8:00– 9:30, KZZR - Rijeka	Andrea Lalić, bacc. radiol. techn.
22. 10. 2026.			Receptori radiološke slike V, 2. grupa, 9:30– 11:00, KZZR - Sušak	Enrico Peršić, bacc. rad. techn.
28. 10. 2026.			Receptori radiološke slike V, 2. grupa, 8:00– 9:30, KZZR - Sušak	Marko Miličević, bacc. rad. techn.
28. 10. 2026.			Receptori radiološke slike V, 1. grupa, 9:30– 11:00, KZZR - BŽD	Iva Zelić, bacc. rad. techn.
29. 10. 2026.	Receptori radiološke slike P, 13:00–15:00, KZZR Sušak			doc. dr. sc. Lovro Tkalčić
2. 11. 2026.	Receptori radiološke slike P, 11:00–14:00, KZZR Sušak			doc. dr. sc. Lovro Tkalčić
5. 11. 2026.			Receptori radiološke slike V, 2. grupa, 8:00– 9:30, KZZR Sušak	Enrico Peršić, bacc. rad. techn.
5. 11. 2026.			Receptori radiološke slike V, 1. grupa, 9:30– 11:00, KZZR Sušak	Damir Pranjić, bacc. rad. techn.
9. 11. 2026.	Receptori radiološke slike P, 11:00–13:00, KZZR Sušak			doc. dr. sc. Lovro Tkalčić

12. 11. 2026.			Receptori radiološke slike V, 2. grupa, 8:00– 9:30, KZZR - Rijeka	Mateo Rajkovača, mag. rad. techn.
12. 11. 2026.			Receptori radiološke slike V, 1. grupa, 9:30– 11:00, KZZR - Rijeka	Mateo Rajkovača, mag. rad. techn.

Popis predavanja, seminara i vježbi:

P	PREDAVANJA (tema predavanja)	Broj sati nastave	Mjesto održavanja
	Nastanak radiološke slike i filmsko-folijski sustav	2	KZZR Sušak
	Rendgenski filmovi, pojačivačke folije i radiografske kazete	2	KZZR Sušak
	Fotokemijska obrada, kvaliteta analogne slike i artefakti	2	KZZR Sušak
	Računalna radiografija (CR): receptor, čitanje i obrada slike	2	KZZR Sušak
	Digitalna radiografija (DR): neizravna pretvorba i CCD/CMOS sustavi	2	KZZR Sušak
	Izravni DR detektori i usporedba receptora radiološke slike	2	KZZR Sušak
	Kvaliteta digitalne slike, artefakti, monitori i upravljanje slikom	3	KZZR Sušak
	Ukupan broj sati predavanja		

S	SEMINARI (tema seminara)	Broj sati nastave	Mjesto održavanja
	Ukupan broj sati seminara		

V	VJEŽBE (tema vježbe)	Broj sati nastave	Mjesto održavanja
	Ukupan broj sati vježbi		

	ISPITNI TERMINI (završni ispit)
1.	3.2.2027.
2.	27.2.2027.
3.	5.6.2027.
4.	25.9.2027.