

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2022

Eliška Havlová

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Znalosti studentů 1.–3. ročníku oboru Radiologický asistent o ionizujícím záření

Bakalářská práce

2022

Eliška Havlová

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Eliška Havlová**
Osobní číslo: **Z18186**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Téma práce: **Znalosti studentů 1. – 3. ročníku oboru Radiologický asistent o ionizujícím záření**
Téma práce anglicky: **Knowledges of 1st to 3rd year Radiology Assistant students on ionizing radiation**
Zadávající katedra: **Katedra klinických oborů**

Zásady pro vypracování

1. Studium literatury, sběr informací a popis současného stavu řešené problematiky.
2. Stanovení cílů a metodiky práce.
3. Příprava a realizace výzkumného šetření dle stanovené metodiky.
4. Analýza a interpretace získaných dat.
5. Zhodnocení výsledků práce.

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

LEAN, Geoffrey. *Radiation effect and sources*. Vídeň: UNSCEAR, 2016. ISBN: 978-92-807-3600-7.
PEJCHAL, Jaroslav, Zuzana ŠINKOROVÁ, Aleš TICHÝ, Jiřina VÁVROVÁ a Lenka ZÁRYBNICKÁ. *Biofyzika pro záchranáře 2. díl*. Hradec Králové: Fakulta vojenského zdravotnictví Univerzity obrany v Hradci Králové, 2013. ISBN 978-80-7231-354-9.
PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: Aplikace ionizujícího záření*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2021. ISBN 978-80-01-06829-8.
PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: Fyzika ionizujícího záření*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05319-5.
ŠINKOROVÁ, Zuzana a Leoš NAVRÁTIL. *Biomedicínská detekce ionizujícího záření: organizace zdravotnické péče po zemi kontaminaci radionuklidy*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05626-4.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Jan Pospíchal, Ph.D.**
Katedra klinických oborů

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **28. dubna 2022**

LS.

doc. Ing. Jana Holá, Ph.D. v.r.
děkanka

Mgr. Jan Pospíchal, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 14. března 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Prohlašuji:

Práci s názvem Znalosti studentů 1.–3. ročníku oboru Radiologický asistent o ionizujícím záření jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše. Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 27. 4. 2022

Eliška Havlová v. r.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat Mgr. Janovi Pospíchalovi, Ph.D. za odborné vedení, užitečné rady, trpělivost a vstřícnost, kterou mi věnoval během psaní této bakalářské práce. Také bych ráda poděkovala mé rodině za podporu po celou dobu studia.

ANOTACE

Bakalářská práce zjišťuje úroveň znalostí o ionizujícím záření u studentů 1. – 3. ročníku oboru Radiologický asistent Univerzity Pardubice. Teoretická část se věnuje obecné charakteristice ionizujícího záření a jeho rozdělení, veličinám a jednotkám záření, historii, zdrojům a biologickým účinkům ionizujícího záření a v neposlední řadě i radiační ochraně. V průzkumné části je provedeno šetření metodou test-retest pomocí dotazníku s kvantitativním hodnocením získaných dat.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ionizující záření, RTG záření, stochastické účinky, deterministické účinky, radiační ochrana

TITLE

Knowledges of 1st to 3rd year Radiology Assistant students on ionizing radiation.

ANNOTATION

The bachelor's thesis surveys the level of knowledge of ionizing radiation among the 1st – 3rd year students of Radiological Assistance programme at the University of Pardubice. The theoretical part of the thesis deals with the general characteristics of ionizing radiation and its classification, quantities and units of radiation, history, sources, and biological effects of ionizing radiation and, last but not least, radiation protection. The exploratory part is performed by a test-retest method, using a quantitative evaluation questionnaire.

KEYWORDS

Ionizing radiation, X-ray, stochastic effects, deterministic effects, radiation protection

OBSAH

Úvod.....	12
1 Cíle a metody práce	13
1.1 Cíl práce	13
1.2 Metody k dosažení cíle.....	13
2 Teoretická část	14
2.1 Ionizující záření.....	14
2.1.1 Dělení ionizujícího záření	14
2.1.2 Veličiny a jednotky záření	16
2.2 Historie.....	17
2.3 Zdroje ionizujícího záření	19
2.3.1 Záření z přírodního pozadí.....	19
2.3.2 Záření z umělých zdrojů	21
2.4 Biologické účinky ionizujícího záření	27
2.4.1 Deterministické účinky	27
2.4.2 Stochastické účinky	29
2.5 Radiační ochrana.....	30
2.5.1 Ochrana proti zevnímu ozáření.....	31
2.5.2 Ochrana před vnitřní kontaminací	32
2.5.3 Kompetence Radiologického asistenta v oblasti radiační ochrany.....	32
2.6 Obsah učiva klíčových předmětů	33
3 praktická část	35
3.1 Metodologie výzkumného šetření	35
3.2 Průzkumné otázky.....	36
4 Diskuze	77
5 Závěr	81
6 Použitá literatura	83

6.1	Zdroje obrázků	85
7	Přílohy.....	86

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: co je to ionizující záření (zimní semestr)	37
Obrázek 2: Co je to ionizující záření (letní semestr)	38
Obrázek 3: přímo ionizující záření (zimní semestr)	39
Obrázek 4: přímo ionizující záření (letní semestr)	40
Obrázek 5: nepřímo ionizující záření (zimní semestr).....	41
Obrázek 6: nepřímo ionizující záření (letní semestr).....	42
Obrázek 7: vystavení člověka ionizujícímu záření (zimní semestr).....	43
Obrázek 8: vystavení člověka ionizujícímu záření (letní semestr).....	44
Obrázek 9: Pronikání ^{222}Rn do domu (zimní semestr)	45
Obrázek 10: Pronikání ^{222}Rn do domu (letní semestr)	46
Obrázek 11: Poločas rozpadu ^{222}Rn (zimní semestr).....	47
Obrázek 12: Poločas rozpadu ^{222}Rn (letní semestr).....	48
Obrázek 13: Expozice kosmického záření ve vyšší nadmořské výšce (zimní semestr)	49
Obrázek 14: Expozice kosmického záření ve vyšší nadmořské výšce (letní semestr)	50
Obrázek 15: Záření z umělých zdrojů (zimní semestr).....	51
Obrázek 16: Záření z umělých zdrojů (letní semestr).....	52
Obrázek 17: Největší jaderná havárie (zimní semestr).....	53
Obrázek 18: Největší jaderná havárie (letní semestr).....	54
Obrázek 19: Dávkový práh u deterministických účinků (zimní semestr)	55
Obrázek 20: Dávkový práh u deterministických účinků (letní semestr)	56
Obrázek 21: Charakteristický projev deterministických účinků (zimní semestr).....	57
Obrázek 22: Charakteristický projev deterministických účinků (letní semestr).....	58
Obrázek 23: Nejcitlivější struktury na ionizující záření (zimní semestr)	59
Obrázek 24: Nejcitlivější struktury na ionizující záření (letní semestr)	60
Obrázek 25: Pravděpodobnost vzniku stochastických účinků v závislosti na velikosti absorbované dávky (zimní semestr)	61
Obrázek 26: Pravděpodobnost vzniku stochastických účinků v závislosti na velikosti absorbované dávky (letní semestr)	62
Obrázek 27: Stochastické účinky (zimní semestr).....	63
Obrázek 28: stochastické účinky (letní semestr)	64
Obrázek 29: Absorbovaná dávka vzhledem k době expozice (zimní semestr)	65
Obrázek 30: Absorbovaná dávka vzhledem k době expozice (letní semestr)	66

Obrázek 31: Odstínění částic beta (zimní semestr)	67
Obrázek 32: Odstínění částic beta (letní semestr)	68
Obrázek 33: odstínění RTG záření (zimní semestr)	69
Obrázek 34: odstínění RTG záření (letní semestr)	70
Obrázek 35: ochrana vzdáleností (zimní semestr)	71
Obrázek 36: ochrana vzdáleností (letní semestr)	72
Obrázek 37: Zdroje RTG záření (zimní semestr)	73
Obrázek 38: zdroje RTG záření (letní semestr)	74
Obrázek 39: Kdo objevil radioaktivitu (zimní semestr)	75
Obrázek 40: kdo objevil radioaktivitu (letní semestr)	76

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ALARA	as low as reasonably achievable
ANO	akutní nemoc z ozáření
Bq	Becquerel
Co	kobalt
CT	výpočetní tomografie (computed tomography)
F	fluor
FDG	fluorodeoxyglukóza
Gy	Gray
I	jód
K	draslík
LET	lineární přenos energie
MR	magnetická rezonance
OPG	ortopantomografické vyšetření
PET	pozitronová emisní tomografie
Rn	radon
RTG	rentgenové záření
SPECT	jednofotonová emisní tomografie (single-photon emission computed tomography)
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
Sv	Sieverth
Tc	technecium
Th	thorium
U	uran

ÚVOD

S ionizujícím zářením se setkáváme v každodenním životě. Hlavním zdrojem ionizujícího záření je přirozená radioaktivita, tedy záření z přírodního pozadí. Tomuto záření je vystavený každý z nás. Efektivní dávka na člověka se pohybuje mezi 1 a více jak 10 mSv za rok. Rozdíly efektivní dávky jsou dané tím, kde lidé žijí. Celosvětový průměr je však na jednoho člověka přibližně 2,4 mSv za rok (Podzimek, 2013). Kromě záření z přírodního pozadí se dále setkáváme se zářením z umělých zdrojů. Nejvýznamnějšími umělými zdroji jsou lékařské zdroje záření. Důvodem je jeho hojné využití v léčbě nemocí a diagnostice. Právě s tímto zářením se můžeme setkat jak v pozici pacienta, tak v pozici pracovníka.

Znalosti o ionizujícím záření jsou klíčové pro studenty oboru Radiologického asistenta, a pro jejich následnou práci ve zdravotnických zařízeních. Z tohoto důvodu je potřeba, aby se studenti dostatečně orientovali v problematice ionizujícího záření a byli seznámeni se základními informacemi. Tyto informace se studenti dozvídají v řadě předmětů a praktických cvičení, které absolvují během tří let v oboru Radiologický asistent na vysoké škole. Některé předměty se věnují obecným primárním faktům, jiné se zaměřují na konkrétní oblasti radiologické profese. K tomu, aby se studenti mohli věnovat právě těmto konkrétním oblastem je potřeba, aby nejprve porozuměli základním informacím o ionizujícím záření. Student se s ionizujícím zářením setkává nejenom v teorii a na praxích během studia, ale především i po dokončení školy jako pracovník, a to ve všech lékařských odvětvích. Těmito odvětvími jsou Radioterapie, Radiodiagnostika a Nukleární medicína.

Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část se věnuje obecné charakteristice ionizujícího záření a jeho rozdělení, veličinám a jednotkám záření, historii, zdrojům a biologickým účinkům ionizujícího záření a v neposlední řadě i radiační ochraně. Cílem praktické části bylo zjistit úroveň znalostí o ionizujícím záření u studentů 1. – 3. ročníku oboru Radiologický asistent Univerzity Pardubice. K tomuto účelu byl využit kvantitativní sběr dat pomocí dotazníku vlastní tvorby.

1 CÍLE A METODY PRÁCE

1.1 Cíl práce

1. Zjistit a následně porovnat zlepšení znalostí studentů 1.-3. ročníku oboru Radiologický asistent v oblasti ionizujícího záření.
2. Zjistit vliv předmětu Radiologická fyzika a radiobiologie na znalosti studentů v zimním semestru 1. ročníku.
3. Zjistit vliv předmětu Radiologická fyzika a dozimetrie na znalosti studentů v zimním semestru 2. ročníku.
4. Zjistit vliv předmětu Radiační ochrana – zkouška způsobilosti na znalosti studentů v zimním semestru 3. ročníku.
5. V teoretické části práce shrnout základní informace o ionizujícím záření, které mají znát studenti oboru radiologický asistent.

1.2 Metody k dosažení cíle

Teoretická část obsahuje hlavní informace o ionizujícím záření, které byly vybírány na základě učiva tří klíčových předmětů Radiologická fyzika a radiobiologie, Radiologická fyzika a radiodiagnostika a Radiační ochrana – zkouška způsobilosti. V jednotlivých bodech jsou informace rozepsány tak, aby přibližně odpovídali obsahu učiva těchto předmětů. V průzkumné části je provedeno šetření metodou test-retest pomocí dotazníku s kvantitativním hodnocením získaných dat. Šetření bylo prováděno u studentů 1.– 3. ročníku oboru Radiologický asistent studujících na fakultě zdravotnických studií Univerzity Pardubice. Studentům byl na začátku zimního semestru a poté na začátku letního semestru podán stejný znalostní dotazník. Tento znalostní dotazník měl za úkol zjistit rozdíl ve znalostech o ionizujícím záření. Dotazník byl nestandardizovaný vlastní tvorby a rozeslán elektronickou formou. Sběr dat probíhal v akademickém roce 2020/2021. Dotazníkový průzkum obsahuje vědomostní otázky o ionizujícím záření, které byly vybrány z kapitol obsažených v teoretické části.

2 TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část obsahuje hlavní informace o ionizujícím záření, které byly vybírány na základě učiva tří klíčových předmětů Radiologická fyzika a radiobiologie, Radiologická fyzika a radiodiagnostika a Radiační ochrana – zkouška způsobilosti. V jednotlivých bodech jsou tyto informace rozepsány tak, aby přibližně odpovídali obsahu učiva.

2.1 Ionizující záření

Ionizující záření, je takové záření, které je schopno ionizovat prostředí. To znamená, že se z původně elektricky neutrálních atomů a molekul stanou volné elektrony a kladné ionty (Řezáčová a kol., 2011). Částice ionizujícího záření mají tedy energii, která stačí k ionizaci atomů nebo molekul ozařované látky (Podzimek, 2013). „*Za energetickou hranici ionizujícího záření se obvykle považuje energie 5 keV pro fotonové záření, elektronové záření β i α záření.*“ (Podzimek, 2013, s. 122)

„*Pojmem ionizující záření rozumíme přenos energie v podobě částic nebo elektromagnetických vln vlnové délky nižší nebo rovnající se 100 nanometrů, anebo s frekvencí vyšší nebo rovnající se $3 \cdot 10^{15}$ Hz, který je schopen přímo nebo nepřímo vytvářet ionty.*“ (Podzimek, 2013, s. 122)

2.1.1 Dělení ionizujícího záření

Záření lze rozdělit podle fyzikální podstaty na korpuskulární (částicové), do kterého patří elektrony, pozitrony, částice alfa, neutrony a mezony. Druhým typem záření je elektromagnetické (fotonové), do kterého spadá infračervené záření, viditelné světlo, ultrafialové záření, radiové vlny, záření gama a rentgenové záření (dále jen „RTG“). Dalším, důležitějším dělením, je dělení podle mechanismu účinku záření na látku. V tomto případě se jedná o neionizující a ionizující záření. U neionizujícího záření nedochází k vytváření iontových párů kation – anion, a tím pádem ani nedochází k ionizaci. Zde mluvíme o radiových vlnách, infračerveném záření a viditelném světle. Do druhého, již zmíněného typu záření patří například elektrony, pozitrony, částice alfa, neutrony, záření gama a RTG (Podzimek, 2013), (Řezáčová a Vávrová, 2011).

Přímo ionizující záření

Ionizující záření se následně rozděluje na dvě skupiny podle způsobu ionizace látky, a to na přímo ionizující záření a nepřímo ionizující záření. Přímo ionizující záření je tvořeno lehkými nabitými částicemi (elektrony, pozitrony) a těžkými nabitými částicemi (protony,

deutrony, částice alfa ...). Tyto nabité částice ionizují látku přímým působením Coulombovských sil mezi elektronovým obalem atomu a nabitou částicí v jednom kroku. Konkrétním typem přímo ionizujícího záření je záření alfa a beta. Záření alfa tvoří těžké částice alfa, které svým složením odpovídají jádru helia. Jejich obsah tvoří dva protony a dva neutrony. Zdrojem tohoto záření jsou těžké radionuklidy, které podléhají radioaktivní přeměně alfa. Těmito radionuklidy jsou například izotopy uranu, radia, polonia a thoria. Při průchodu prostředím, částice alfa silně ionizují a rychle ztrácejí svoji energii. To má za následek menší dosah alfa záření, který je ve vzduchu jen několik málo centimetrů, ve vodě a tkáni pouze desetiny milimetru. Beta záření je tvořeno lehkými rychlými elektrony (β^-) a pozitrony (β^+), které nesou hmotnost odpovídající hmotnosti elektronu a příslušný náboj. Toto záření vniká při radioaktivní přeměně radionuklidů. Dosah částic beta je větší než u částic alfa, z důvodu rychlejšího pohybu a menší ionizace na jednotce dráhy. Při maximální energii 2 MeV je dolet záření beta ve vzduchu 8 m, ve vodě pak 1 cm a v hliníku 4 mm (Podzimek, 2013).

Nepřímo ionizující záření

Nepřímo ionizující záření, které zahrnuje nenabitě částice fotony a neutrony, potřebuje k ionizaci látky dva kroky. V prvním kroku se vytvoří sekundárně nabitě částice jako jsou elektrony, protony, nabitá jádra apod. K tomu dochází při interakci nepřímo ionizující částice s látkou. Přímým působením Coulombovských sil mezi nabitou částicí a elektronovým obalem atomu, dochází v druhém kroku k ionizaci látky sekundárně nabitou částicí. Konkrétním typem nepřímo ionizujícího záření je například neutronové záření, které je tvořeno tokem rychle letících neutronů s vysokou pronikavostí. Hmotnost těchto neutronů je podobná hmotnosti jader vodíku. Dalším typem je záření gama. Jedná se o elektromagnetické záření, které má zanedbatelnou kvantovou hmotnost fotonů a vlnovou délku 10^{-12} – 10^{-15} m. Gama záření neexistuje samostatně, ale vzniká vždy společně se zářením alfa a beta při radioaktivní přeměně radionuklidů. Je charakterizováno nulovým nábojem a látku se kterou interaguje silně ionizuje. Tato vlastnost se projevuje uvolňováním nabitě částice v důsledku fotoefektu, Comptonova jevu a tvorby elektron-pozitronových párů. Dosah záření gama je velký a vzdálenost k úplnému odstínění nestačí. Třetím nejběžnějším představitelem je RTG záření, které vzniká rozpadem urychleného elektronu na pevnou podložku, změnou dráhy relativistického elektronu, nebo jako vybuzené fluorescenční záření. V prvním případě vzniku lze záření rozdělit na brzdné, vznikající změnou rychlosti elektronu a charakteristické, které vzniká při zářivých přechodech

elektronů v elektronovém obalu. RTG záření je charakterizováno zanedbatelnou kvantovou hmotností fotonů. Náboj je nulový a vlnová délka je $8 \cdot 10^{-8} - 10^{-12}$ m. Zdrojem RTG záření jsou rentgenové zařízení, urychlovače nabitých částic, nebo radioaktivní zářiče. Přirozenými zdroji jsou též hvězdy (Podzimek, 2013; Šinkorová a Navrátil, 2014; Lean, 2016).

2.1.2 Veličiny a jednotky záření

Systém následujících radiačních veličin je velmi důležitý z hlediska radiační ochrany. Sledování, zaznamenávání a vzájemné porovnávání individuálních dávek je podstatné u všech, kteří mohou být profesionálně ozáření. Jednou ze základních fyzikálních veličin je aktivita, která je definována jako počet radioaktivních přeměn za jednotku času. Jednotkou aktivity je Becquerel (Bq). Jeden Becquerel je 1 rozpad jádra za 1 sekundu. Další důležitou veličinou je absorbovaná dávka, která vyjadřuje podíl střední sdělené energie, kterou předá ionizující záření látce a hmotnosti této látky. Jednotkou je Gray (Gy), kdy 1 Gray je energie záření 1 joulu absorbované 1kg látky. Každý typ záření má jinou účinnost, a proto je další veličinou ekvivalentní dávka. Ekvivalentní dávka je tedy absorbovaná dávka upravená na radiační účinnost daného typu ionizujícího záření. Jednotkou je Sievert (Sv), tedy jouly na kilogram. Stejná ekvivalentní dávka může způsobit rozdílnou míru poškození u různých tkání a orgánů. Z tohoto důvodu existuje i jednotka zvaná efektivní dávka. Jde o absorbovanou dávku násobenou tkáňovým faktorem. Tento tkáňový faktor zohledňuje to, že různé typy záření způsobují při stejné absorbované dávce odlišnou závažnost poškození. Jednotkou je Sievert (Sv), tedy jouly na Kilogram (Lean, 2016). Další zavedenou jednotkou, důležitou z hlediska radiační ochrany, je dávkový ekvivalent. Dávkový ekvivalent je součin absorbované dávky v bodu tkáně a jakostního činitele Q. Jednotkou je Sievert (Sv) a opět jouly na kilogram (Řezáčová a Vávrová, 2011).

2.2 Historie

„Mezi vědci, kteří byli fascinováni tajuplným světélkováním vyvolaným neviditelnými katodovými paprsky dopadajícími na sklo vakuové trubice nebo terčik z luminiscenční látky, byl i Wilhelm Conrad Röntgen, profesor a ředitel Fyzikálního ústavu ve Würzburgu. Od roku 1884 začal experimentovat s katodovými paprsky, když zkoumal světélkování a luminiscenci vyvolané paprsky při jejich dopadu na sklo nebo vhodnou světélkující látku. Röntgen k tomuto účelu používal platnatokyanid barnatý.“ (Podzimek, 2021, s. 16) Poprvé začal Röntgen pozorovat dosud neznámé paprsky 8. listopadu 1895. Avšak k oficiálnímu zveřejněnému objevu došlo 28. prosince 1895 (Podzimek, 2021). Šlo o záření, které nazval X-paprsky nebo též X-ray (Lean, 2016). U nás je tento pojem známý jako RTG záření. Pomocí těchto paprsků dokázal vytvořit první rentgenogram ruky své manželky. Tu požádal, aby položila ruku na fotografickou desku zabalenou do černého papíru a několik minut ji exponoval paprsky X. Tímto experimentem zjistil, že kosti absorbují RTG záření mnohem intenzivněji než okolní tkáň (Podzimek, 2021). Za tento významný objev mu byla v roce 1901 jako prvnímu udělena Nobelova cena za fyziku. Jeho objev si však nikdy nenechal patentovat, čímž se umožnilo jeho rychlé rozšíření do praxe (Seidl, Burgetová, Hoffmannová a kol., 2012). První, kdo u nás začal využívat RTG paprsky v lékařství byl prof. Rudolf Jedlička. Ten prováděl první vyšetření na improvizovaném vybavení už v roce 1896 (Podzimek, 2021).

Rok po Röntgenovu objevu, tedy v roce 1896, byla objevena francouzským fyzikem Antoinem Henrim Becquerelem radioaktivita, tedy schopnost jader vysílat záření, které ionizuje své okolí. Při pokusech s luminiscencí minerálů a krystalů zjistil, že některé minerály (uranové sloučeniny) vysílají podivné neviditelné záření, které se projevuje i bez ozáření vnějším světlem. Ono neznámé záření nazval „uranové paprsky“. Becquerel za tento objev získal Nobelovu cenu. Za nedlouho poté se dokázalo, že radioaktivní látky vysílají záření alfa, beta a gama (Beneš, Kyplová a Vítek, 2015; Havránková, 2020).

Becquerelovy uranové paprsky vzbudily zájem u manželů Pierre a Marie Curieových. Při pokusech se ukázalo, že pokud plyny procházejí uranové paprsky, vyvolávají tyto paprsky elektrickou vodivost. *„Vodivost se tehdy měřila ionizační metodou, kdy se měřil slabý elektrický proud v obvodu vzduchového kondenzátoru. Uranové paprsky při těchto měřeních procházely vzduchem mezi elektrodami a ionizovaly jej.“* (Podzimek, 2021, s. 35) Kde ovšem pozorovali větší odezvu bylo u smolince, tedy uranové rudy pocházející z Jáchymova. Odezva byla mohutnější, než očekávali. Manželé Curieovi proto separovali

danou příměs uranové rudy, jejíž vlastností bylo vysílání záření. Následně tuto vlastnost nazvali „radioaktivitou“. V červenci roku 1898 objevili nový prvek, který nazvali polonium. Prvek byl pojmenován podle rodné země Marie Curie. O pár měsíců později, tedy v prosinci roku 1898 objevili společně s G. Bémontem radium a v roce 1899 našel A. Debierne aktinium (Podzimek, 2021). Za objev radioaktivity obdrželi v roce 1903 manželé Curieovi a Antonie Henri Becquerel Nobelovu cenu za fyziku (Lean, 2016). O několik let déle, tedy roku 1910 získala Marie Curie a A. Debierne Nobelovu cenu za objev radia a polonia. Tentokrát se jednalo o Nobelovu cenu za chemii (Seidl, Burgetová a Hoffmannová, 2012). Další prvek, který byl později pojmenován jako radon, byl v roce 1900 objeven Friedrichem Ernestem Dornem (Podzimek, 2021).

2.3 Zdroje ionizujícího záření

„Základním legislativním dokumentem, který definuje a klasifikuje zdroje ionizujícího záření je Zákon o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) – zákon č. 18/1997 Sb., v platném znění.“ (Podzimek, 2013, s. 146)

Zdrojem ionizujícího záření je radionuklidový zářič a také zařízení, které radionuklidový zářič obsahuje. Patří sem i zařízení, při jehož provozu vznikají radionuklidové zářiče a zařízení, při jehož provozu vzniká ionizující záření o energii větší než 5 keV. Tato zařízení se označují jako generátory záření (Podzimek, 2013).

Další dělení je podle míry ohrožení zdraví osob a životního prostředí ionizujícím zářením. Patří sem nevýznamné zdroje, kdy při nakládání s nimi nehrozí radiační nehoda a nevznikají radioaktivní odpady. Při nakládání s dalšími zdroji nehrozí radiační nehoda, mohou však vznikat radioaktivní odpady. V tomto případě se jedná o drobné zdroje. K nakládání s nevýznamnými a drobnými zdroji ionizujícího záření není potřeba povolení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (dále jen SÚJB). V případě jednoduchých zdrojů existuje, při nakládání s nimi, riziko radiační nehody. U tohoto zdroje je však vyloučena radiační nehoda s akutními účinky na zdraví. K nakládání s jednoduchými zdroji je vždy nutné povolení SÚJB. Při nakládání s významnými zdroji hrozí riziko radiační nehody s akutními účinky na zdraví, nehrozí však radiační havárie. K nakládání s významnými zdroji je zapotřebí povolení SÚJB. Posledním zdrojem jsou velmi významné zdroje, u nichž je možný vznik radiační havárie. I v tomto případě je zapotřebí mít povolení od SÚJB. Zdroje ionizujícího záření se dále rozdělují dle původu na přírodní a umělé zdroje ionizujícího záření (Podzimek, 2013).

2.3.1 Záření z přírodního pozadí

Hlavním zdrojem ionizujícího záření je přirozená radioaktivita, tedy záření z přírodního pozadí. Toto záření přichází jak z vesmíru, tak ze země (z elementů zemské kůry) (Řezáčová a Vávrová, 2011). Expozice z přirozených zdrojů je mnohonásobně vyšší než ze zdrojů umělých. Efektivní dávka na člověka se pohybuje mezi 1 a více jak 10 mSv za rok. Přičemž celosvětový průměr je na jednoho člověka přibližně 2,4 mSv. Tyto efektivní dávky jsou rozdílné v závislosti na tom, kde lidé žijí. Záření, které dopadá z vesmíru na Zemi, je závislé na nadmořské výšce a poloze na Zemi kde se nacházíme. V budovách (převážně v nevětraných prostorech jako je sklep apod.) se může hromadit radioaktivní plyn Radon (Lean, 2016).

2.3.1.1 Kosmické záření

Kosmické záření je velmi významné a běžné na zemském povrchu. Přichází z velkého množství zdrojů. Část záření přichází ze Slunce, a to konkrétně z průběhu jeho erupcí. Část přichází i z dalších hvězd a rovněž z doposud neznámých zdrojů na okraji viditelného vesmíru. Zemská atmosféra a její magnetické pole významně snižují intenzitu kosmického záření. Právě proto jsou některé části Země ozářeny více a některé méně. Například polární oblasti jsou vystaveny kosmickému záření více než rovníkové pásmo. Důvodem je vychylování tohoto záření magnetickým polem severního a jižního pólu. Expozice taktéž narůstá s nadmořskou výškou. Může za to vrstva vzduchu, která se s narůstající nadmořskou výškou zeslabuje, čímž se snižuje stínící vrstva. Z tohoto důvodu lidé cestující letadlem v obdrží vyšší dávku záření. Obdržená dávka záření závisí jak na nadmořské výšce, tak na délce letu (Lean, 2016).

2.3.1.2 Záření ze Země

Půda

Vše, co se nachází na povrchu nebo uvnitř Země obsahuje tzv. primordiální (základní) radionuklidy. Tyto základní radionuklidy se nacházejí v půdě a mají velmi dlouhý poločas rozpadu. Patří mezi ně ^{238}U , ^{40}K , ^{232}Th . Dále také radionuklidy, které vznikly jejich přeměnou, a to ^{222}Rn a ^{226}Ra . Zevní expozice se liší podle místa na Zemi (Lean, 2016).

Radon

Nejběžnější je ^{222}Rn s poločasem rozpadu 3,8 dní. Tento radionuklid je přítomen v atmosféře i v zemi a je produktem rozpadové řady ^{238}U . Radon se může rovněž hromadit v budovách (převážně v nevětraných prostorech jako je sklep apod.) (Lean, 2016). Děje se tak nejčastěji kvůli uranovému podloží domu. Dalším, v dnešní době výrazně menším vlivem je použitý stavební materiál. Při výrazné přítomnosti radonu v domech, je tento nahromaděný plyn velkým zdravotním rizikem. Koncentrace radonu v domě je ovlivněná propustností půdy, místními geologickými podmínkami, stavebním materiálem budovy a neméně důležitým větráním budovy. Právě větrání budovy je jedním z nejjednodušších opatření. Další možností je stavební úprava, která je ovšem nákladná. Česká republika patří mezi země s nejvyšší koncentrací radonu v budovách. Důvodem je půdní podloží. Radon je klasifikován jako karcinogen a je také jednou z příčin vzniku rakoviny plic u osob vystavených ve větší míře inhalaci radonu (Řezáčová a Vávrová, 2011).

Zdroje v potravinách a ve vodě

Nápoje a potraviny též obsahují radionuklidy, a to převážně z přírodních zdrojů. Ty se mohou dostat do rostlin z půdy, konkrétně z hornin a minerálů. Tyto radionuklidy se pak dále dostanou do živočichů (Lean, 2016).

2.3.2 Záření z umělých zdrojů

Mezi umělé zdroje záření patří umělé radionuklidy, generátory radionuklidů, rentgenky, urychlovače a jaderné reaktory. Umělé radionuklidy jsou připravovány průmyslově. Průmyslová příprava spočívá v odstřelování atomových jader nabitými částicemi z urychlovačů nebo neutrony z jaderných reaktorů. Dalším možným vznikem je vznik v energetických jaderných reaktorech a v jaderných explozích (jako štěpné produkty). V současnosti je možné vyrobit přes 1400 radionuklidů. Radionuklidový generátor je systém, který obsahuje vázaný mateřský radionuklid. Z mateřského radionuklidu vzniká dceřiný krátkodobý radionuklid. Ten se dá z toho mateřského průběžně separovat a je možné ho využívat po delší dobu (k přípravě radiofarmak). Pro urychlení nabytých částic se využívají lineární urychlovače, cyklotron a betatron. Jeden z nejintenzivnějších zdrojů záření je jaderný reaktor. K uvolnění značného množství energie využívá jaderný reaktor štěpnou reakci (Podzimek, 2013).

2.3.2.1 Lékařské zdroje záření

Ionizující záření v lékařství je nejvýznamnějším zářením z umělých zdrojů. Důvodem je hojné využití v léčbě nemocí a diagnostice (Podzimek, 2021). Toto lékařské ozáření odpovídá přibližně 98 % z celkového ozáření z umělých zdrojů. Lékařské ozáření znamená, že je pacient vystaven ionizujícímu záření z důvodů lékařského vyšetření nebo léčby nemoci. V některých případech může však dojít i k nesprávné aplikaci dávky záření. Příkladem může být ozáření pacienta vyšší dávkou, ozáření jiného orgánu nebo ozáření nesprávného pacienta. Ozáření při lékařských radiologických výkonech se týká i pracovníků (vyšším dávkám jsou zdravotní pracovníci vystaveni například v intervenční radiologii nebo nukleární medicíně (Lean, 2016).

Radiodiagnostika

Mezi hlavní lékařské odvětví, ve kterých se ionizující záření využívá v největší míře patří diagnostická radiologie. Radiodiagnostika slouží k zobrazení změn a jejich průběhu v lidském těle. Při využívání RTG záření je klíčová schopnost látek různě absorbovat RTG paprsky. Tkáně, orgány nebo kosti mají rozdílnou absorpci záření a umožňují tak vytvářet snímky vnitřního prostředí těla. Absorpce závisí na energii RTG fotonu, velikosti atomového čísla prvku určité tkáně (čím je vyšší atomové číslo tím je vyšší absorpce) i na hutnosti a tloušťce tkáně. Díky obsahu vápníku jsou kosti hutnější a absorbují tak více záření než tkáně obsahující značné množství vody, které jsou méně hutné. Při průchodu záření tělem se tedy část tohoto záření absorbuje ve tkáních. Část, která není absorbována dopadá na detekční zařízení. Detekční zařízení neboli receptor obrazu zaznamenává sumační obraz (obraz tkání ležících nad sebou). K naprosté absorpci záření dochází při fotoefektu. Naopak při Comptonově rozptylu dochází k rozptylu záření. Dopadne-li záření na receptor obrazu, dochází v něm k tvorbě šumu, který zhoršuje kvalitu výsledného obrazu (Podzimek, 2021).

Základní zobrazovací metodou v radiodiagnostice je RTG (2D) vyšetření. Rentgenová diagnostika se dělí na dvě skupiny podle provedení a zpracování RTG obrazů na skiografii a skiaskopii. Skiografie je prosté RTG snímkování, při kterém se 3D objekt převede do 2D roviny, kdežto skiaskopie využívá dynamické zobrazení RTG obrazu. Skiaskopie slouží k vyšetřování dynamických dějů nebo při intervenčních výkonech u kterých je nutná vizuální kontrola a navigace. Velice důležitou součástí radiodiagnostiky je CT vyšetření, které umožňuje 3D zobrazení. Výpočetní tomografie neboli CT (computed tomography) vyšetření řeší problém spojený s překrýváním tkání u nativního snímku, avšak představuje mnohonásobně větší radiační zátěž pro pacienta (Podzimek, 2021). Velkou výhodou vyšetření je sběr dat z několika projekcí, který je prováděn při rotaci rentgenky a detekčního zařízení. Rentgenka s protilehlým detekčním zařízením rotují o 360° okolo vyšetřované oblasti. Pomocí CT vyšetření se získávají tenké řezy, díky nimž lze lépe sledovat a hodnotit jednotlivé tkáně (Nemocnice na Homolce, 2017).

RTG záření se využívá též k zobrazování určitých částí těla. Konkrétní vyšetřovanou strukturou může být například prs. Vyšetření prsou se nazývá mamografie a slouží k odhalení časných stádií rakoviny (mamografický screening). Někdy je indikována i diagnostická mamografie, a to v případě nejasného nálezu na screeningové mamografii. Toto vyšetření je založeno na využití nízké energie RTG záření. K zobrazení zubů případně celé čelisti se

využívá stomatologický rentgen, který má hned několik variant. Varianta, která představuje pro pacienta nejmenší radiační zátěž se nazývá intraorální vyšetření. Intraorální vyšetření slouží k zobrazení jednoho nebo více zubů. Dalším typem vyšetření je panoramatické (ortopantomografické nebo též OPG) vyšetření, které kombinuje tomografii a panoramatickou fotografii. Pomocí tohoto vyšetření se získá snímek horní a dolní čelisti. Třetí variantou je cone-beam CT, které umožňuje 3D zobrazení nebo rekonstrukce v různých rovinách. Při cone-beam CT vyšetření je dávka mnohonásobně vyšší než u ostatních zobrazovacích metod chrupu. Dentální radiodiagnostika je jednou z nejčastěji využívaných zobrazovacích metod (Podzimek, 2021). Další vyšetřovanou strukturou mohou být kosti, u kterých se za pomoci kostní denzitometrie zjišťuje hustota (denzita) kostí. Toto vyšetření se používá k odhalení osteoporózy (Beneš, Kyplová a Vitek, 2015). K vyšetření cév slouží angiografie spočívající v RTG vyšetření za použití kontrastní látky. Pomocí angiografie se zobrazují cévy, jejich plnění a průběh. Takovéto zobrazení není na klasickém rentgenovém snímku možné. Pro provedení drobného terapeutického výkonu pod nepřetržitou RTG kontrolou se využívá intervenční radiologie. V tomto případě se může jednat o zprůchodnění zúžené tepny, nebo o biopsii jater pod nepřetržitou rentgenovou kontrolou (Podzimek, 2021).

Nukleární medicína

Dalším odvětvím je nukleární medicína, která slouží především k diagnostice ale i k terapii pomocí otevřených radioaktivních zářičů. Tyto otevřené zářiče se nazývají radiofarmaka a aplikují se pacientům. Po aplikaci radiofarmaka se následně sleduje jeho distribuce v organismu pomocí scintilační kamery (gamakamery). Gamakamera je přístroj obsahující uvnitř scintilační krystal ve kterém se záření mění na světelný záblesk. Ten se následně ve fotonásobiči mění na elektrické impulzy, které přechází do analyzátoru a hodnoty se promítnou na monitoru. Zobrazovací metodou v nukleární medicíně je tedy scintigrafie, která slouží ke dvourozměrnému zobrazení distribuce radiofarmaka, které emituje gama záření. Je možné sledovat jak statické, tak dynamické děje. Vyšetření lze doplnit jednofotonovou emisní tomografií (SPECT) a získat tak 3D zobrazení. Pomocí scintigrafie lze sledovat funkční stav orgánů, metabolickou aktivitu a patologické změny (Podzimek, 2021).

Další zobrazovací metodou je pozitronová emisní tomografie (PET). „*Její principem je lokalizace místa vzniku fotonů anihilačního záření o energii 511 keV, které v těle vznikají při anihilaci pozitronů uvolněných podanou radioaktivní látkou (radiofarmakem) a elektronů.*“ (Podzimek, 2021, s. 142) Výhodou PET vyšetření je možnost trojrozměrné rekonstrukce aktivity radiofarmaka v těle pacienta. Pomocí PET se zobrazují především tkáně vychytávající příslušné radiofarmakum. V dnešní době se ve velkém množství využívají i hybridní zobrazovací systémy sloužící ke zlepšení přesnosti diagnózy. Patří sem SPECT/CT, PET/CT a MR/PET. Pro diagnostiku a léčbu v nukleární medicíně je zásadní používání radiofarmak. Radiofarmaka tvoří radionuklid a značené sloučeniny, které se liší podle toho, o jaké vyšetření jde (Podzimek, 2021).

Většina radionuklidů se vytváří v urychlovačích, radionuklidových generátorech nebo v jaderných reaktorech (Ferda, Mírka, Baxa a kol., 2015). Nejčastěji používanými radionuklidy jsou ^{99m}Tc , ^{123}I , ^{131}I , ^{201}Tl a nejčastěji používaným radiofarmakem při PET vyšetření je ^{18}F -FDG (fluorodeoxyglukóza) (Podzimek, 2021). Radiofarmaka se akumulují v cílové tkáni a podávají tak informace o funkčnosti orgánu v případě diagnostiky. Pro diagnostiku se využívají radionuklidy emitující záření gama nebo pozitrony. V případě terapie se radiofarmakum akumuluje v cílové tkáni a tu následně léčí. Indikací může být nádorové onemocnění, chronické záněty apod. Pro terapii jsou vhodné zářiče beta minus a alfa (Kubinyi, Sabol a Vondrák 2018). Radiofarmaka se akumulují ve tkáních a orgánech na základě své fyzikální a chemické charakteristiky. Každý radionuklid obsažený v radiofarmaku má svůj vlastní poločas přeměny. Poločas přeměny je doba, za kterou se sníží jeho aktivita na polovinu. To znamená, že se v průběhu času snižuje množství aktivní látky (Podzimek, 2021).

Radioterapie

Třetím lékařským odvětvím, ve kterém se využívá ionizující záření je obor radioterapie. Radioterapie je využívána především k léčbě nádorových ale i nenádorových onemocnění. U onkologických pacientů je užívána nejčastěji v kombinaci s ostatními léčebnými způsoby. Tato léčba se provádí pomocí lineárního urychlovače (brzdné záření), radionuklidových zdrojů, RTG záření a urychlených svazků elektronů, protonů nebo atomových jader. Radioterapie se dělí podle umístění zdroje záření na teleterapii (zevní radioterapie) a brachyterapii (Podzimek, 2021).

Při zevní radioterapii je zdroj záření umístěn mimo tělo pacienta. Zdrojem je obvykle ^{60}Co nebo lineární urychlovač (Lean, 2016). Právě lineární urychlovač je v dnešní době nejčastěji používaný radioterapeutický přístroj. Principem léčby lineárního urychlovače je ozáření nádoru vysokoenergetickým svazkem fotonů nebo elektronů. Hlavice lineárního urychlovače může okolo pacienta rotovat až o 360° , což umožňuje ozářit nádorové ložisko z mnoha úhlů. Pomocí clon se může ovlivnit tvar a velikost svazku záření, tak aby odpovídal tvaru a velikosti nádoru. Možnost rotace a použití clon napomáhá přesnějšímu ozáření nádoru a snížení dávky na okolní tkáně a orgány. Dalším příkladem zevní radioterapie je Leksellův gama nůž, který je určený k ozařování v oblasti hlavy. Jeho součástí je 201 kobaltových zdrojů, jejichž centrální paprsky míří do jednoho místa (Podzimek, 2021; Büchler, 2019).

Při brachyterapii se uzavřené radioaktivní zdroje aplikují co nejbližší ložiska nebo přímo do orgánu nebo tkáně s nádorovým ložiskem. Radionuklidové zářiče se zavádí buď na krátkou chvíli nebo na trvalo. Trvalá aplikace spočívá v ponechání zdroje v požadovaném místě do úplného vyzaření aktivity (Podzimek, 2021), (Vorlíček, Abrahámová a Vorlíčková, 2012).

2.3.2.2 Jaderný průmysl

V jaderném průmyslu je nejvýznamnějším zdrojem ionizujícího záření jaderný reaktor (s výjimkou jaderného výbuchu) používající štěpnou reakci k uvolnění velkého množství energie. Ta se v jaderných elektrárnách užívá k výrobě elektrické energie. Výroba elektřiny tvoří velmi malou část z celkové radiační expozice obyvatelstva (Lean, 2016). Významnější expozice z pohledu jaderné energetiky pochází z těžby radioaktivních surovin. Při správném nakládání s odpady by nemělo docházet ke zvyšování expozice (Podzimek, 2013).

Při běžném provozu jaderných zařízení je expozice velmi nízká, avšak v minulosti došlo i k jaderným nehodám a haváriím. Největší jadernou havárií, která se kdy stala, byla havárie v Černobylu. Havárie se stala v roce 1986 v bývalém Sovětském svazu a byla zapříčiněna selháním lidského faktoru. Havárie Černobylu způsobila největší únik radioaktivity do životního prostředí. Lean (2016) uvádí, že z havárie v Černobylu je zaokrouhlený odhad efektivní dávky na jednoho obyvatele za rok 0,002 mSv. Tato hodnota je dána celosvětovým průměrem. Z pohledu životního prostředí a úniku radionuklidů byla druhou největší havárií havárie elektrárny Fukušima. Havárie se stala v roce 2011 v Japonsku a byla způsobena zemětřesením a tsunami (Řezáčová a Vávrová, 2011).

2.3.2.3 Ostatní zdroje ionizujícího záření

Ostatní zdroje ionizujícího záření způsobují pouze velmi malou až zanedbatelnou expozici obyvatelstva. Patří sem například testování a použití jaderných zbraní v minulosti (Podzimek, 2021). Určitou expozici může představovat i postupné osidlování některých testovacích ploch. Tyto plochy se v minulosti používali k testování jaderných zbraní. Dávky z radioaktivních reziduí mohou na těchto místech přispívat k expozici daných obyvatel. Naopak na jiných takto osidlovaných místech se dávka nezvýší více, než jaký je průměr z přírodního pozadí. Pro běžné obyvatelstvo zvýšení radiační expozice nehrozí. Zdroje ionizujícího záření se mohou též využívat při sterilizaci zdravotnických přípravků a farmaceutických výrobků. Ozařováním potravin lze například docílit zničení hmyzu a parazitů v potravinách, zvýšení trvanlivosti nebo zničení mikrobů. Dalším příkladem použití zdroje ionizujícího záření jsou bezpečnostní rentgeny (na letištích, hraničních přechodech apod.) Ionizující záření lze využít též při geologických vrtech a v průmyslu v zařízeních na měření tloušťky, vlhkosti, hutnosti a hladin (Lean, 2016).

2.4 Biologické účinky ionizujícího záření

Mechanismus účinku ionizujícího záření na buňku se dělí na přímý a nepřímý mechanismus. Přímý mechanismus znamená, že ionizující záření působí na biologicky významnou strukturu, tedy jádro. Děje se tak u buněk s nízkým obsahem vody. Nepřímý mechanismus se týká buněk s vysokým obsahem vody. Ionizující záření interaguje s molekulami a atomy vody a produkuje volné radikály, které působí na biologicky významné struktury. Poškození buněk přímým nebo nepřímým mechanismem závisí na druhu ionizujícího záření a na biologickém systému. U částic s vysokým LET (lineární přenos energie) je běžnější přímý mechanismus, a naopak u částic s nízkým LET je častější nepřímý mechanismus poškození buňky. Podle doby mezi poškozením buňky a biologickým projevem se dělí biologické účinky ionizujícího záření dále na rané a pozdní účinky. Brzký účinek znamená smrt buňky během několika hodin až dnů, kdežto vznik onkogenního poškození u pozdního účinku může trvat až roky (Súkupová, 2018). Mezi nejcitlivější struktury lidského těla patří hematopoetické tkáně (hlavně kmenové buňky krvetvorby). V periferní krvi jsou citlivé lymfocyty. Velmi citlivé jsou též zárodečné buňky – spermatogonie. Naopak radiorezistentní je nervová a svalová tkáň (Řezáčová a Vávrová, 2011; Rosina, Vránová a Kolářová, 2021).

2.4.1 Deterministické účinky

Celkové biologické účinky ionizujícího záření na člověka se dělí na deterministické a stochastické. Při deterministických účincích dochází k usmrcení velkého množství buněk v buněčné populaci. Tyto účinky nastávají, pokud je dávka záření nad dávkovým prahem (pokud je dávka pod dávkovým prahem, deterministické účinky se neprojeví). Čím větší je obdržená dávka, tím stoupá závažnost deterministických účinků (Súkupová, 2018; Hamada a Fujimichi 2014). Deterministickými účinky jsou akutní nemoc z ozáření, poškození plodu in utero, akutní lokální poškození a nenádorové pozdní poškození (Řezáčová a Vávrová, 2011). Akutní nemoc z ozáření a akutní lokální poškození se projeví během krátké doby po ozáření a jde o účinky časné. Pozdním účinkem je poškození plodu a nenádorové pozdní poškození (Podzimek, 2013).

Akutní nemoc z ozáření

Nejvýraznějším druhem radiačního poškození je akutní nemoc z ozáření (ANO). Podle Havránkové (2020) se akutní nemoc z ozáření rozvíjí po ozáření celého těla dávkou vyšší, než je 0,7 Gy a vyvíjí se ve třech klinických formách. První formou je dřevná (hematopoetická) forma, která vzniká po ozáření dávkou vyšší než 0,7 Gy. Pro tuto formu

je charakteristické poškození kostní dřeně, které se projevuje sepsí a krvácením. Dřeňová forma se rozděluje do několika fází. První fáze je prodromální a projevuje se například nevolností, zvracením, průjmy, únavou, skleslostí či bolestí hlavy. Příznaky závisí na obdržené dávce. V další fázi – latentní neboli skryté dochází k ústupu obtíží. S vyšší obdrženou dávkou klesá délka trvání latentní fáze. Při manifestní fázi dochází k rozvoji hemoragického syndromu a bakteriálních, plísňových a virových onemocnění. Pokud je situace příznivá a nedojde ke smrti postiženého, nastává poslední fáze – fáze rekonvalescence. Další forma, která se projevuje po celotělovém ozáření dávkou vyšší než 10 Gy, je gastrointestinální (střevní). Při gastrointestinální formě dochází k poškození sliznice tenkého střeva a k poruše resorpce střeva. Pro tuto formu je charakteristická sepe a toxémie. Stejně jako dřeňová forma prochází ta střevní rovněž prodromální, latentní a manifestní fází. Při gastrointestinální formě nastává vždy smrt do několika dnů. Třetí formou akutní nemoci z ozáření je neurovaskulární, která nastává po překročení dávkového prahu 30 Gy. Forma je spojená s poškozením endotelu cév což následně vede ke kardiovaskulárnímu šoku. Dochází k edému mozku, psychické dezorientaci, zmatenosti, poruše koordinace pohybů, křečím a k hlubokému bezvědomí. Postižený umírá během několika hodin nebo dnů (Šinkorová a Navrátil, 2014; Podzimek, 2013).

Akutní lokální poškození

Akutní lokální poškození zahrnuje poškození kůže, sliznic a pohlavních žláz. Pro míru poškození kůže je rozhodující druh záření, dávka, lokalizace a velikost ozářené části kůže (Podzimek, 2013). Po ozáření dávkou (RTG záření) vyšší než 3 Gy vzniká časná radiační dermatitida prvního stupně s projevem erytému. Jde o zarudnutí kůže, které se objevuje do dvou až tří dnů a následně do 24 hodin zmizí. Pozdní radiační dermatitida se objevuje několik měsíců po ozáření a projevuje se zduřením kůže a bolestivostí. Dochází též ke ztrátě vlasů a ochlupení, která je při dávce nad 6 Gy trvalá. Radiační dermatitida druhého stupně vzniká při obdržení dávky mezi 12–20 Gy a je pro ni charakteristický erytém, edém a vznik puchýřů. Třetí stupeň radiační dermatitidy nastává po ozáření dávkou v rozmezí 20-25 Gy a je doprovázen vředy. Čtvrtý stupeň se projevuje při dávce nad 25 Gy nekrózou kůže včetně pojiv a cév. Po ozáření pohlavních žláz může doházet k postižení plodnosti či sterilitě. U mužů dochází k dočasné sterilitě po dávce 0,25 Gy a ke sterilitě po dávce 3–8 Gy (u mužů se může plodnost obnovit). U žen dochází k trvalé sterilitě již při dávce 3 Gy (Šinkorová a Navrátil, 2014).

Nenádorová pozdní poškození

Projevem pozdního účinku jsou nenádorová pozdní poškození, která vznikají v průběhu let. Do pozdních účinků se řadí například chronický zánět kůže, poškození plodu, nebo šedý zákal oční čočky (katarakta), který vzniká již po jednorázovém ozáření dávkou mezi 1–2 Gy. Dle Súkupové (2018) se občas uvádí vznik katarakty již při 0,5 Gy. Katarakta se může projevit až v průběhu mnoha let.

2.4.2 Stochastické účinky

Stochastické účinky vznikají důsledkem změn v genetických informacích buněk. Ve většině případech je poškození buněk opraveno ochrannými mechanismy buňky, avšak ze zbylých neopravených buněk se může vyvinout nádor. Pro vznik stochastických účinků neexistuje dávkový práh, to znamená že vznikají náhodně a nelze odhadnout jejich vznik. Přestože je vznik náhodný, pravděpodobnost účinků roste s rostoucí velikostí absorbované dávky. Stochastické účinky se od těch deterministických liší tím, že závažnost poškození nezávisí na velikosti dávky (Hamada a Fujimichi 2014). Mezi stochastické účinky patří například nádorová onemocnění, genetické změny u potomků a leukémie. Leukémie se může projevit po 5–10 letech po ozáření a nádorová onemocnění až po 15–20 letech (v některých případech i více). Ozářením plodu ve druhé a třetí třetině těhotenství může nastat vznik zhoubných nádorů v dětství nebo Dawnův syndrom (Podzimek, 2013; Súkupová, 2018).

2.5 Radiační ochrana

Základem radiační ochrany je ochrana před ozářením u osob, které se nacházejí poblíž zdroje ionizujícího záření a aplikace preventivních opatření. Tato opatření zabraňují ozářením i kontaminaci osob a prostorů radionuklidy (Pejchal, Šinkorová, Tichý a kol., 2013).

„Cílem radiační ochrany je zabezpečit ochranu zdraví lidské populace (každého jednotlivce a jeho potomků) při současném umožnění využívání zdrojů ionizujícího záření (ZIZ) ve prospěch člověka.“ (Pejchal, Šinkorová, Tichý a kol., 2013, s. 48) Čtyři základní principy radiační ochrany mají složit k úplnému vyloučení deterministických účinků a snížení stochastických účinků na rozumně dosažitelnou mez (Pejchal, Šinkorová, Tichý a kol., 2013).

Princip zdůvodnění činností a použití ZIZ

Při provádění činnosti vedoucí k ozářením, se musí dbát na to, aby každé použití ZIZ bylo zdůvodněno. Při používání ZIZ musí být přínos vždy větší než riziko, které může vzniknout (Súkupová, 2018).

Princip optimalizace radiační ochrany

Při práci se ZIZ je důležité, aby velikost individuálních dávek, počet ozářených osob a pravděpodobnost ozářením byla tak nízká, jak je jen možné dosáhnout. Princip optimalizace radiační ochrany je též nazýváno jako tzv. princip ALARA (as low as reasonably achievable) (Kubinyi, Sabol a Vondrák 2018). Při optimalizace radiační ochrany se porovnávají náklady na opatření ke zvýšení radiační ochrany s finančním ohodnocením očekávaného snížení ozářením. V případě, kdy by byly finanční náklady vyšší než finanční přínos opatření, nemusí být toto opatření provedeno (Pejchal, Šinkorová, Tichý a kol., 2013).

Princip aplikace dávkových limitů

Každý, kdo provádí činnost vedoucí k ozářením je povinen, aby limity stanovené vyhláškou č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně nebyly v žádném případě překročeny. Limity pro běžné obyvatelstvo jsou 1 mSv/rok a 5 mSv/5 let po sobě jdoucích. Pro radiační pracovníky je to 50 mSv/rok a 100 mSv/5 let jdoucích po sobě (Pejchal, Šinkorová, Tichý a kol., 2013).

Princip zajištění bezpečnosti ZIZ

ZIZ musí být zabezpečeny před jejich zneužitím či odcizením. Pro zajištění bezpečnosti je zásadní i bezchybnost technického stavu ZIZ. Pro ověřování stability a spolehlivosti se

provádí kontroly pomocí přijímací zkoušky, zkoušek dlouhodobé stability a zkoušek provozní stálosti (Súkupová, 2018).

2.5.1 Ochrana proti zevnímu ozáření

Pro ochranu personálu před vnějším ozářením se uplatňuje ochrana časem, vzdáleností a stíněním (Ferda, 2015).

Ochrana časem

Dávka, kterou pracovník obdrží je součinem doby pobytu v blízkosti zdroje záření a dávkovým příkonem v daném prostředí (Podzimek, 2013). Čím kratší dobu bude pracovník trávit poblíž zdroje, tím menší dávku obdrží. Doba pobytu v blízkosti zdroje záření, nebo pacienta s aplikovaným radiofarmakem se dá zkrátit například dobrou organizací práce, tréninkem činnosti či střídáním pracovníků. Střídání pracovníků se uplatňuje především v nejvíce exponovaných místech. Ochrana časem znamená i okamžité sundání kontaminovaných ochranných pomůcek (Koranda, 2014).

Ochrana vzdáleností

„Ochrana vzdáleností vychází ze skutečnosti, že dávkový příkon klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje (používání dálkových manipulátorů, kleští a pinzet).“ (Podzimek, 2013, s. 306) Pro ochranu vzdáleností jsou zdroje záření umístěné, co nejdále od pracovních prostor. Důležité je rovněž dodržovat odstup při komunikaci či instruktáži pacienta v jehož těle je radiofarmakum (Podzimek, 2013).

Ochrana stíněním

Pro ochranu před zářením slouží absorpční materiál, který záření zeslabí, nebo úplně odstíní. V závislosti na druhu ionizujícího záření se mění typ materiálu a jeho tloušťka. Stínící materiál se umísťuje mezi zdroj záření a stíněnou osobu buď přímo ke zdroji nebo je stínění u pracovníka. Pro odstínění částic alfa lze použít tenká vrstva materiálu jako je papír nebo plast, avšak stačí i tenká vrstva vzduchu. U částic beta se dá použít plexisklo, plast nebo hliník. Pro rentgenové záření a záření gama se používá uran, wolfram, olovo nebo vrstvy betonu. U stínění neutronů je potřeba nejprve zpomalit rychlé neutrony, aby mohly být pohlceny absorbatorem. Zpomalí se řadou pružných rozptylů k čemuž nejlépe slouží lehké materiály s vysokým obsahem vodíku (voda, parafin, plast). Absorpce je doprovázena emisí gama, a proto je nutné přidat stínění z těžkých materiálů. Druhou vrstvou je materiál bohatý na kadmium nebo bór a třetí vrstvou je materiál stínící záření gama (Podzimek, 2013).

2.5.2 Ochrana před vnitřní kontaminací

Vnitřní kontaminace je oproti vnější kontaminaci mnohem nebezpečnější z důvodu dlouhodobějšího zatížení organismu, který je navíc zatěžován právě zevnitř. Ke kontaminaci dochází přes kůži nebo přes ústrojí zažívací či trávicí. Ochranou před vnitřní kontaminací může být například používání stínících pomůcek, ochranných oděvů, rukavic, přezůvek nebo manipulačních pomůcek jako jsou pinzety, dálkové ovladače apod. Dále je zakázáno na pracovišti pít a jíst. Dalším krokem k ochraně před vnitřní kontaminací může být i okamžitá dekontaminace nástrojů po ukončení práce a kontrola zamoření osob a pracovních povrchů (Podzimek, 2013).

2.5.3 Kompetence Radiologického asistenta v oblasti radiační ochrany

Radiologický asistent provádí a vyhodnocuje zkoušky provozní stálosti zdrojů ionizujícího záření a souvisejících přístrojů ve všech typech zdravotnických radiologických pracovišť. Provádí specifickou ošetrovatelskou péči poskytovanou v souvislosti s radiologickými výkony. Přejímá, kontroluje a ukládá léčivé přípravky, zdravotnické prostředky a manipuluje s nimi. Zajišťuje, aby lékařské ozáření nebylo v rozporu se zásadami radiační ochrany, vykonává činnosti při zajištění optimalizace radiační ochrany včetně zabezpečování jakosti. Vykonává činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany. Vykonává odborné činnosti v návaznosti na svou získanou způsobilost, vytváří statická hlášení, vede záznamy o průběhu radiologických výkonů. Dodržuje hygienicko-epidemiologický režim. Provádí opatření při řešení následků mimořádné události nebo krizové situace (Česko, 2011)

2.6 Obsah učiva klíčových předmětů

Předměty ze všech tří ročníků byly vybírány na základě jejich obsahu učiva. Při výběru předmětu bylo zásadní, aby se z větší části věnovali ionizujícímu záření.

Obsahem učiva radiologické fyziky a radiobiologie pro 1. ročník je stavba živé hmoty, buňka a její součásti, generační cyklus, vliv ionizujícího záření na jádro a buněčné orgány. Dále pak elektromagnetické záření, druhy a vlastnosti ionizujícího záření, interakce ionizujícího záření s hmotou, chemické a biochemické změny po ozáření, stochastické a deterministické účinky ionizujícího záření. Obsahem učiva je též radiosenzitivita, radiorezistence, molekulární účinky ionizujícího záření na buňku a zdroje ionizujícího záření. Předmět se dále zabývá nukleární medicínou, radioterapií, vnitřní a vnější kontaminací a následnou dekontaminací. Tomuto předmětu je v 1. ročníku věnováno 24 hodin přednáškám a 12 hodin cvičením.

V předmětu radiologická fyzika a dozimetrie se studenti 2. ročníku učí o jaderné a radiační fyzice včetně historického přehledu. Dalšími tématy jsou fyzikální veličiny v mikrosvětě a makrosvětě, teorie relativity, atom a jeho jádro, radioaktivita a interakce záření s látkou. Studenti se dále dozvídají o jaderných reakcích a aplikacích ionizujícího záření, Součástí studia jsou též základy dozimetrie včetně dozimetrických veličin v radiační ochraně a detekce ionizujícího záření. V tomto předmětu je rozsah hodin 22 na přednášky a 22 hodin je věnováno cvičením.

Radiační ochrana – zkouška způsobilosti se v závěrečném ročníku ve svých hodinách věnuje přírodním a umělým zdrojům ionizujícího záření, přirozené radioaktivitě, rozpadovým řadám, elektromagnetickému spektru, vzniku záření alfa, beta, gama a RTG. Předmět se dále věnuje základním veličinám a jednotkám radiační ochrany a interakci ionizujícího záření s biologickým materiálem. Dalším tématem jsou stochastické a deterministické účinky ionizujícího záření, vnitřní a vnější kontaminace radionuklidy, principy a cíle radiační ochrany včetně aplikace principů radiační ochrany v oblasti humánní medicíny. Dále pak optimalizace radiační ochrany, směrné hodnoty, systém limitů, metody ochrany před účinky ionizujícího záření, rizika spojená s nakládáním se zdroji záření u radiačních pracovníků a rizika spojená s RTG výkony u těhotných žen a dětí. Cílem předmětu je též znát kategorizace zdrojů ionizujícího záření a pracovišť se zdroji ionizujícího záření, kontrolovaná a sledovaná pásma, kategorizace radiačních pracovníků a v neposlední řadě

podrobnosti podmínek lékařského ozáření. Rozsah hodin je v předmětu radiační ochrana – zkouška způsobilosti 44.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 Metodologie výzkumného šetření

Výzkumné šetření bylo prováděno u studentů 1.– 3. ročníku oboru Radiologický asistent studujících na fakultě zdravotnických studií Univerzity Pardubice. Studentům byl na začátku zimního semestru a poté na začátku letního semestru podán stejný znalostní dotazník. Tento kvantitativní dotazník měl za úkol zjistit rozdíl ve znalostech o ionizujícím záření. Dotazník byl nestandardizovaný vlastní tvorby a rozeslán elektronickou formou. Sběr dat probíhal v akademickém roce 2020/2021. Výzkumu se na začátku zimního semestru zúčastnilo 17 studentů 1. ročníku. Z důvodu nevyplněných odpovědí byl jeden dotazník vyřazen z výzkumného šetření. Konečný počet respondentů byl tedy 16. V letním semestru se zúčastnilo 16 studentů 1. ročníku. Na začátku zimního semestru vyplnilo dotazník 32 studentů 2. ročníku. Pro chybějící odpovědi byly 4 vyřazeny a konečný počet respondentů byl 28. V letním semestru se zúčastnilo 26 studentů tohoto ročníku. Ve 3. ročníku se začátkem zimního semestru zúčastnilo 24 respondentů, přičemž jeden dotazník byl vyřazen. Respondentů bylo v konečném počtu 23. V letním semestru vyplnilo dotazník 24 studentů posledního ročníku, vyřazen byl jeden a konečný počet byl tedy 23.

Dotazníkový průzkum obsahuje vědomostní otázky o ionizujícím záření, které byly vybrány na základě obsahu učiva tří klíčových předmětů, a které se vyučují v zimním semestru. Pro studenty prvního ročníku je to Radiologická fyzika a radiobiologie. Pro studenty 2. ročníku Radiologická fyzika a dozimetrie a pro studenty 3. ročníku Radiační ochrana – zkouška způsobilosti. Z každé kapitoly v teoretické části práci byl vybrán náhodný počet otázek. Otázky se ptají pouze na informace, které kapitoly obsahují.

Dotazník byl vytvořen v systému moodle a rozeslán elektronickou formou. Vzhledem k pandemii COVID-19 nebylo možné tento dotazník rozdávat a následně vybírat osobně. Doba pro vyplnění dotazníku byla proto omezena na 10 minut a bylo též přidáno zabezpečení prohlížeče před vyhledáváním na internetu během vyplňování odpovědí. Tato omezení byla vybrána proto, aby se předcházelo podvádění, které by znehodnotovalo získané výsledky. Studenti byli také informováni, že se nejedná o hodnocený dotazník (nebyl součástí zakončení předmětu) a slouží pro zjištění stavu znalostí, proto není důvod vyhledávat správné odpovědi. Dotazník obsahuje 20 otázek. Získaná data jsou zaznamenána do grafů pomocí Microsoft Excel. Správná otázka je vždy tučně označená a v grafu je

příslušný sloupec červeně ohraničen. Modrá barva sloupce náleží 1. ročníku, oranžová 2. a šedá 3. ročníku. U každého grafu je uvedeno slovní hodnocení.

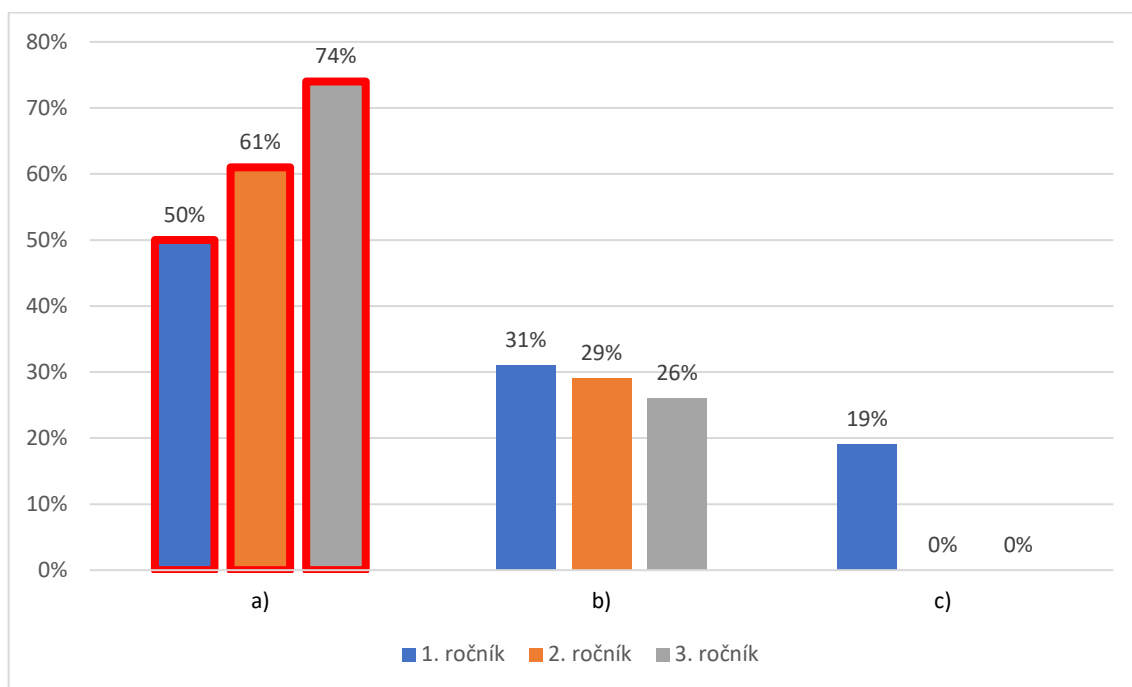
3.2 Průzkumné otázky

1. Dojde ke zlepšení znalostí studentů 1.-3. ročníku oboru Radiologický asistent v oblasti ionizujícího záření
2. Jaký je vliv předmětu Radiologická fyzika a radiobiologie na znalosti studentů v zimním semestru 1. ročníku.
3. Jaký je vliv předmětu Radiologická fyzika a dozimetrie na znalosti studentů v zimním semestru 2. ročníku.
4. Jaký je vliv předmětu Radiační ochrana – zkouška způsobilosti na znalosti studentů v zimním semestru 3. ročníku.

Výsledky znalostního dotazníku

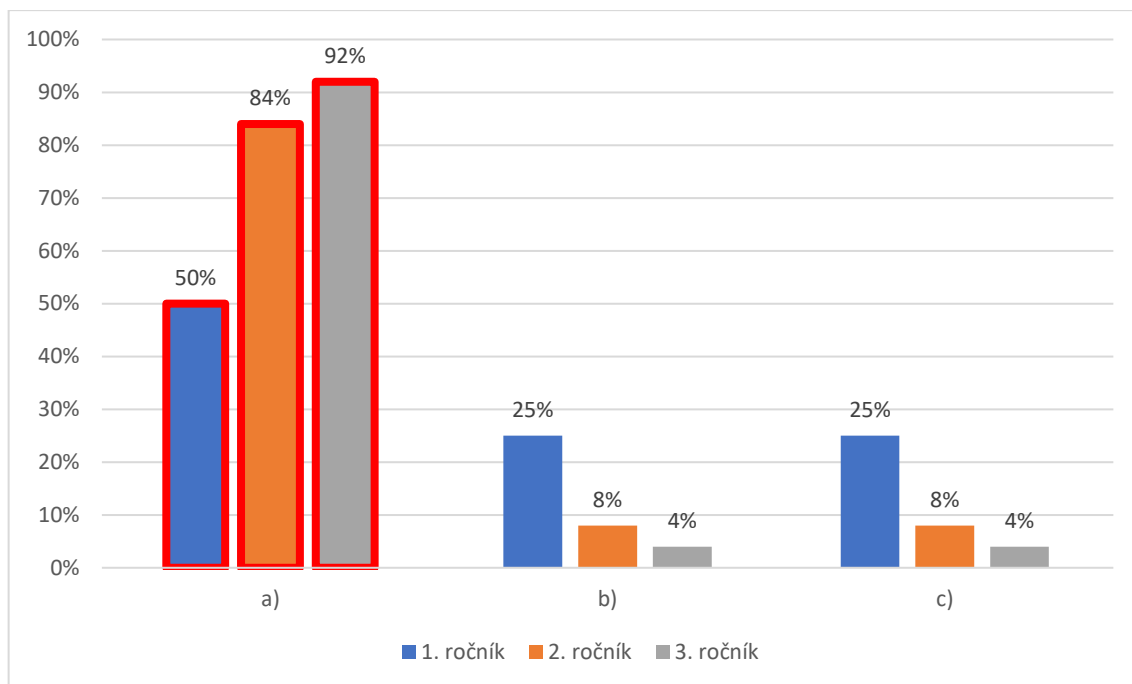
Otázka č. 1: Co je to ionizující záření?

- a) ionizující záření je takové záření, které má dostatečnou energii na to, aby bylo schopno ionizovat atomy a molekuly
- b) ionizující záření je takové záření, které má dostatečnou energii excitovat částice v atomech a molekulách
- c) ionizující záření je takové záření, které při interakci nevyvolává změny v atomech a molekulách



Obrázek 1: co je to ionizující záření (zimní semestr)

Otázka č. 1 měla za cíl zjistit obecnou znalost o ionizujícím záření (co je to ionizující záření). Z odpovědí znázorněných v grafu (Obrázek 1) je vidět, že 50 % studentů z prvního ročníku odpovědělo správně, a to odpověď a). Studentů druhého ročníku, kteří odpověděli správně, bylo 61 % a studentů třetího ročníku správně odpovědělo 74 %. Na tomto grafu je patrný očekávaný vzrůstající trend s vyšším ročníkem a zároveň klesající trend frekvence odpovědi u chybné možnosti.



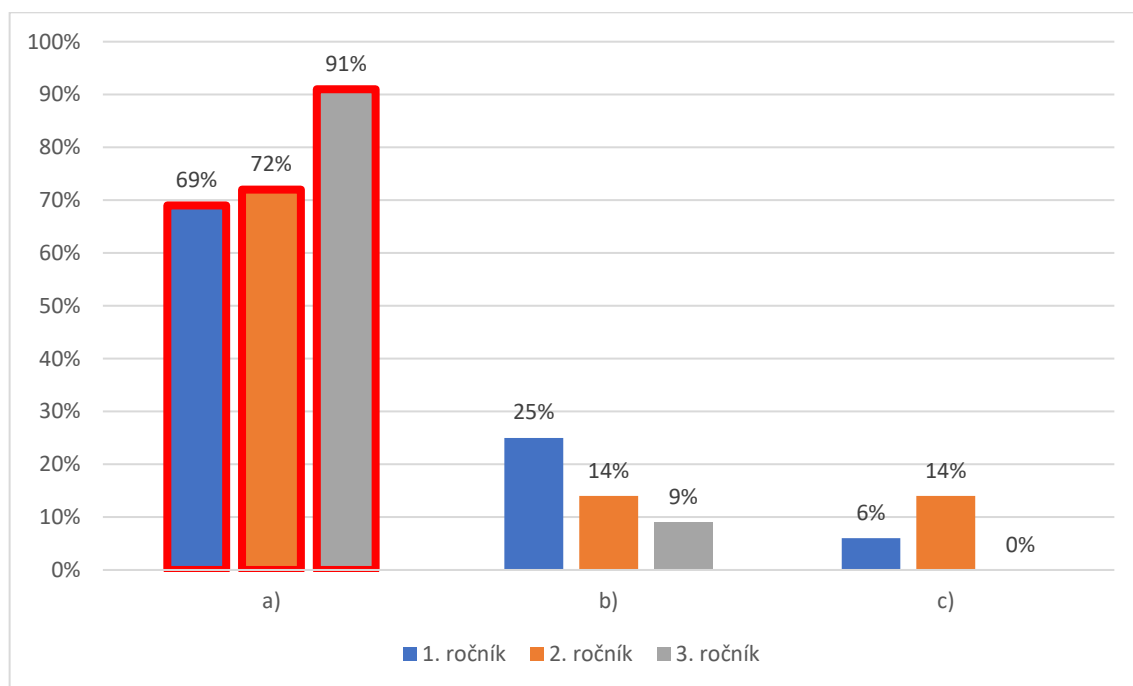
Obrázek 2: Co je to ionizující záření (letní semestr)

Na tomto druhém grafu lze vidět, že 38 % studentů prvního ročníku, zvolilo správně možnost a). Studentů druhého ročníku, kteří zvolili správnou odpověď bylo 61 % a studentů posledního ročníku bylo taktéž 61 %.

Z grafu s daty ze začátku letního semestru, je patrný, že vliv předmětu Radiologická fyzika a radiobiologie nebyl dostatečný na to, aby se výsledky studentů prvního ročníku zlepšily. Naopak došlo ke zhoršení, které si nedokáží vysvětlit, jelikož se tento předmět zásadně zabývá ionizujícím zářením. Na odpovědi druhého ročníku neměl stěžejní předmět Radiologická fyzika a dozimetrie žádný vliv. Nedošlo tedy ke zhoršení, ani ke zlepšení. U třetího ročníku lze z grafu vyzorovat mírné zhoršení, které může být způsobeno výraznější přípravou na závěrečné zkoušky, než na předmět Radiační ochrana – zkouška způsobilosti, či možná absence přímé definice ionizujícího záření v obsahu daného předmětu. V tomto případě není rozdíl mezi druhým a třetím ročníkem, jako tomu bylo u předchozího grafu.

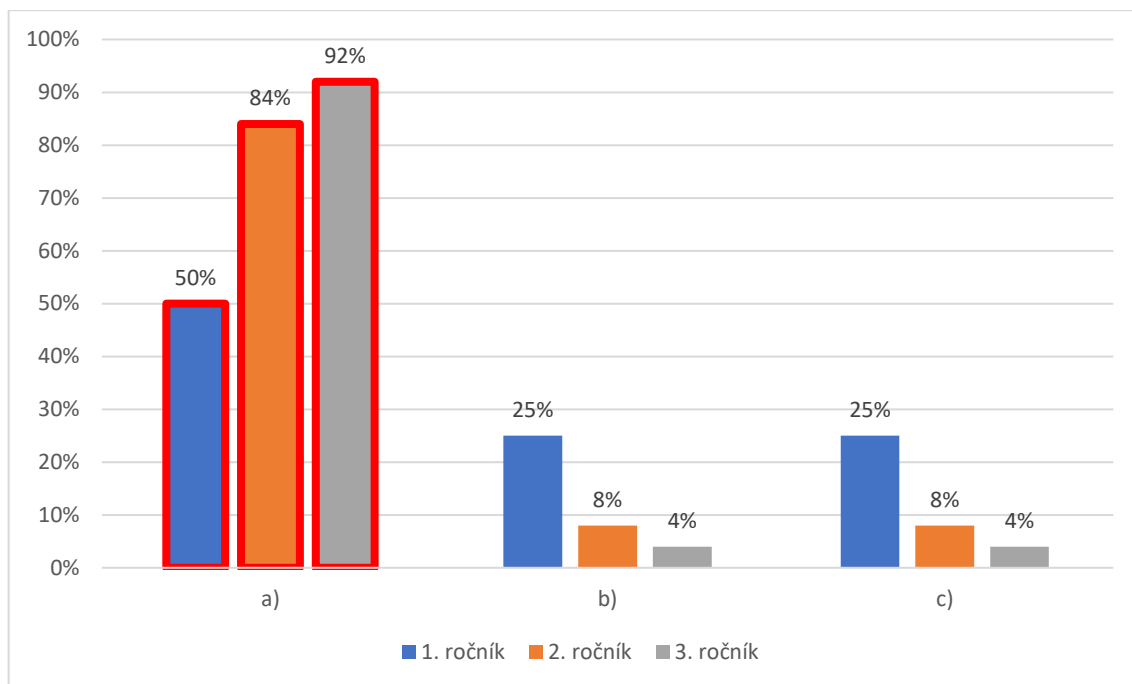
Otázka č. 2: Do přímo ionizujícího záření patří:

- a) alfa částice, beta částice, protony, elektrony
- b) alfa částice, beta částice, fotony, neutrony
- c) fotony, neutrony a záření gama



Obrázek 3: přímo ionizující záření (zimní semestr)

Cílem otázky č. 2 bylo zjistit, zda studenti vědí, která z uvedených možností patří do přímo ionizujícího záření. Správnou odpověď a) zvolilo 69 % studentů prvního ročníku. Studentů druhého ročníku, kteří odpověděli správně, bylo 72 % a studentů třetího ročníku odpovědělo správně 91 %. Správné odpovědi u prvního a druhého ročníku se procentuálně příliš neliší, kdežto odpovědi třetího ročníku byly dle očekávání neúspěšnější.



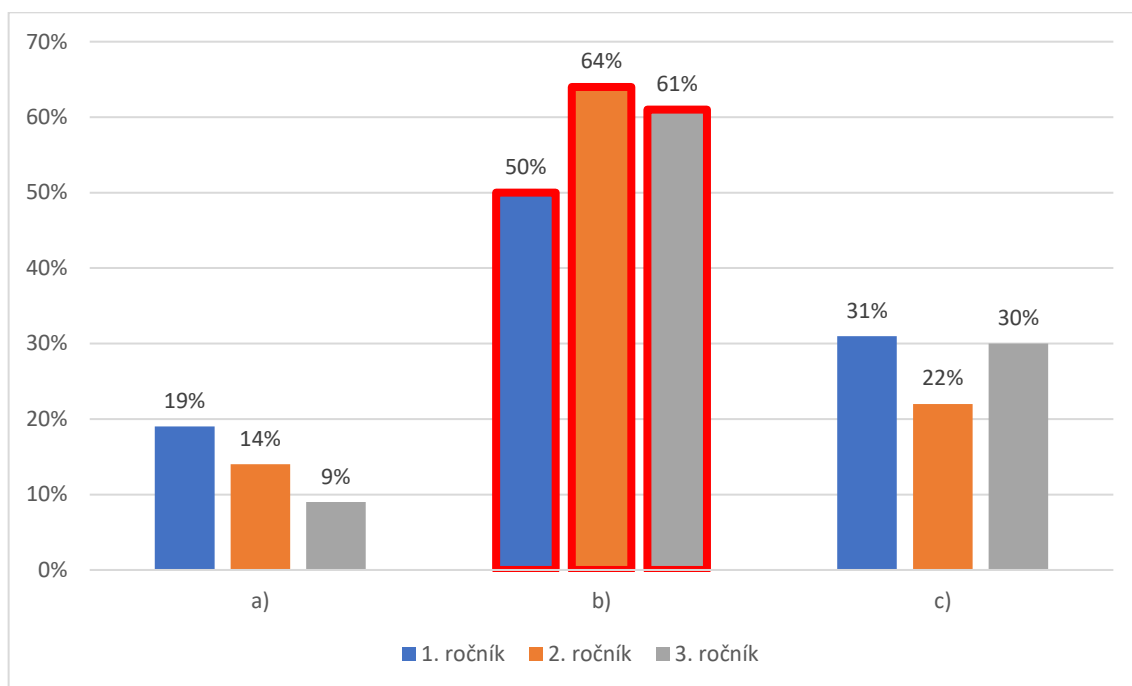
Obrázek 4: přímo ionizující záření (letní semestr)

Z druhého grafu vyplývá, že správnou odpověď, možnost a), zvolilo 50 % studentů prvního ročníku. Možnost a) zvolilo 84 % studentů druhého ročníku a 92 % studentů ročníku třetího.

Z tohoto grafu je možné vypožorovat zhoršení odpovědí prvního ročníku. Lze předpokládat, že studenti na začátku letního semestru měli štěstí v tipování, jelikož jim v té době ještě nezačala výuka. Předmět Radiologická fyzika a radiobiologie zjevně neměl dostatečný dosah na to, aby došlo u studentů ke zlepšení, nebo si alespoň udrželi původní úroveň správných odpovědí. Předmět Radiologická fyzika a dozimetrie u druhého ročníku, stejně jako předmět Radiační ochrana – zkouška způsobilosti u třetího ročníku, měly dle grafu pozitivní dopad na zvýšení správných odpovědí. Rozdíly mezi ročníky dopadly dle očekávání.

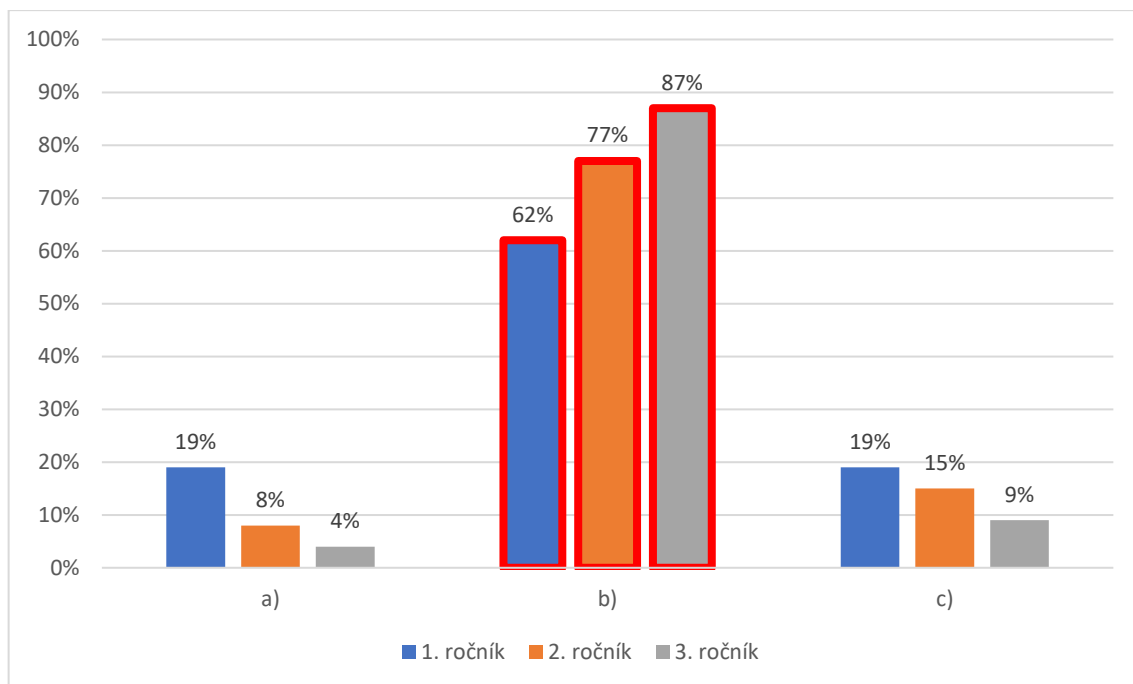
Otázka č. 3: Do nepřímo ionizujícího záření patří:

- a) alfa částice, beta částice, gama záření
- b) fotony, neutrony, gama záření, RTG záření**
- c) neutrony, fotony a elektrony



Obrázek 5: nepřímo ionizující záření (zimní semestr)

Otázka č. 3 je zaměřena na znalosti studentů o nepřímo ionizujícím záření. Ze získaných výsledků, které jsou v grafu patrné vyplívá, že správnou odpověď b) znalo 50 % dotazovaných v prvním ročníku. Odpověď b) zvolilo taktéž 64 % dotazovaných z druhého ročníku a 61 % ze třetího. Zde na tomto grafu je patrné, že studenti druhého ročníku odpovídali nejlépe.



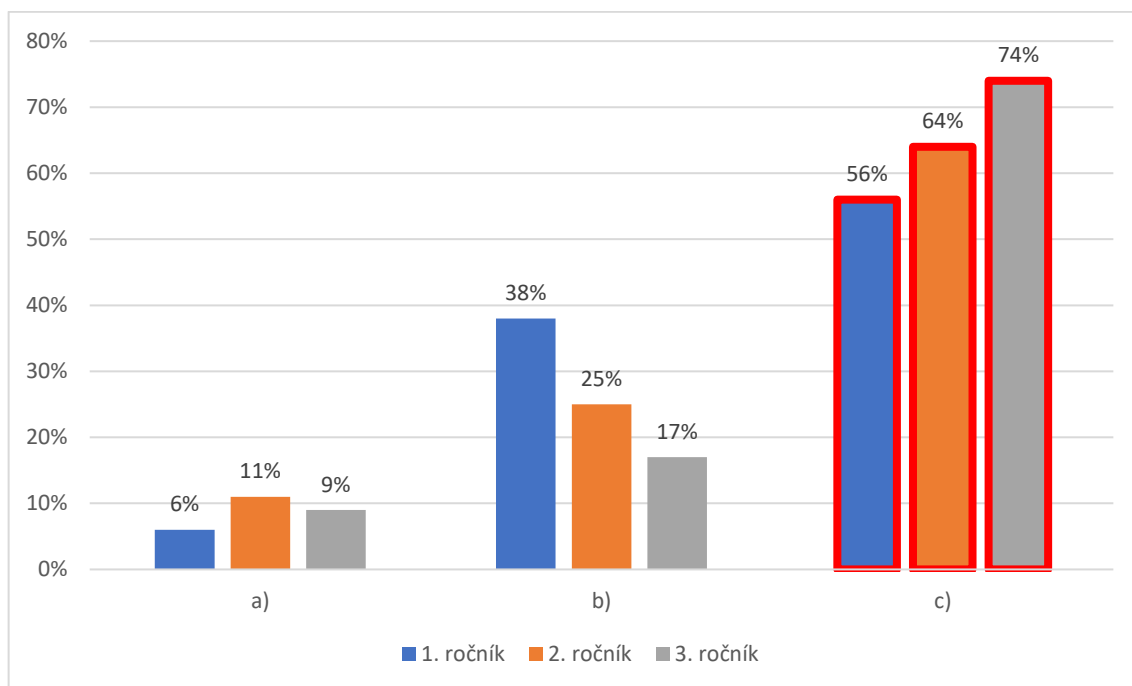
Obrázek 6: nepřímo ionizující záření (letní semestr)

Z výsledků grafu vyplývá, že 62 % respondentů prvního ročníku zvolilo možnost b). Tutéž správnou možnost zvolilo 77 % respondentů druhého ročníku a 87 % respondentů třetího ročníku.

Při srovnání grafu s daty ze začátku zimního semestru a grafu s daty ze začátku letního semestru lze usoudit, že měly klíčové předměty vliv na volbu odpovědí. Na tomto grafu je patrný očekávaný vzrůstající trend s vyšším ročníkem a zároveň klesající trend frekvence odpovědi u chybné odpovědi.

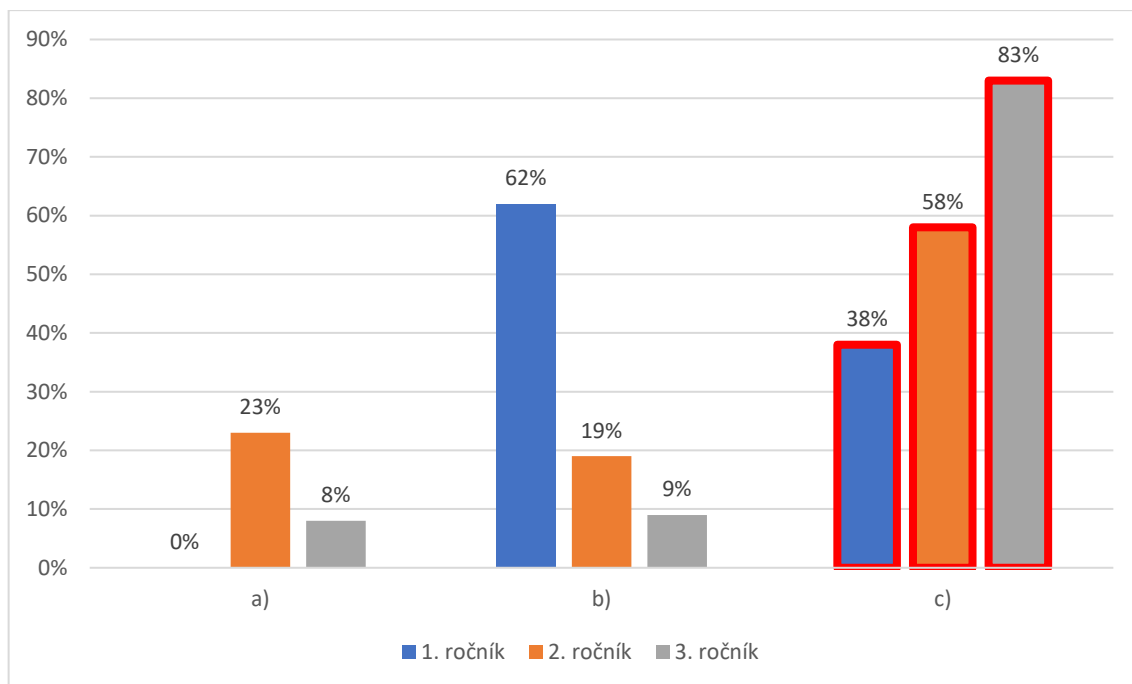
Otázka č. 4: Člověk je vystavený ionizujícímu záření:

- a) výhradně jen z umělých zdrojů, a ne z přírodních zdrojů
- b) rovnoměrně z umělých zdrojů, jako i z přírodních zdrojů
- c) převážně z přírodních zdrojů více, než z umělých zdrojů



Obrázek 7: vystavení člověka ionizujícímu záření (zimní semestr)

Tato otázka zjišťovala, zda mají studenti povědomí o tom, z jakých zdrojů a v jaké míře je člověk vystavený ionizujícímu záření. Ze sta procent dotázaných studentů prvního ročníku odpovědělo 56 % správně. Správnou možnost c) zvolilo 64 % studentů druhého ročníku a tuto možnost zvolilo též 74 % studentů třetího ročníku. Získaná data v grafu odpovídají předpokladům, že se výsledky budou zlepšovat s vyšším ročníkem.



Obrázek 8: vystavení člověka ionizujícímu záření (letní semestr)

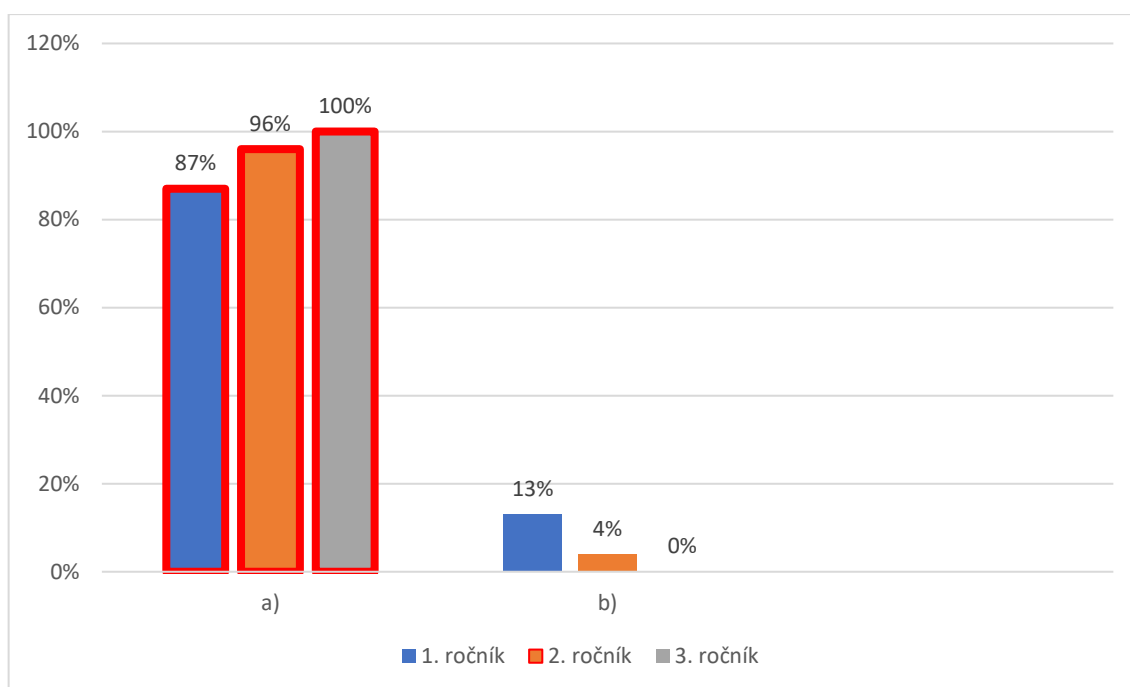
Na tomto následujícím grafu je patrné, že dotazovaných studentů prvního ročníku, kteří odpověděli správně je 38 %. Studentů druhého ročníku, kteří označili správnou odpověď c) je 58 % a třetího 83 %.

V tomto případě si lze všimnout poměrně výrazného zhoršení u prvního ročníku. V porovnání s předchozím grafem se zvýšila četnost odpovědí u nesprávné možnosti b). Tuto nesprávnou volbu odpovědi si nedokážu vysvětlit. Též si nedokážu vysvětlit zhoršení u druhého ročníku, kdežto u třetího ročníku je zlepšení očekávané, jelikož v předmětu Radiační ochrana – zkouška způsobilosti bylo toto téma nedílnou součástí. Ačkoliv byly výsledky překvapující, na předpokládané zlepšení se zvyšujícím se ročníkem to nemělo vliv.

Otázka č. 5: Může se ^{222}Rn koncentrovat v podloží domu a následně do domu pronikat?

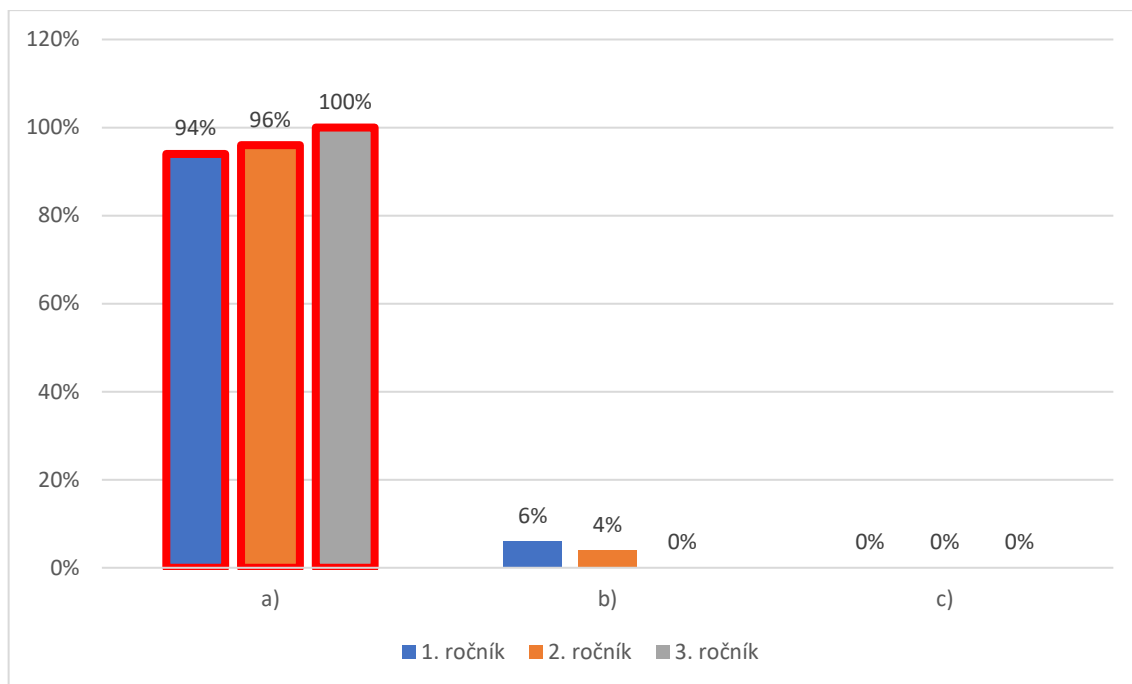
a) ANO

b) NE



Obrázek 9: Pronikání ^{222}Rn do domu (zimní semestr)

Účelem otázky č. 5 bylo zjistit, zda si jsou studenti vědomi toho, že se ^{222}Rn může koncentrovat v podloží domu a následně do domu pronikat. Správnou odpověď a) vybralo 87 % dotazovaných z prvního ročníku, 96 % dotazovaných z druhého ročníku a celých 100 % z ročníku třetího. Z uvedeného grafu je patrné, že mezi odpověďmi všech tří ročníků není zásadní rozdíl, avšak i v tomto případě roste četnost správných odpovědí s vyšším ročníkem.



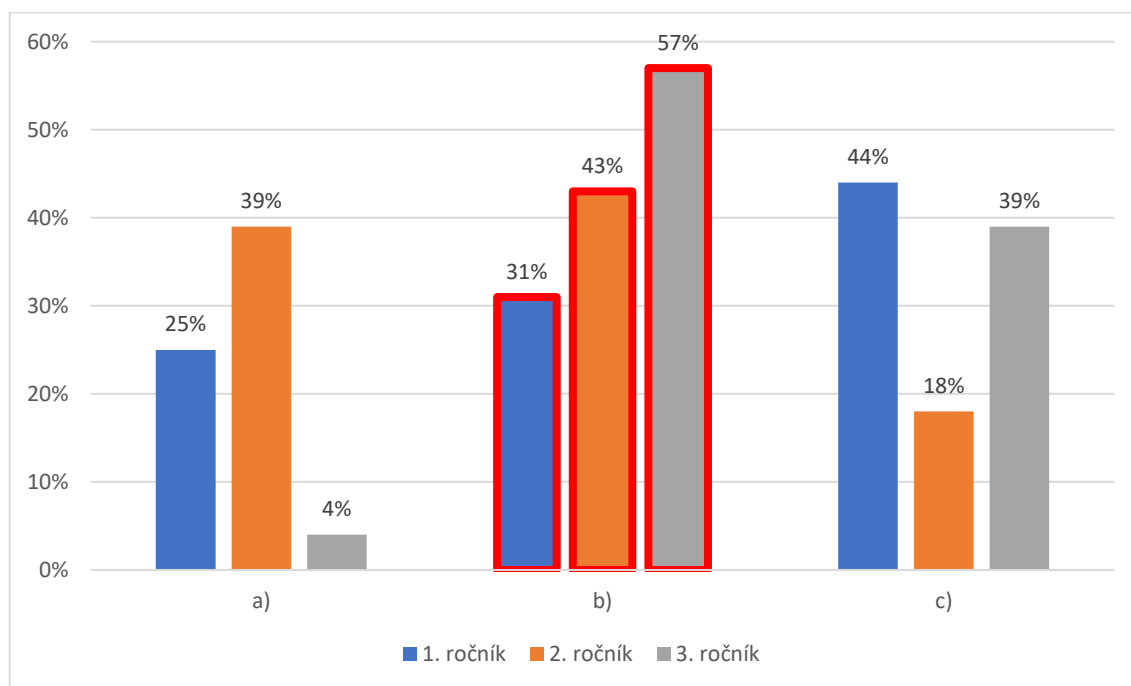
Obrázek 10: Pronikání 222Rn do domu (letní semestr)

Dle tohoto grafu je patrné, že dotazovaní studenti prvního ročníku zvolili jako správnou odpověď možnost a), a to v 94 % případů. Správnou možnost a) vybralo též 96 % studentů druhého ročníku a 100 % studentů závěrečného ročníku.

Z grafu je patrné, že u druhého a třetího ročníku není zaznamenán rozdíl v odpovědích. Tato skutečnost bude nejspíš dána tím, že se této problematice věnuje pozornost především v předmětu Radiologická fyzika a radiobiologie, který je vyučován v ročníku prvním. Nejspíš právě z tohoto důvodu došlo ke zlepšení u studentů prvního ročníku. V tomto případě, stejně jako u předchozího grafu (Obrázek 9), není velký rozdíl mezi prvním, druhým a třetím ročníkem, avšak je zde stále patrný očekávaný vzrůstající trend s vyšším ročníkem.

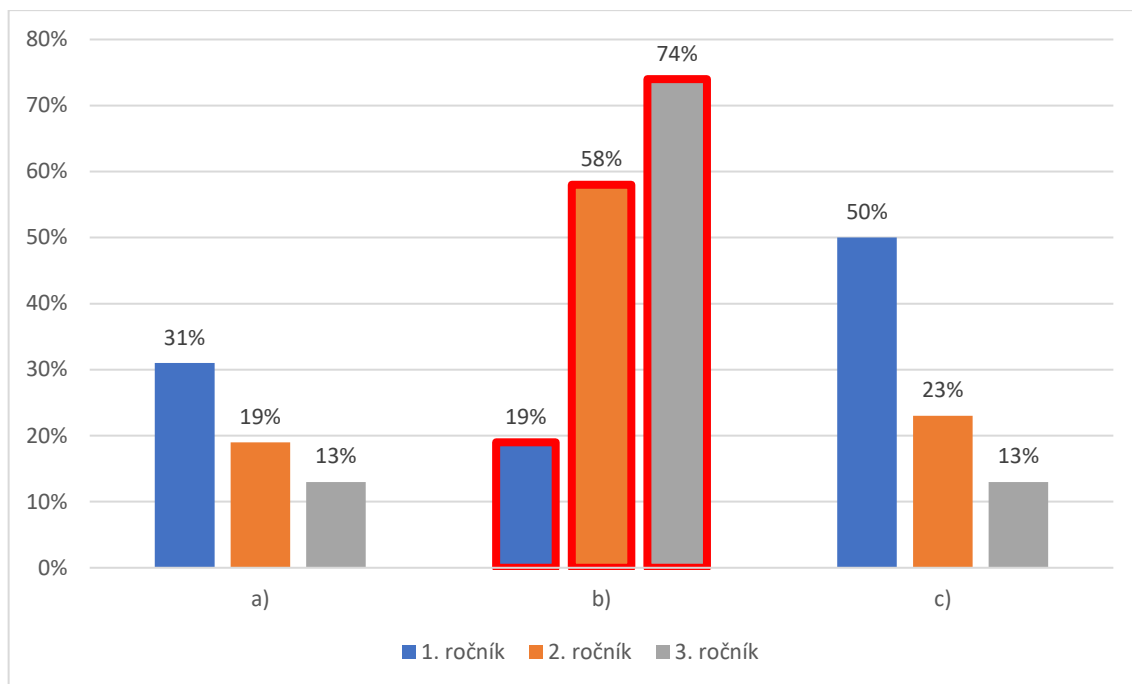
Otázka č. 6: Jaký je poločas rozpadu ^{222}Rn ?

- a) 6 hodin
- b) 3,8 dní**
- c) 12 let



Obrázek 11: Poločas rozpadu ^{222}Rn (zimní semestr)

Prostřednictvím této otázky se zjišťovalo, zda studenti vědí, jaký je poločas rozpadu ^{222}Rn . Graf znázorňuje, že správnou možnost b) 3,8 dní zvolilo 31 % respondentů z prvního ročníku. Mnohem více je zde zastoupená nesprávná odpověď c) 12 let. Respondentů druhého ročníku, kteří zvolili správnou odpověď bylo 43 %. Druhou nejčastěji zastoupenou možností, která byla ovšem nesprávná, zvolilo 39 % těchto respondentů. Respondenti třetího ročníku zvolili jako správnou odpověď možnost b), a to v 57 % případů. Přestože se odpovědi zlepšovali napříč ročníky, je zde stále zřejmé, že tato otázka dělala studentům potíže.



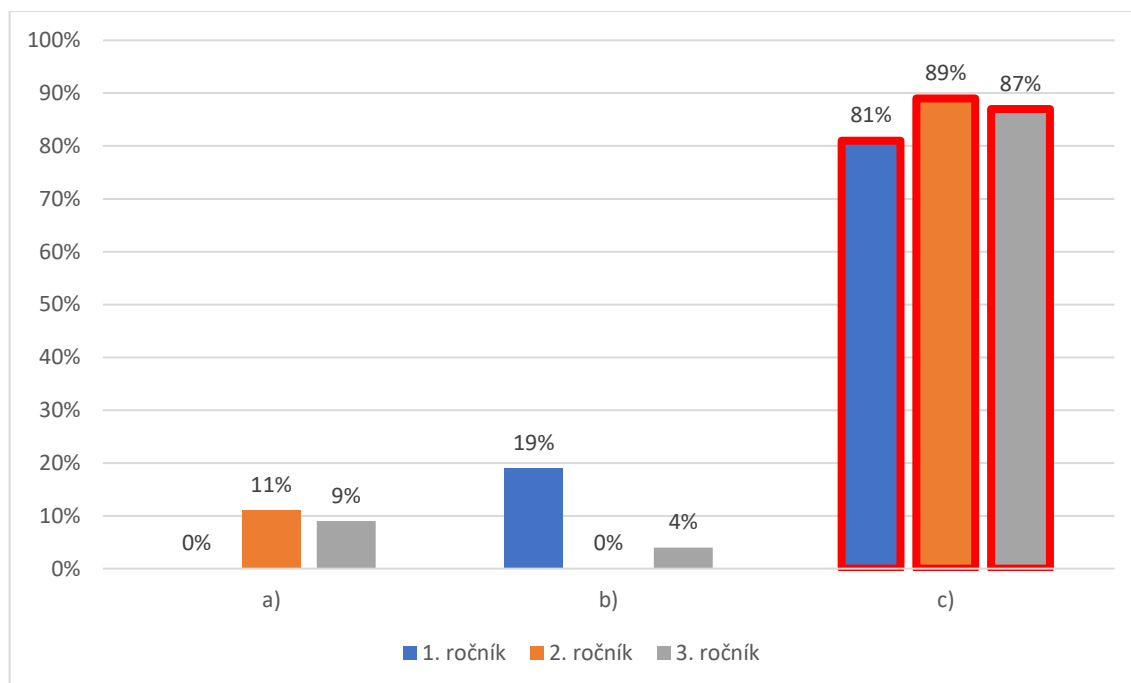
Obrázek 12: Poločas rozpadu ^{222}Rn (letní semestr)

Z výše uvedeného grafu vyplývá, že pouze 19 % respondentů prvního ročníku zvolilo správně možnost b). Mnohem více respondentů téhož ročníku zvolilo nesprávnou možnost c). Větší zastoupení má v tomto případě i nesprávná možnost a). Respondentů z druhého ročníku, kteří zvolili možnost b) bylo 58 % a respondentů třetího ročníku bylo 74 %.

Při porovnání grafu s daty ze začátku letního semestru (Obrázek 11) s grafem s daty ze začátku zimního semestru (Obrázek 12), je možné si povšimnout výrazného zlepšení u druhého a třetího ročníku. Dá se tedy předpokládat, že předmět Radiologická fyzika a dozimetrie přispěl ke zlepšení znalostí druhého ročníku, obdobně jako Radiační ochrana – zkouška způsobilosti u ročníku třetího. U prvního ročníku je možné zaznamenat významné zhoršení. Vzhledem k tomu, že toto téma je součástí předmětu Radiologická fyzika a radiobiologie jsem předpokládala, že právě u těchto studentů dojde ke zlepšení. Ačkoliv je dle mého názoru zhoršení prvního ročníku neadekvátní, stále je zde vidět rostoucí úroveň znalostí s vyšším ročníkem.

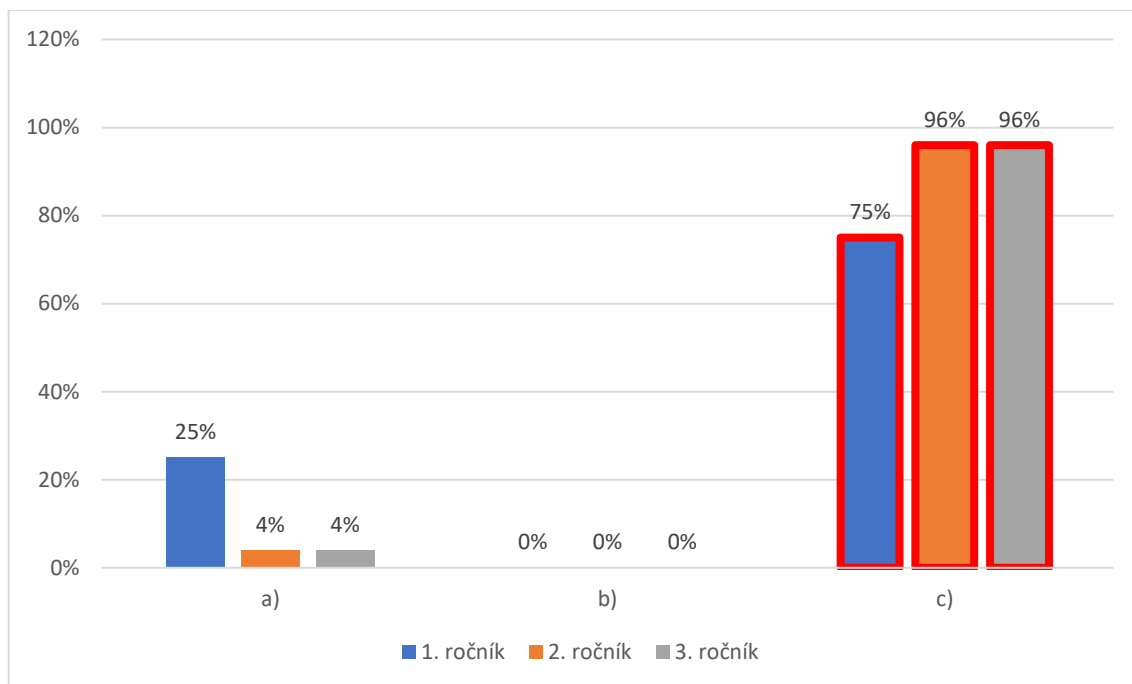
Otázka č. 7: Ve vyšší nadmořské výšce je expozice kosmického záření:

- a) stejná jako na zemi
- b) nižší než na zemi
- c) vyšší než na zemi



Obrázek 13: Expozice kosmického záření ve vyšší nadmořské výšce (zimní semestr)

Cílem otázky č. 7 bylo zjistit, zda studenti vědí, jaká je expozice kosmického záření ve vyšší nadmořské výšce vzhledem k zemi. 81 % studentů prvního ročníku zvolilo správnou možnost c). O něco úspěšnější byli studenti druhého ročníku, kterých bylo 89 %. Studenti třetího ročníku si oproti tomu druhému vedli nepatrně hůř. Správnou odpověď zvolilo 87 %.

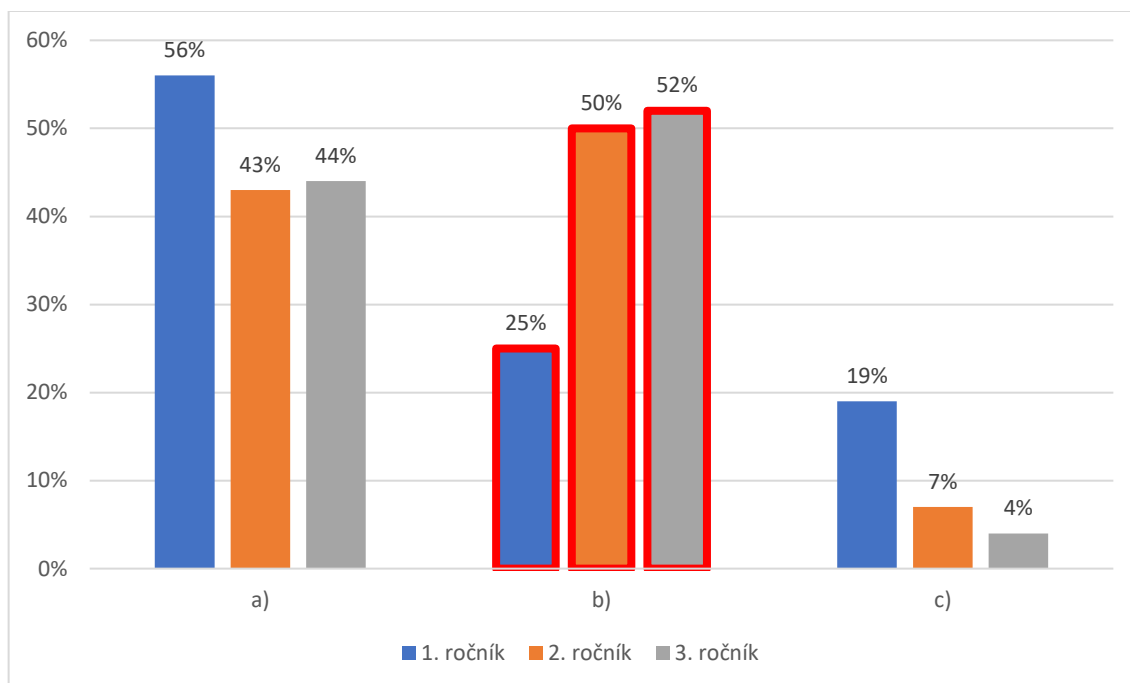


Obrázek 14: Expozice kosmického záření ve vyšší nadmořské výšce (letní semestr)

Tento druhý graf (Obrázek 14) znázorňuje, že správnou odpověď znalo 75 % studentů prvního ročníku. Došlo tedy k viditelnému zhoršení. Druhou nejvíce volenou odpovědí byla odpověď a), kterou zvolilo 25 % studentů téhož ročníku. Z předchozího grafu (Obrázek 13) lze vypožorovat, že původně druhá nejčastěji zastoupená odpověď byla odpověď b). Proč někteří studenti přehodnotili svoje odpovědi mi není zcela jasné. Naopak stěžejní předměty měly pro druhý a třetí ročník pozitivní přínos. Z uvedeného grafu je patrné, že znalosti druhého a třetího ročníku jsou v tomto případě totožné.

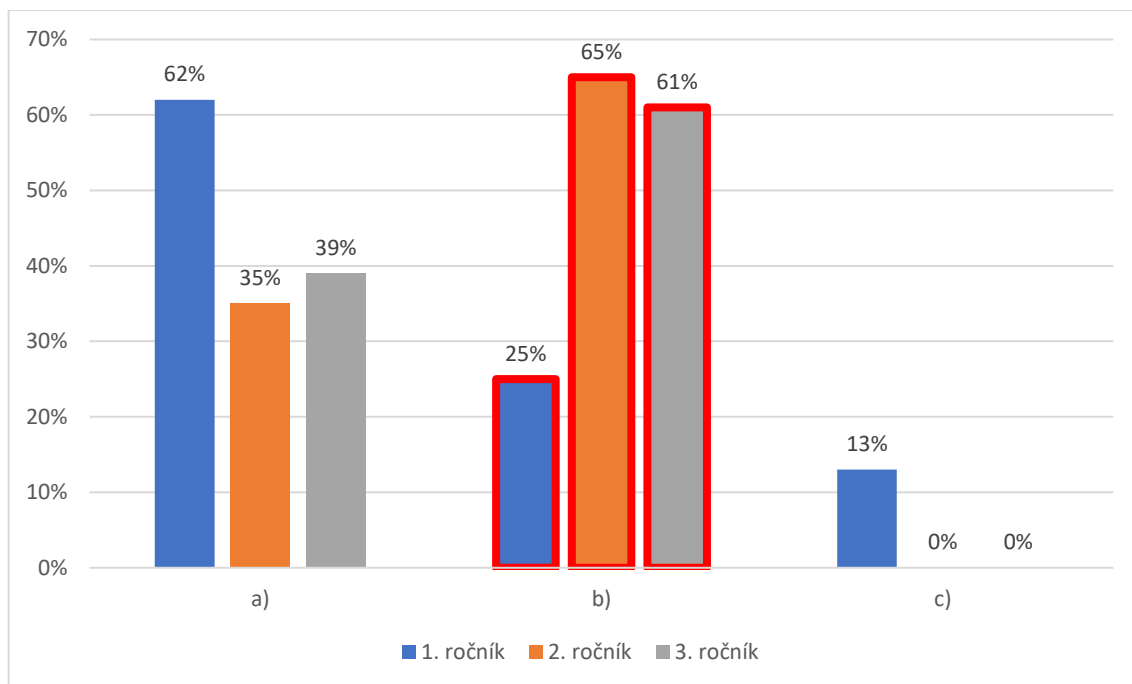
Otázka č. 8: Nejvýznamnější záření z umělých zdrojů pochází z:

- a) jaderných reaktorů
- b) lékařských zdrojů záření**
- c) průmyslového odvětví



Obrázek 15: Záření z umělých zdrojů (zimní semestr)

Otázka č. 8 zjišťovala, jestli studenti vědí, ze kterých umělých zdrojů je záření pro člověka nejvýznamnější. Tato otázka se ptá na záření vznikající za běžného provozu. 25 % studentů prvního ročníku odpovědělo správně. Více jak polovina těchto studentů si ale myslí, že nejvýznamnější záření pochází z jaderných reaktorů. Tato odpověď ovšem není správná. Pokud by došlo k např. jaderné havárii, měli by tyto studenti pravdu. Na tuto skutečnost se ovšem otázka neodkazuje. Rovných 50 % studentů druhého ročníku označilo správně odpověď b). Studentů třetího ročníku, kteří odpověděli správně bylo 52 %. Z výše uvedeného grafu je jasně vidět, že tato otázka dělala studentům všech tří ročníků velké problémy.



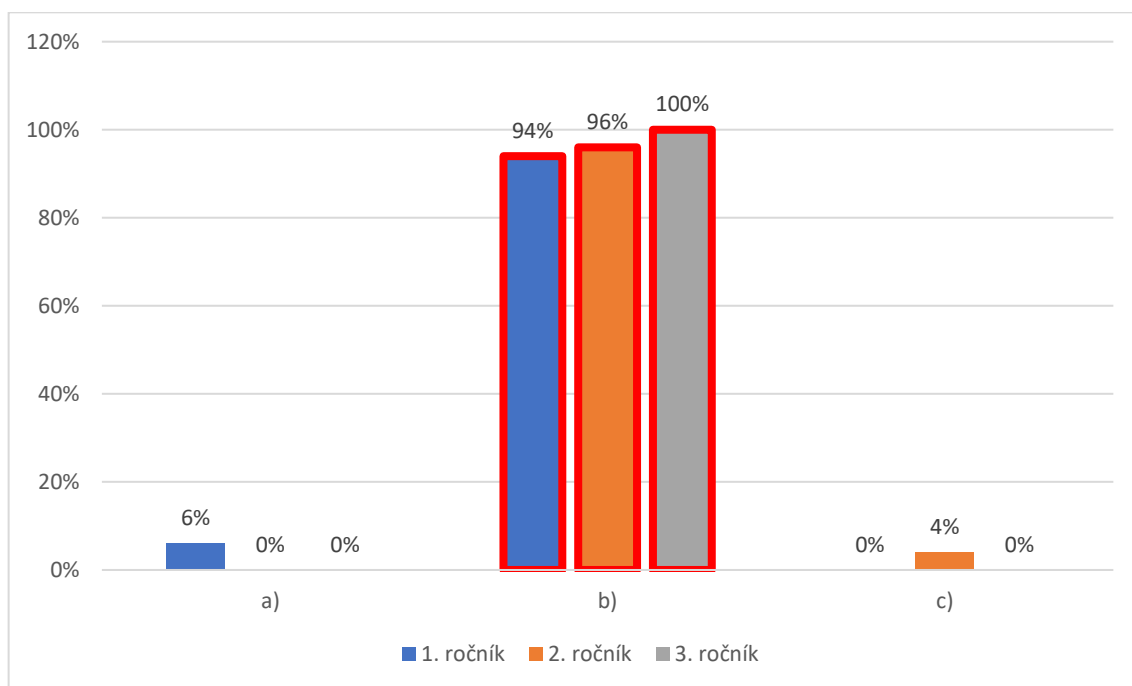
Obrázek 16: Záření z umělých zdrojů (letní semestr)

Z dat, které jsou uvedeny v tomto grafu je možné vidět, že 25 % studentů prvního ročníku odpovědělo správně. Ze 100 % studentů druhého ročníku jich správně odpovědělo 65 % a třetího ročníku 61 %.

Při porovnání obou grafů, vztahující se k této otázce je vidět, že studentů prvního ročníku, kteří odpověděli správně je rovněž 25 %. V tomto případě se mohlo jednat o nesprávné pochopení otázky či nedostatečná kvalita online výuky předmětu Radiologická fyzika a radiobiologie, ke které se muselo přistoupit z důvodu celosvětové pandemie Covidu-19. U druhého i třetího ročníku lze zaznamenat částečné zlepšení. Tyto výsledky však stále nejsou v souladu s mým očekáváním. Nejvýraznější zlepšení jsem zaznamenala u druhého ročníku, který tak překonal studenty z ročníku třetího, kteří absolvovali všechny tři klíčové předměty ze zimního semestru.

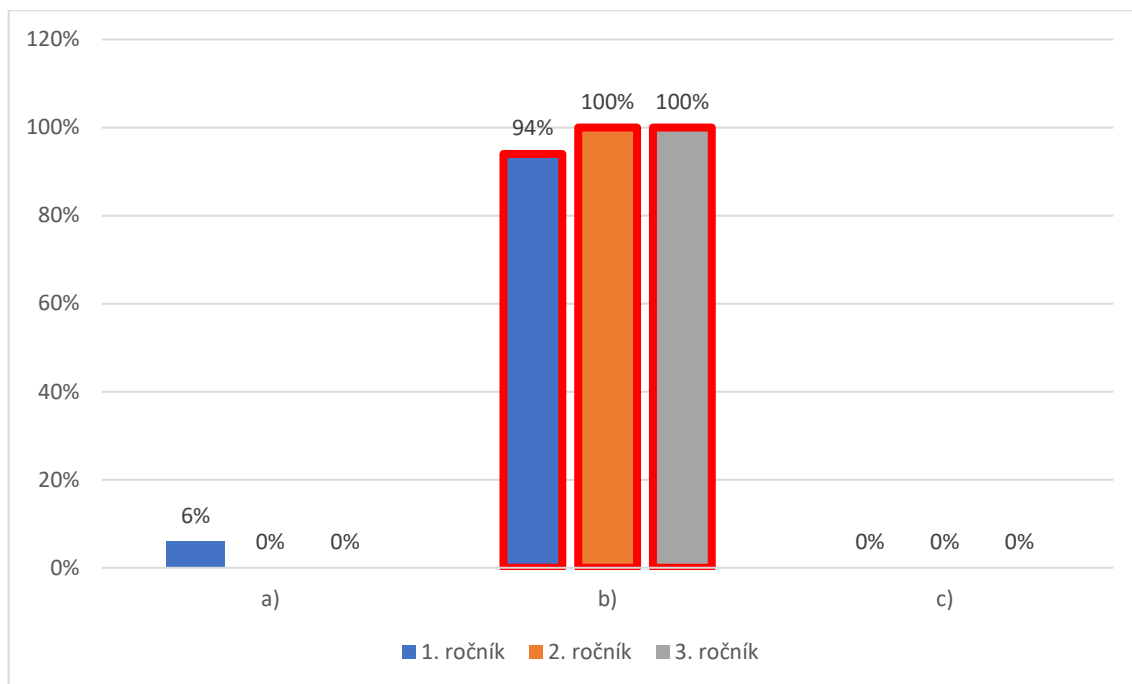
Otázka č. 9: Největší jaderná havárie se stala v:

- a) komplexu Majak, Sovětský svaz
- b) Černobilu, Sovětský svaz**
- c) Three Mile Island, Pensylvánie USA



Obrázek 17: Největší jaderná havárie (zimní semestr)

Prostřednictvím této otázky se zjišťovalo, zda respondenti vědí, kde se stala největší jaderná havárie na světě. Až 94 % respondentů prvního ročníku označilo možnost b), která je zároveň správnou odpovědí. Odpověď b) zvolilo rovněž 96 % respondentů druhého ročníku a celých 100 % respondentů třetího ročníku. Na tomto grafu je vidět nepatrné zlepšení s vyšším ročníkem.



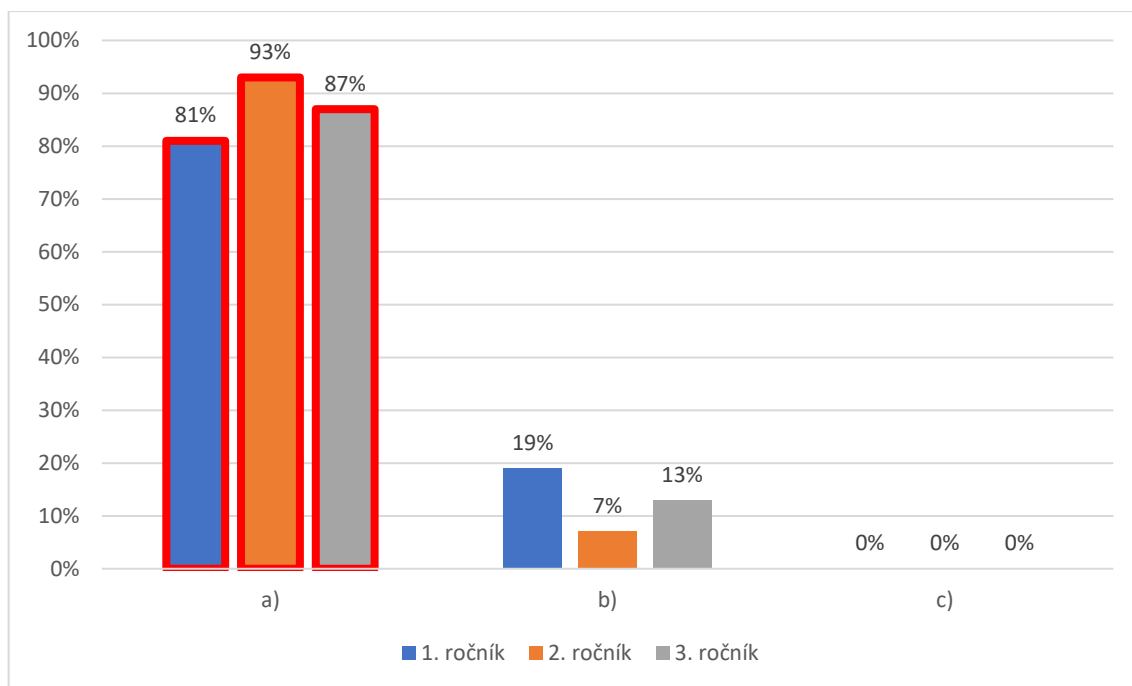
Obrázek 18: Největší jaderná havárie (letní semestr)

Z odpovědí znázorněných v grafu (Obrázek 18) je patrné, že u prvního ročníku nedošlo ke změně odpovědí. Na otázku odpovědělo správně 94 % respondentů jak na začátku zimního semestru, tak na začátku letního semestru. Z tohoto výsledku lze odhadnout, že předmět Radiologická fyzika a radiobiologie neměl zásadní vliv na odpovědi respondentů prvního ročníku. Studentů, kteří odpověděli správně bylo ve zbývajících dvou ročnících 100 %. Z těchto výsledků vyplývá, že znalosti získané ve vyšších ročnících nemají významný vliv na odpovědi respondentů.

Otázka č. 10: Deterministické účinky mají dávkový práh:

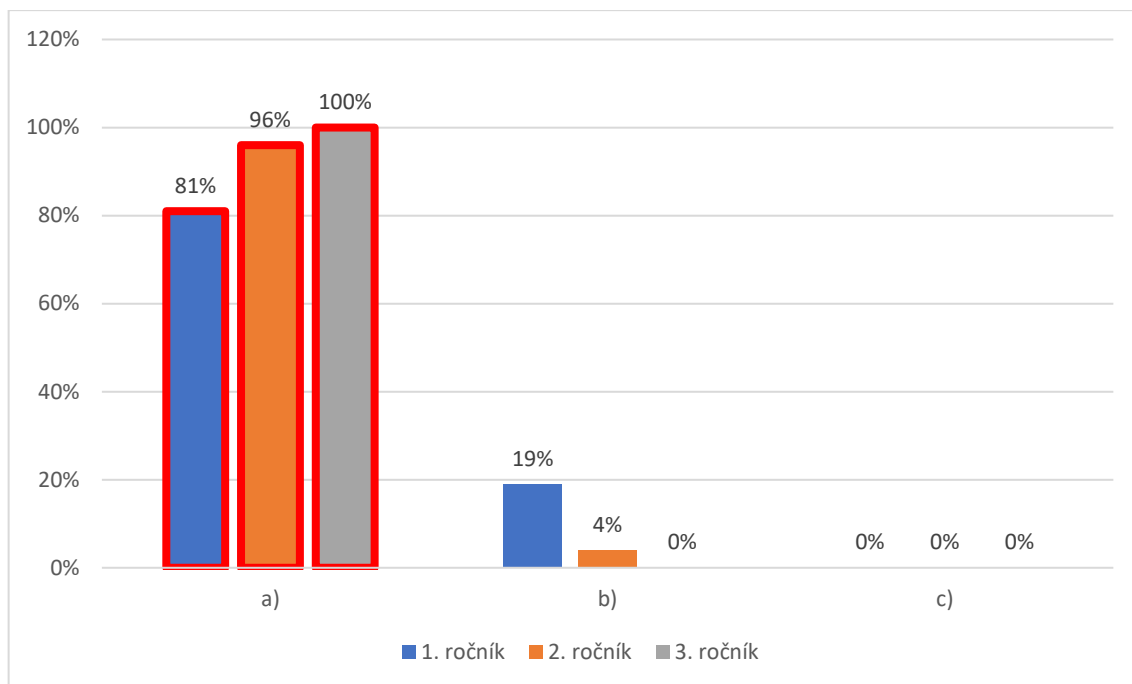
a) ANO

b) NE



Obrázek 19: Dávkový práh u deterministických účinků (zimní semestr)

Prostřednictvím otázky č. 10 bylo zjistit, zda mají deterministické účinky dávkový práh. Ze získaných výsledků znázorněných v grafu vyplývá, že 87 % studentů prvního ročníku zvolilo možnost a) ANO. Odpověď a) též zvolilo 96 % studentů druhého ročníku a rovných 100 % studentů třetího ročníku. U této otázky úspěšnost správných odpovědí rostla s vyšším ročníkem.

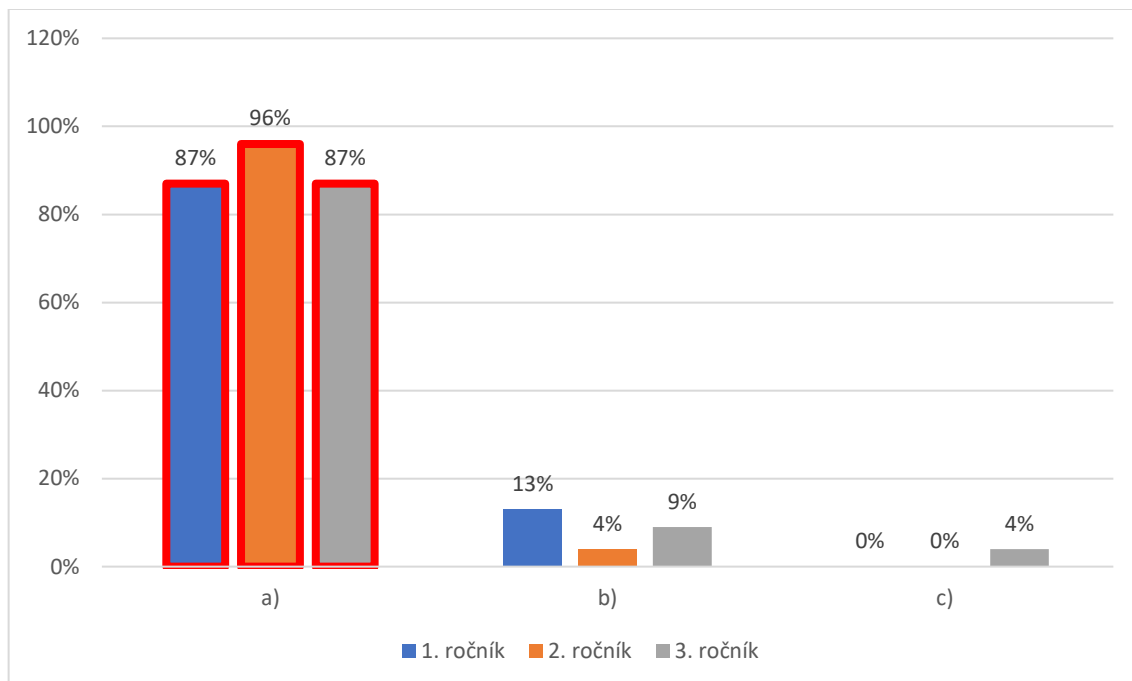


Obrázek 20: Dávkový práh u deterministických účinků (letní semestr)

Z následujícího druhého grafu vyplývá, že 94 % studentů prvního ročníku označilo jako správnou odpověď možnost a). Předmět Radiologická fyzika a radiobiologie měl tedy příznivý vliv na vědomosti těchto studentů. 96 % studentů druhého ročníku a 100 % studentů třetího ročníku zvolilo správně možnost a). U těchto dvou ročníků zůstali odpovědi neměnné. Předmět Radiologická fyzika a dozimetrie tedy neměl vliv na odpovědi studentů druhého ročníku a k možnému mírnému zlepšení nedošlo. Třetí ročník si zachoval kvalitu odpovědí stejnou jako na začátku zimního semestru.

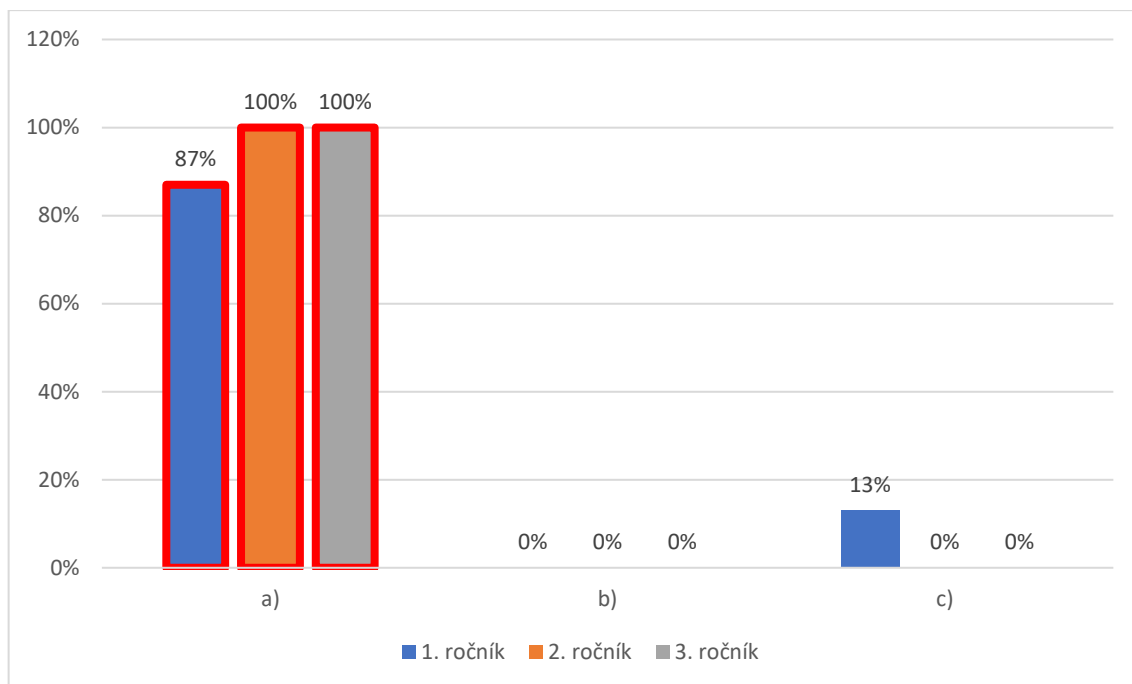
Otázka č. 11: Mezi charakteristické projevy deterministických účinků patří:

- a) akutní nemoc z ozáření
- b) nádorové onemocnění
- c) leukémie



Obrázek 21: Charakteristický projev deterministických účinků (zimní semestr)

Tato vědomostní otázka zkoumala povědomí studentů o charakteristických projevech deterministických účinků. Správnou odpověď a) akutní nemoc z ozáření vybralo 87 % studentů prvního ročníku. Rovněž možnost a) vybralo 96 % studentů druhého ročníku a 87 % studentů ročníku třetího. Z grafu je tedy patrné, že studenti prvního a druhého ročníku si vedli stejně. Tyto výsledky jsou velmi překvapující, jelikož neodpovídají mým předpokladům. Nejlepších výsledků dosáhli studenti druhého ročníku.

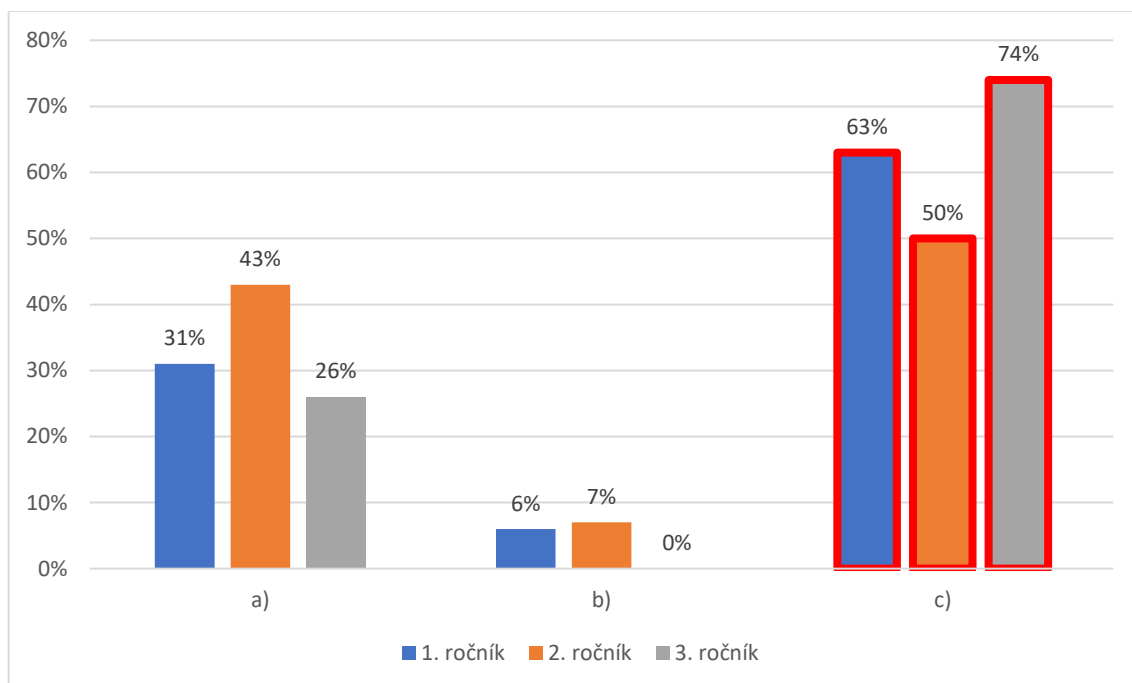


Obrázek 22: Charakteristický projev deterministických účinků (letní semestr)

Z následujícího grafu (Obrázek 22) je vidět, že správnou možnost a) zvolilo 87 % studentů prvního ročníku, 100 % studentů druhého ročníku a 100 % třetího. Rozhodující předmět pro první ročník tedy neměl dostatečnou váhu na to, aby se studenti ve svých odpovědích zlepšili. Tuto skutečnost mohla způsobit již zmiňovaná online forma výuky, jelikož je toto téma nedílnou součástí daného předmětu. Naopak zbývající dva ročníky zaznamenaly zlepšení, což pravděpodobně znamená, že rozhodující předměty měli pozitivní přínos pro zlepšení vědomostí.

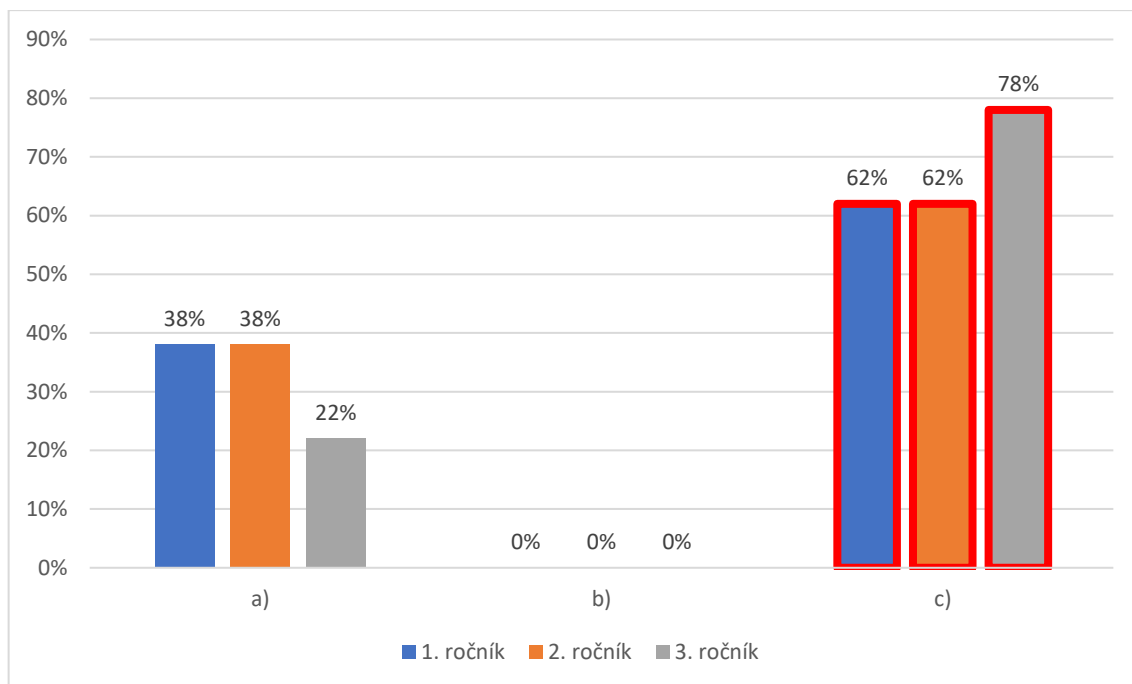
Otázka č. 12: Mezi nejcitlivější struktury na ionizující záření řadíme:

- a) spermatogonie a nervové buňky
- b) nervové buňky a svalová buňky
- c) hematopoetické tkáně a spermatogonie



Obrázek 23: Nejcitlivější struktury na ionizující záření (zimní semestr)

Tato otázka zjišťovala, které struktury se řadí mezi nejcitlivější na ionizující záření. Správně odpovědělo 63 % dotázaných z prvního ročníku, polovina studentů z druhého a 74 % z ročníku třetího. Na tomto grafu je překvapující, že první ročník dotazovaných studentů dosáhl lepších výsledků, a to i přes to, že na rozdíl od studentů z druhého ročníku v té době ještě neabsolvovali žádný z klíčových předmětů. Naopak studenti závěrečného ročníku dosáhli dle očekávání nejlepších výsledků.



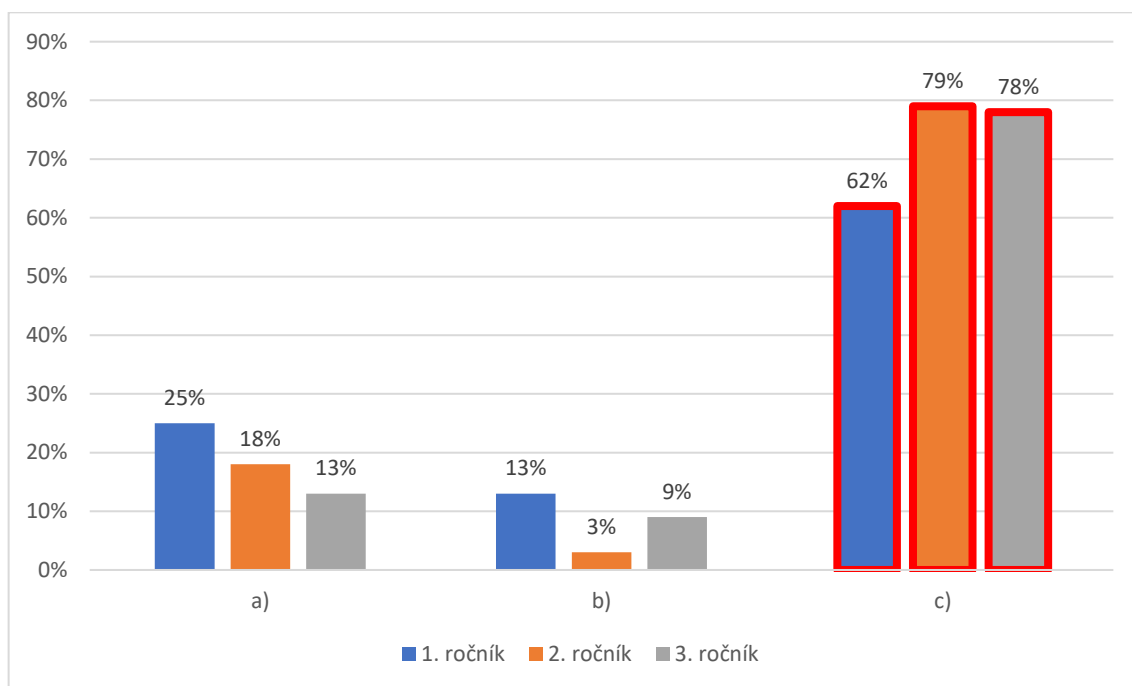
Obrázek 24: Nejcitlivější struktury na ionizující záření (letní semestr)

Z následujícího grafu (Obrázek 24) je možné vyzorovat, že respondenti začínajícího ročníku znali správnou odpověď v 62 % případů. Možnost c) hematopoetické tkáně a spermatogonie zvolilo též 62 % studentů druhého ročníku a 78 % studentů závěrečného ročníku.

Při srovnání prvního grafu (Obrázek 23) a druhého grafu (Obrázek 24) je patrné, že se studenti začínajícího ročníku nezlepšili ani po absolvování předmětu Radiologická fyzika a radiobiologie. Tato skutečnost může poukazovat na to, že online forma výuky pravděpodobně není plnohodnotnou náhradou za výuku prezenční. Tento předmět se však problematice pečlivě věnuje, a proto jsou tyto výsledky v rozporu s mým očekáváním. U studentů druhého ročníku lze zaznamenat zlepšení. Znamená to tedy, že měl předmět Radiologická fyzika a dozimetrie kladný dopad na úroveň znalostí těchto studentů. U studentů třetího ročníku došlo jen k nepatrnému zlepšení.

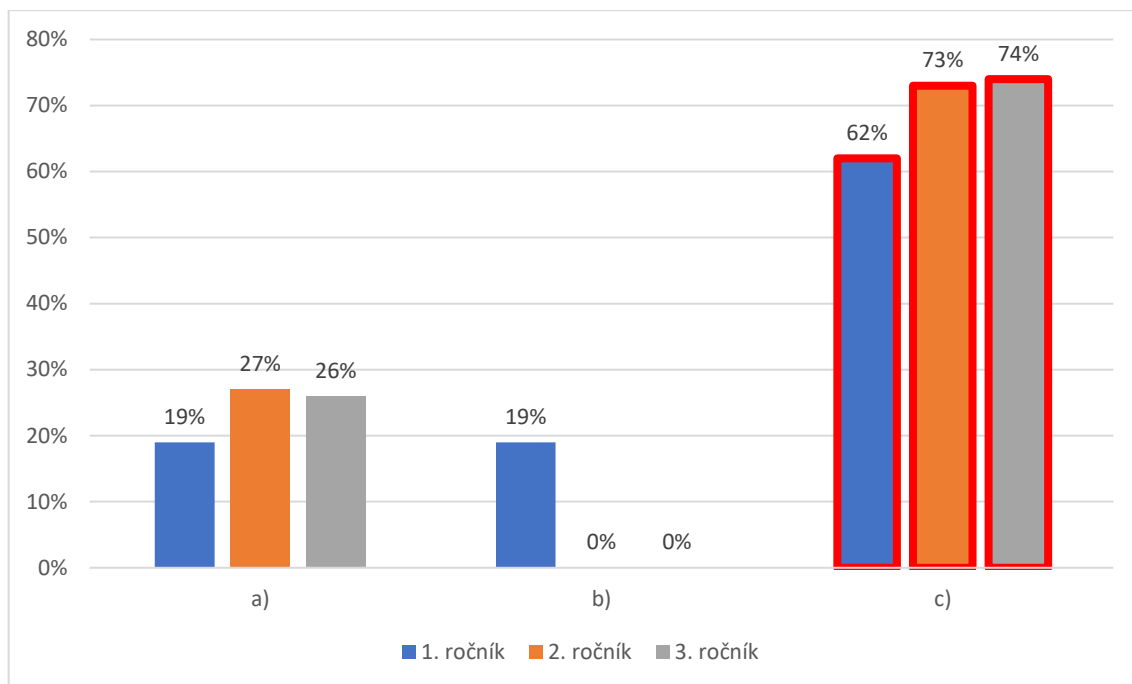
Otázka č. 13: U stochastických účinků:

- a) pravděpodobnost účinků nezávisí na velikosti absorbované dávky
- b) pravděpodobnost účinků klesá s rostoucí velikostí absorbované dávky
- c) pravděpodobnost účinků roste s rostoucí velikostí absorbované dávky**



Obrázek 25: Pravděpodobnost vzniku stochastických účinků v závislosti na velikosti absorbované dávky (zimní semestr)

Na otázku č.13 odpovědělo správně 62 % studentů prvního ročníku, 79 % studentů druhého ročníku a 78 % studentů závěrečného ročníku. Rozdíl ve znalostech studentů druhého a třetího ročníku byl tedy na začátku zimního semestru mizivý.



Obrázek 26: Pravděpodobnost vzniku stochastických účinků v závislosti na velikosti absorbované dávky (letní semestr)

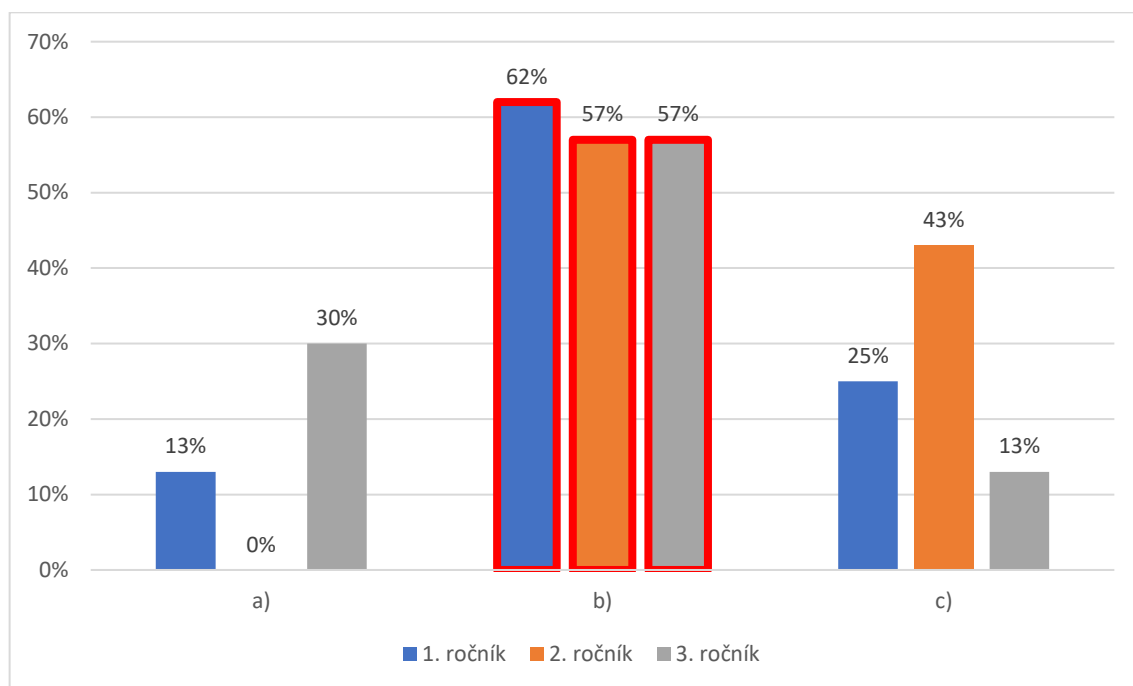
Výše uvedený graf znázorňuje, že správnou možnost c) zvolilo 62 % dotazovaných z prvního ročníku. Správnou odpověď znalo i 73 % dotazovaných z druhého ročníku a 74 % dotazovaných ze třetího závěrečného ročníku. Z těchto výsledků vyplývá, že žádný z hlavních předmětů neměl významný vliv na zlepšení znalostí studentů všech tří ročníků. Rozdíly ve znalostech studentů prvního, druhého a třetího ročníku zůstali prakticky neměnné. Z výsledků je možné usoudit, že v tomto případě neměl absolvovaný ročník významný vliv.

Otázka č. 14: Mezi stochastické účinky patří:

a) akutní lokalizované poškození

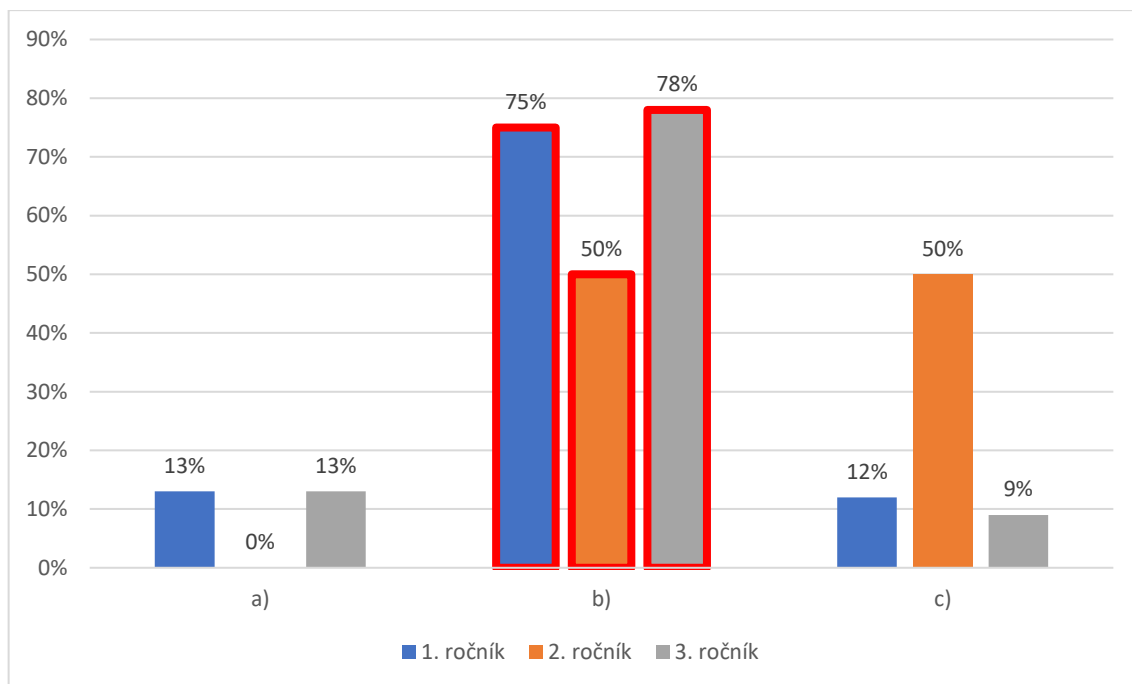
b) leukémie

c) poškození plodu *in utero*



Obrázek 27: Stochastické účinky (zimní semestr)

Cílem otázky č. 14 bylo zjistit, zda studenti vědí, která z uvedených možností patří mezi stochastické účinky. 62 % studentů prvního ročníku uvedlo jako správnou odpověď možnost b). Tutéž správnou možnost zvolilo i 57 % studentů druhého ročníku a 57 % studentů posledního ročníku. Tyto výsledky zcela neodpovídají veškerým předpokladům.



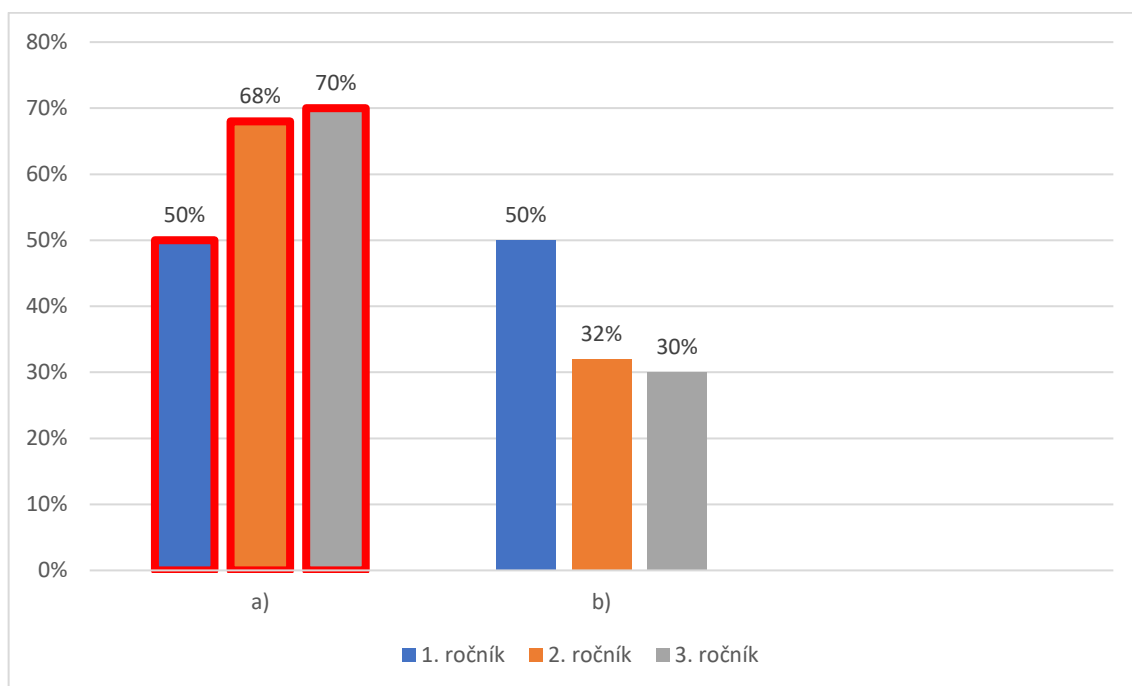
Obrázek 28: stochastické účinky (letní semestr)

Z tohoto druhého grafu vyplývá, že správnou možnost zvolilo 75 % studentů prvního ročníku, 50 % studentů druhého ročníku a 78 % dotazovaných z ročníku třetího. U studentů prvního a třetího ročníku je patrné zlepšení, kdežto u studentů druhého ročníku zhoršení. Oba klíčové předměty pro první i třetí ročník se této problematice výrazně věnují, kdežto v předmětu Radiologická fyzika a dozimetrie se toto téma nevyskytuje. Není proto příliš překvapující, že jsou vědomosti studentů prvního a třetího ročníku podobné.

Otázka č. 15: Je při ochraně časem dávka přímo úměrná době expozice?

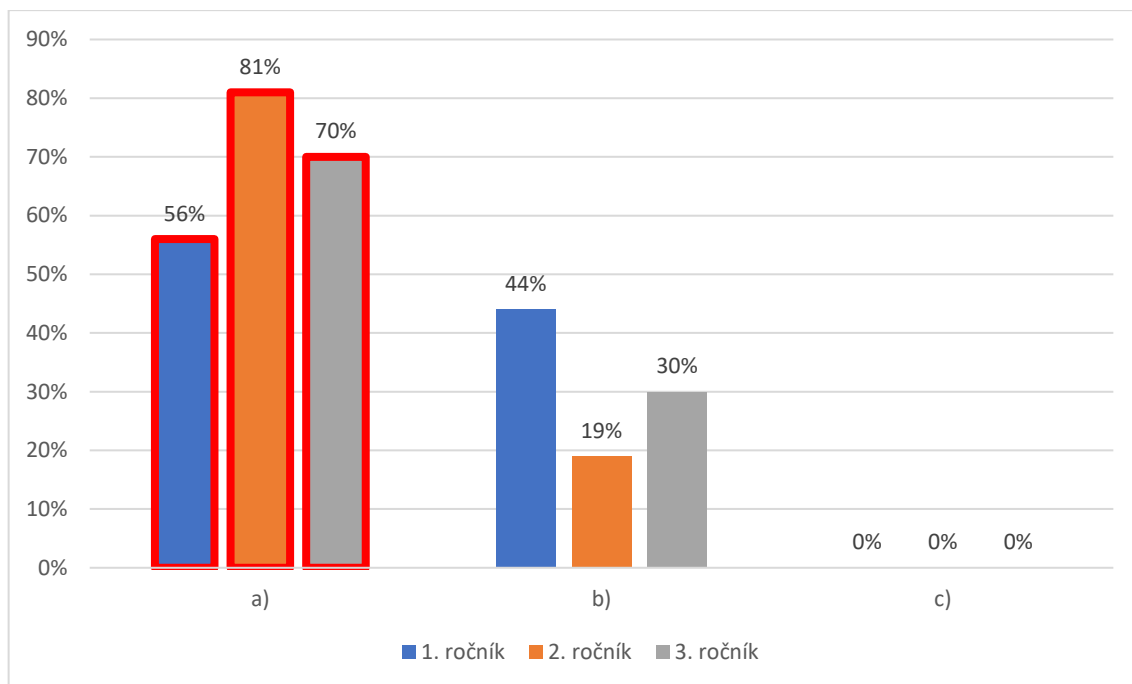
a) ANO

b) NE



Obrázek 29: Absorbovaná dávka vzhledem k době expozice (zimní semestr)

Otázka č. 1 měla za cíl zjistit, zda studenti vědí, že je při ochraně časem dávka přímo úměrná době expozice. Ze 100 % dotazovaných respondentů prvního ročníku, polovina označila správnou odpověď a) ANO. Tutéž správnou odpověď zvolilo 68 % respondentů druhého ročníku a 70 % respondentů posledního ročníku.

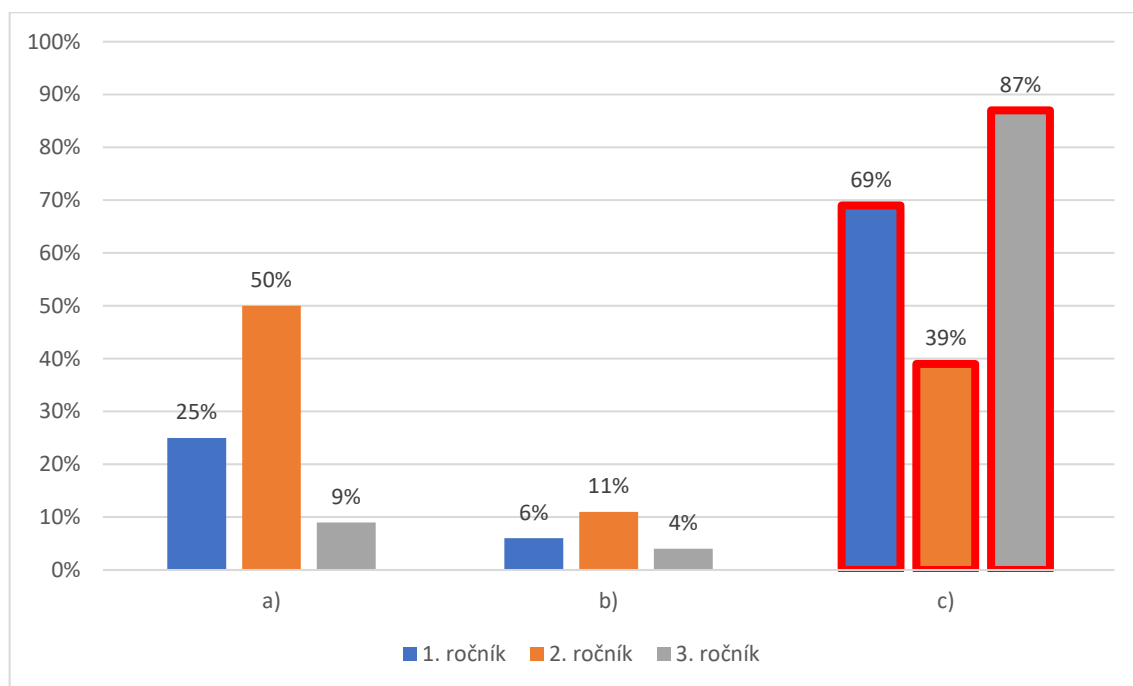


Obrázek 30: Absorbovaná dávka vzhledem k době expozice (letní semestr)

Na tuto otázku, položenou na začátku letního semestru, odpovědělo správně 56 % respondentů prvního ročníku. Ze 100 % dotazovaných respondentů druhého ročníku určilo až 81 % správnou možnost. 70 % studentů třetího ročníku zvolilo rovněž možnost a). Graf znázorňuje že předmět Radiologická fyzika a radiobiologie měl pozitivní vliv na volbu odpovědí studentů prvního ročníku a taktéž předmět Radiologická fyzika a dozimetrie zlepšil znalosti studentům druhého ročníku. Kdežto předmět Radiační ochrana – zkouška způsobilosti neměl na vědomosti studentů třetího ročníku vliv. S touto otázkou si tedy nejlépe poradil druhý ročník.

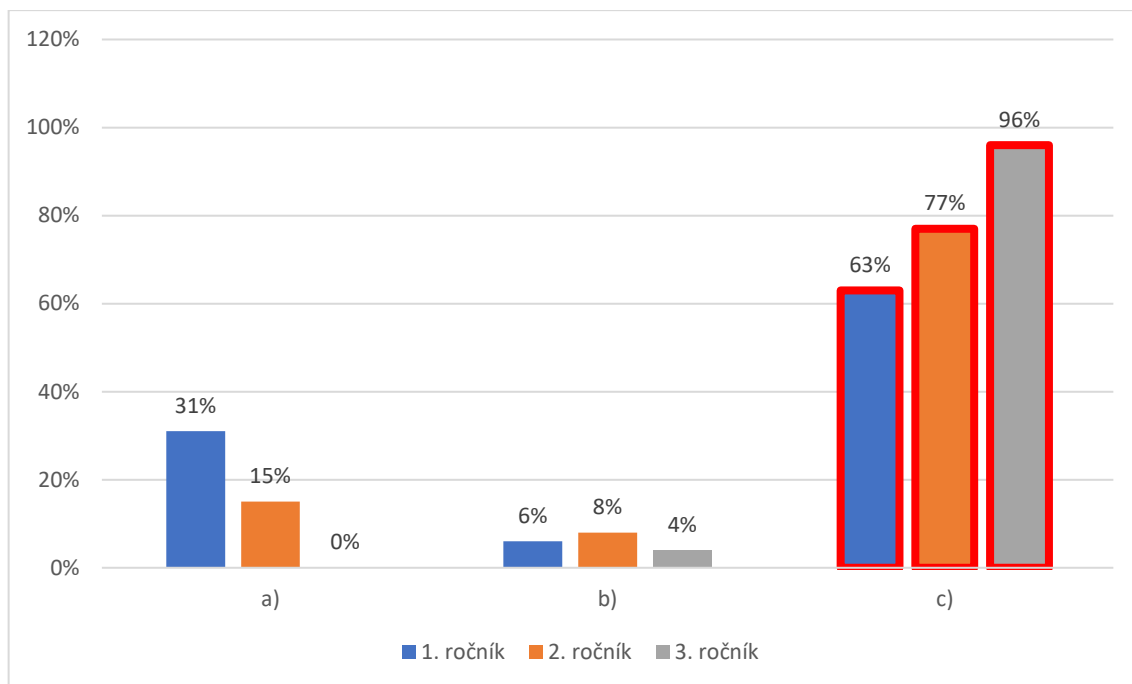
Otázka č. 16: U částic beta se dá k odstínění použít:

- a) papír
- b) tenká vrstva vzduchu
- c) plexisklo



Obrázek 31: Odstínění částic beta (zimní semestr)

V této otázce měli studenti určit, kterým materiálem je možné odstínit beta záření. Z uvedeného grafu lze vypočítat, že 69 % zúčastněných z prvního ročníku určilo správnou odpověď. Pouze 39 % zúčastněných z druhého ročníku zvolilo správnou možnost c) plexisklo. Zúčastněných ze třetího ročníku se správnou odpovědí bylo 87 %. Takto nízké procento správných odpovědí je u druhého ročníku nečekané. Mnohem více studentů zvolilo nesprávnou odpověď a). Tato odpověď by byla správná pouze v případě, že by se jednalo o záření alfa. Pro odstínění beta částic není papír dostačující.

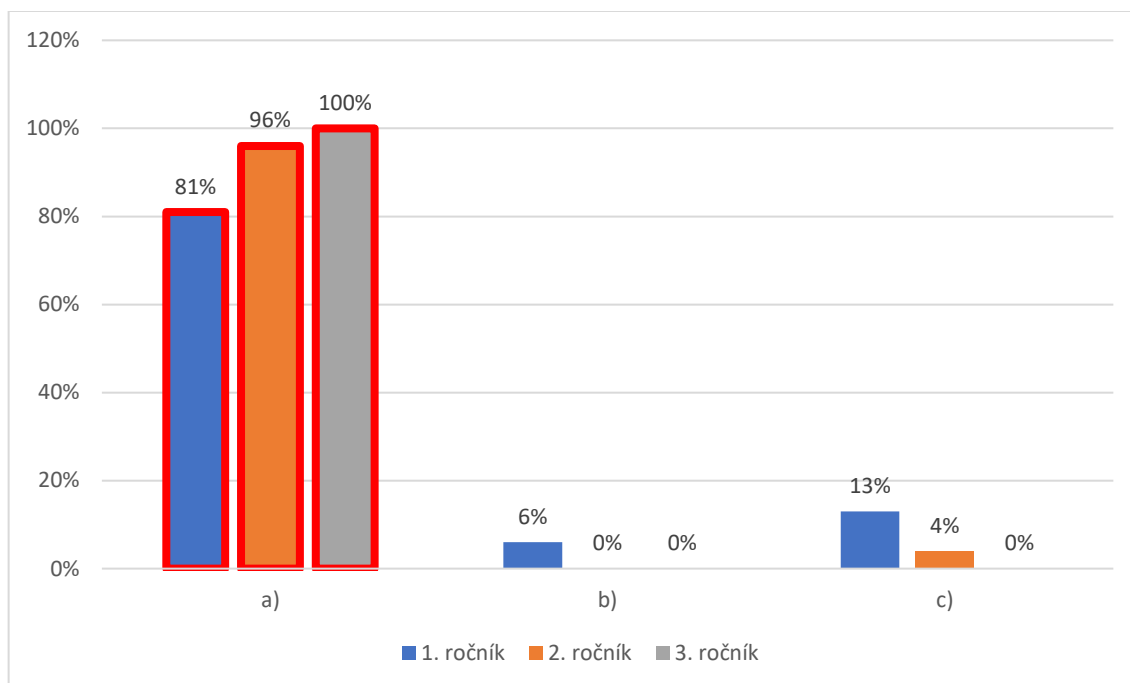


Obrázek 32: Odstínění částic beta (letní semestr)

Z přiloženého grafu jde vidět, že studentů prvního ročníku, kteří znali správnou odpověď bylo 63 %. Znamená to tedy, že došlo ke zhoršení a předmět Radiologická fyzika a radiobiologie nestačil na to, aby se vědomosti těchto studentů zlepšili. Naopak u studentů druhého ročníku došlo k výraznému zlepšení, a to až na 77 % z původních 39 %. Z tohoto zlepšení vyplývá, že měl předmět Radiologická fyzika a dozimetrie značný přínos pro znalosti těchto studentů. Přínos měl též předmět Radiační ochrana – zkouška způsobilosti, a to pro studenty třetího ročníku.

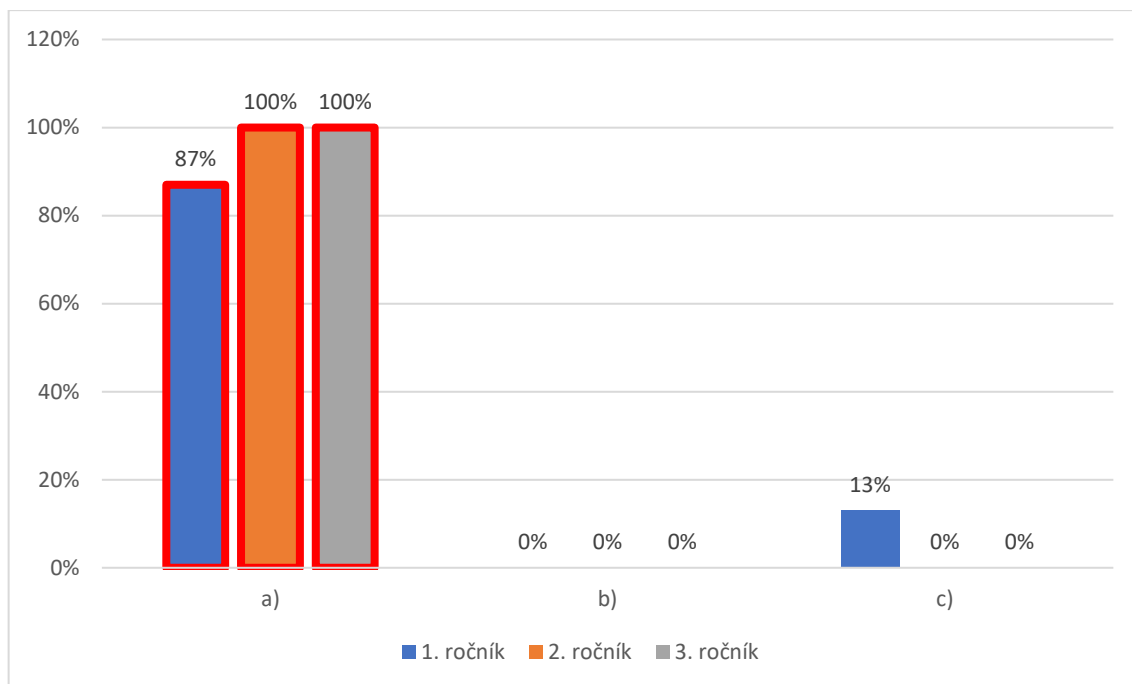
Otázka č. 17: Pro RTG nebo gama záření se k odstínění používá:

- a) olovo
- b) plast
- c) hliník



Obrázek 33: odstínění RTG záření (zimní semestr)

Otázka č. 17 měla za úkol zjistit, zda studenti vědí, jakým materiálem se dá odstínit RTG nebo gama záření. Z přiloženého grafu můžeme vyčíst, že 81 % zúčastněných z prvního ročníku odpovědělo správně. Zúčastněných z druhého ročníku, kteří taktéž zvolili správnou možnost bylo 96 % a studentů třetího ročníku, kteří zvolili jako správnou odpověď a) olovo bylo 100 %. Respondenti z druhého a třetího ročníku si vedli dle očekávání, kdežto studenti prvního ročníku si vedli nad očekávání.

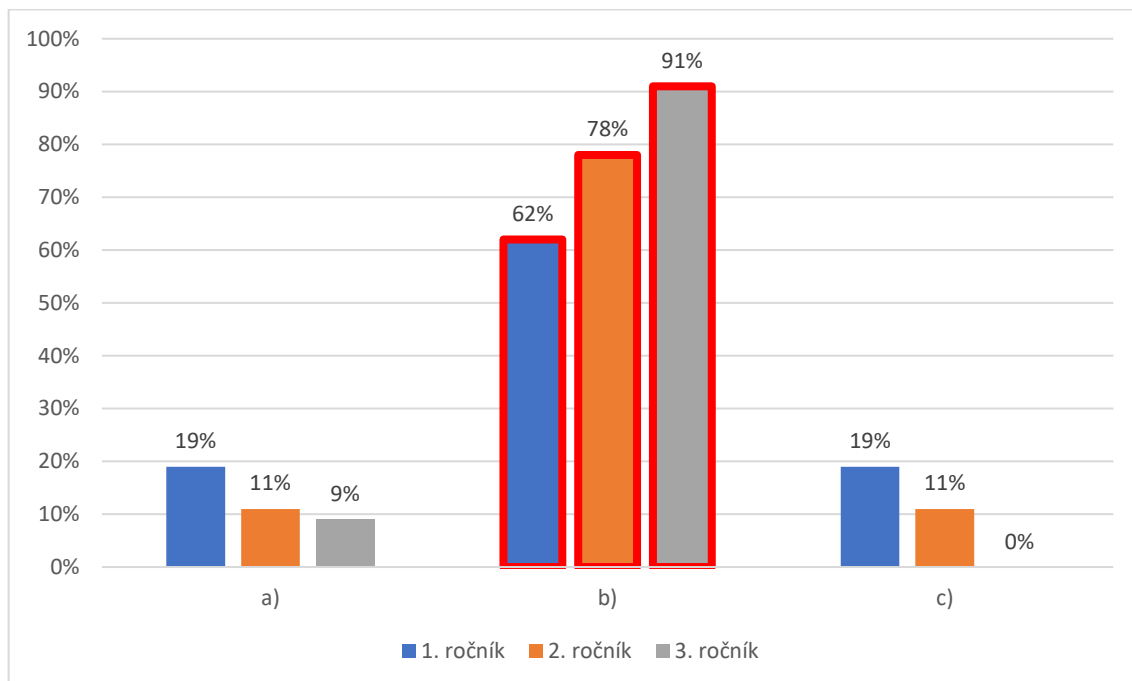


Obrázek 34: odstínění RTG záření (letní semestr)

Z výsledků získaných na začátku letního semestru, které jsou uvedeny v grafu vyplývá, že se studenti prvního ročníku zlepšili díky předmětu Radiologická fyzika a radiobiologie o 6 %. Předmět Radiologická fyzika a dozimetrie rovněž způsobil u studentů druhého ročníku zdokonalení jejich znalostí a správnou odpověď zvolilo všech 100 % zúčastněných respondentů. Studenti třetího ročníku dosáhli 100% úspěšnosti, stejně jako při prvním vyplňování dotazníku. Mezi znalostmi studentů druhého a třetího ročníku tedy není rozdíl.

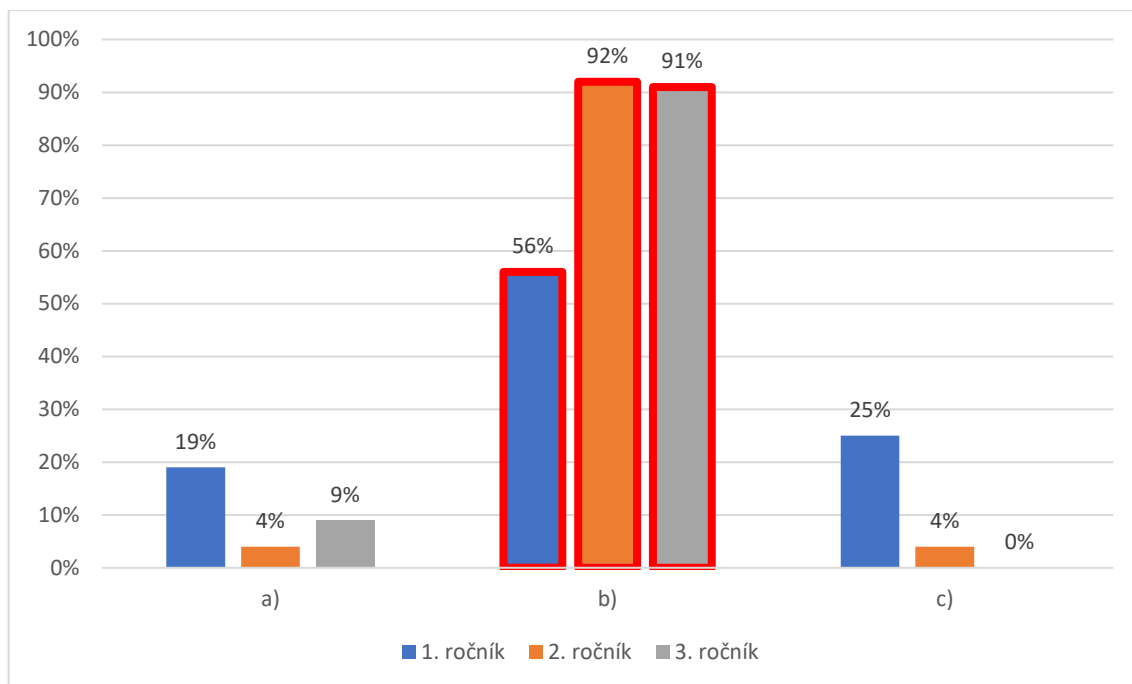
Otázka č. 18: Ochrana vzdáleností je vyjádřena jako:

- a) pokles dávkového příkonu úměrný třetí mocnině vzdálenosti
- b) pokles dávkového příkonu úměrný druhé mocnině vzdálenosti**
- c) pokles dávkového příkonu není úměrný vzdálenosti



Obrázek 35: ochrana vzdáleností (zimní semestr)

Na otázku č. 18 úspěšně odpovědělo 62 % respondentů prvního ročníku, 78 % respondentů druhého a 91 % respondentů ročníku třetího. Na tomto grafu je patrný očekávaný vzrůstající trend s vyšším ročníkem.

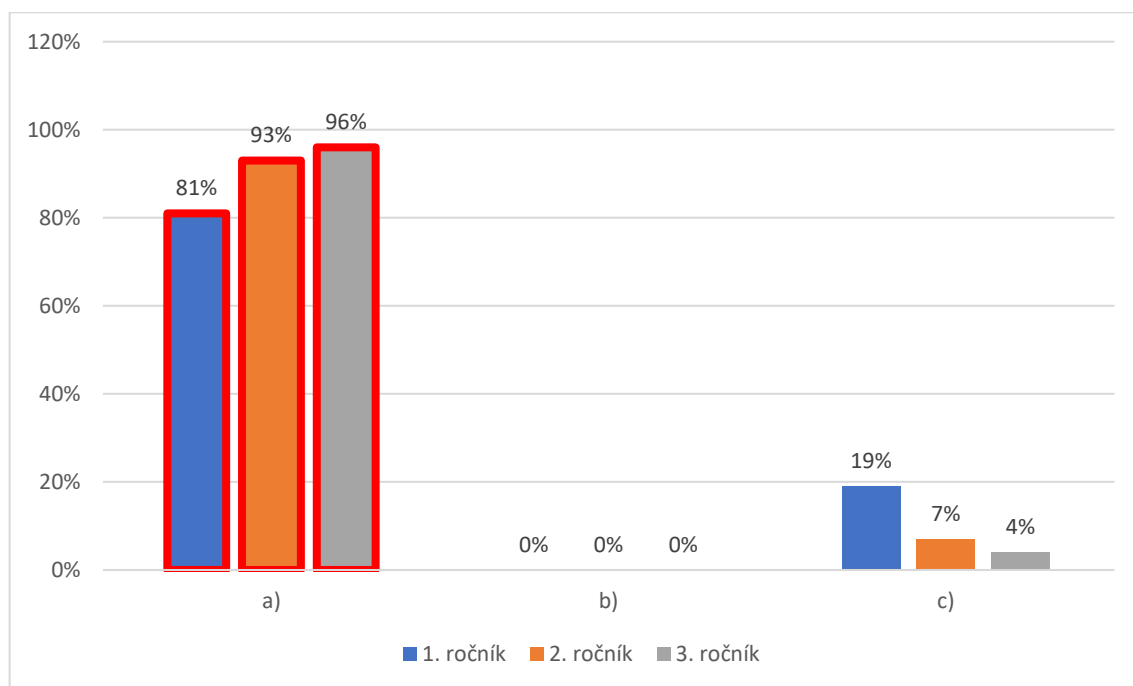


Obrázek 36: ochrana vzdáleností (letní semestr)

Na otázku č. 18, která byla položena na začátku letního semestru, odpovědělo správně 56 % studentů prvního ročníku, což znamená, že zde došlo k poklesu správných odpovědí. Toto zhoršení jsem zaregistrovala již u několika předchozích otázek. Proč k tomuto došlo si nedokážu plně vysvětlit. Tato skutečnost může být způsobena nedostatečností online formy výuky, která podle všeho nemusí být plnohodnotnou náhradou za formu prezenční. Naopak online výuka předmětu Radiologická fyzika a dozimetrie stačila pro nárůst správných odpovědí u druhého ročníku. U třetího ročníku jsou odpovědi neměnné.

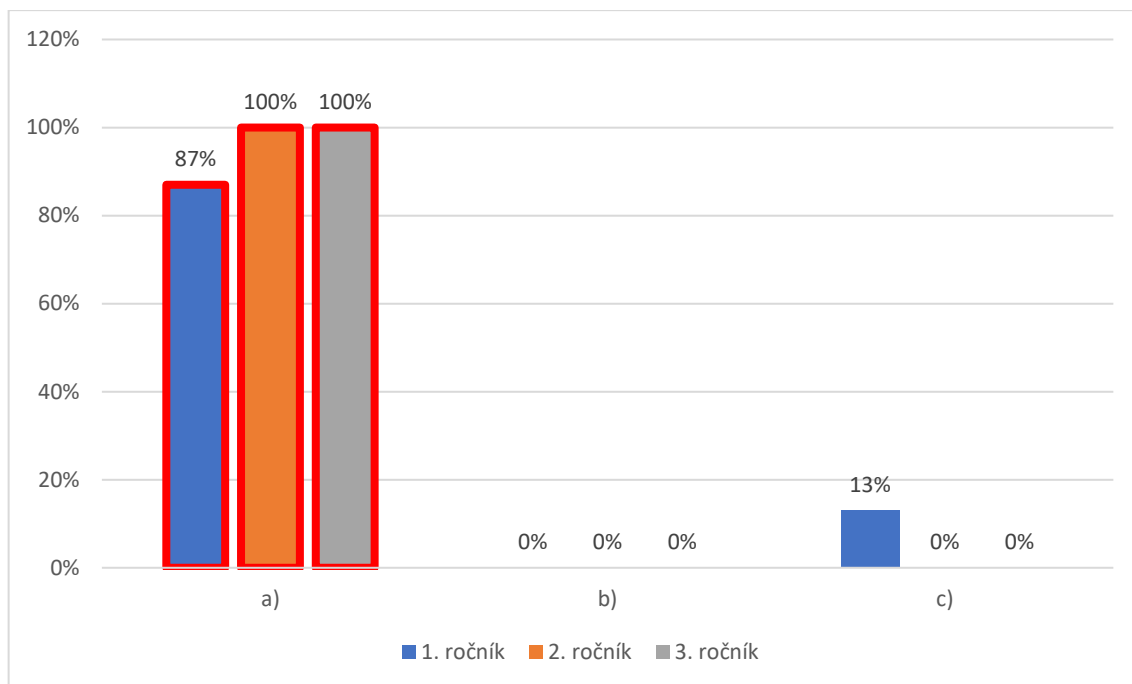
Otázka č. 19: Jaké jsou zdroje RTG záření?

- a) hvězdy, rentgenka
- b) horniny
- c) radionuklidy



Obrázek 37: Zdroje RTG záření (zimní semestr)

Cílem této otázky bylo zjistit, zda studenti znají zdroje RTG záření. Graf znázorňuje, že správnou odpověď zvolilo 81 % studentů prvního ročníku. 93 % studentů třetího ročníku zvolilo taktéž správnou možnost, a to možnost a) hvězdy a horniny. Studentů posledního ročníku, kteří zvolili správnou odpověď bylo 96 %.



Obrázek 38: zdroje RTG záření (letní semestr)

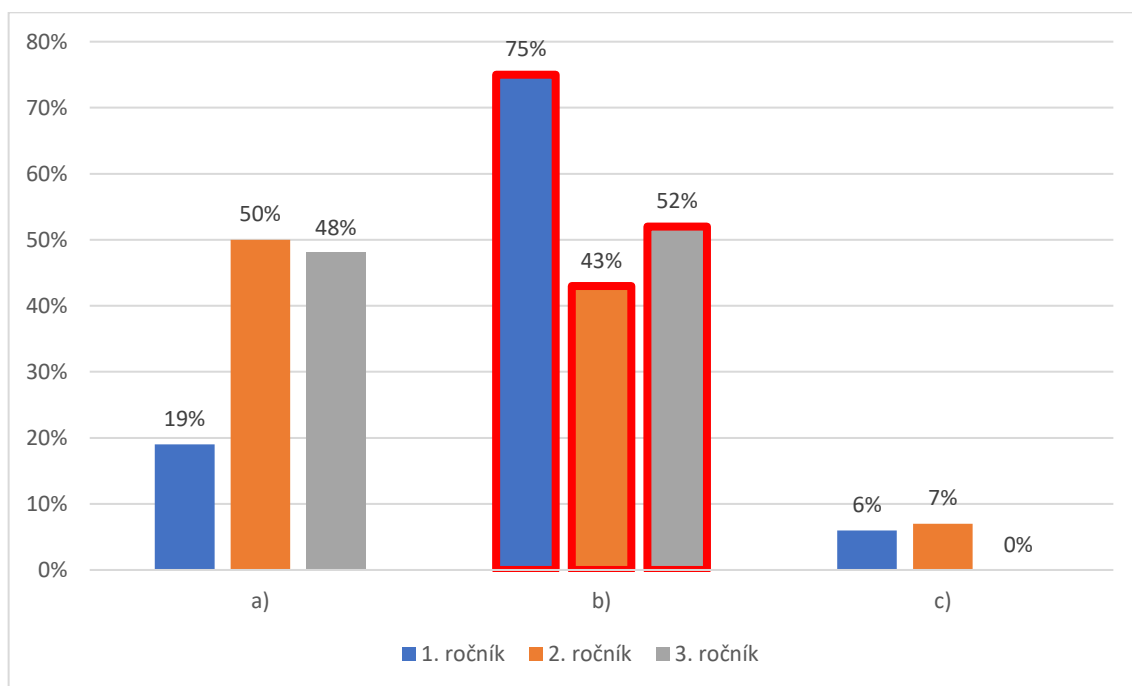
Z odpovědí znázorněných v grafu vyplývá, že 87 % respondentů z prvního ročníku odpovědělo správně. Respondenti z druhého a třetího ročníku měli 100% úspěšnost. Takto vysoká procenta správných odpovědí v každém ročníku poukazují na to, že se tomuto tématu věnuje každý ze stěžejních předmětů v daném ročníku. V tomto případě neměl absolvovaný ročník zásadní dopad na volbu odpovědí u studentů.

Otázka č. 20: Kdo úplně poprvé objevil radioaktivitu?

a) Wilhelm Conrad Röntgen

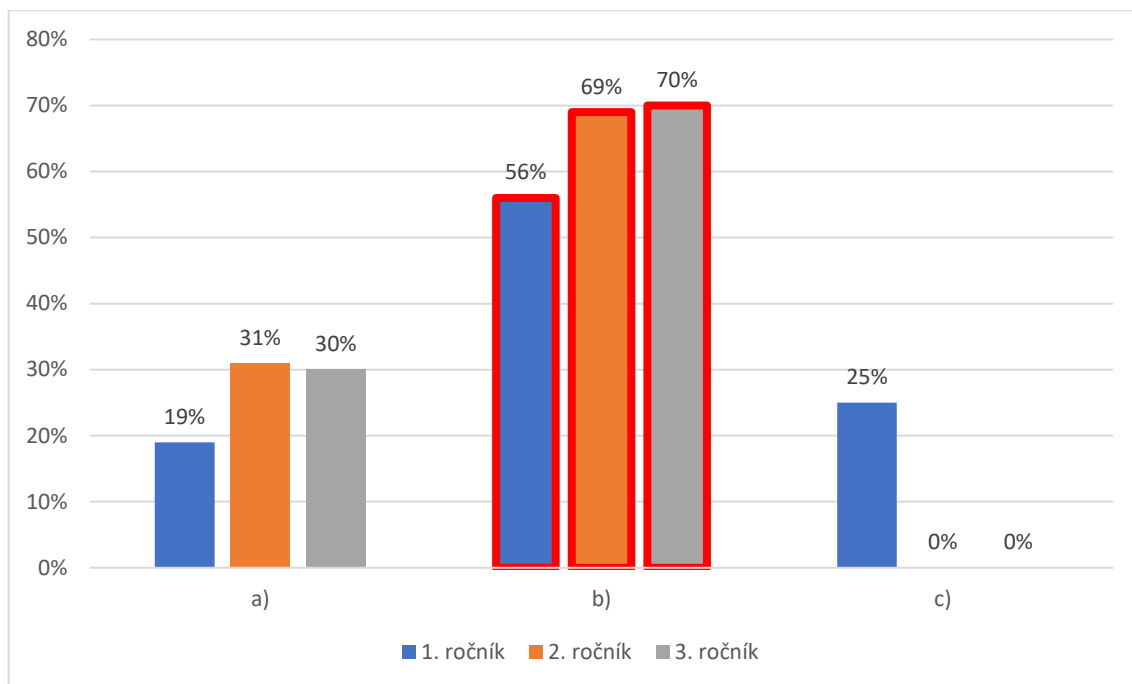
b) Henri Becquerel

c) Rolf Sievert



Obrázek 39: Kdo objevil radioaktivitu (zimní semestr)

Cílem otázky č. 20 bylo zjistit, zda studenti znají prvního objevitele radioaktivity. Z grafu je patrné, že 75 % studentů prvního ročníku zvolilo správnou možnost b) Henri Becquerel. Tutéž správnou odpověď vybralo i 43 % studentů druhého ročníku. Polovina studentů tohoto ročníku si však myslí, že prvním objevitelem radioaktivity byl Wilhelm Conrad Röntgen. Správnou odpověď na tuto otázku znalo i 52 % studentů posledního ročníku, přičemž druhou nejčastější volbou byla nesprávná možnost a). Tyto výsledky jsou podle mého názoru velmi nestandardní. Otázka č. 20 dělala nejvíce problémů studentům druhého ročníku.



Obrázek 40: kdo objevil radioaktivitu (letní semestr)

Z výše uvedeného grafu je patrné, že správnou možnost zvolilo 56 % studentů prvního ročníku. Toto nižší procento správných odpovědí mi není zcela jasné, protože předmět Radiologická fyzika a radiobiologie se tomuto tématu ve své výuce věnuje. Tento výsledek může být dán nedostatečností online výuky tohoto předmětu či nepozorností při vyplňování. Tuto domněnku zmiňuji již u předchozích grafů, jelikož se tato situace vyskytuje častěji. U zúčastněných z druhého a třetího ročníku došlo k podstatnému zlepšení, z čehož vyplývá, že měli klíčové předměty pozitivní dopad na znalosti těchto dvou ročníků.

4 DISKUZE

Průzkumná otázka č. 1: Dojde ke zlepšení znalostí studentů 1.-3. ročníku oboru Radiologický asistent v oblasti ionizujícího záření?

Tato průzkumná otázka je zaměřená na celkové zlepšení znalostí studentů všech tří ročníků. Ze získaných výsledků, které jsou znázorněny v grafech z počátku letního semestru je patrné, že v prvním ročníku došlo ke zlepšení v odpovědích pouze u otázky č. 3, 5, 14, 15, 17, 19, a 20 tj. zlepšili se v 7 otázkách. U ostatních otázek buď došlo ke zhoršení, nebo odpovědi zůstali neměnné. Tyto získané výsledky mohou být způsobeny nedostatečností online výuky. U druhého ročníku lze zaznamenat zdokonalení u otázek 1–3, 6–12 a 15–20. Oproti prvnímu ročníku je tedy vidět značný pokrok, protože se zlepšili v 16 otázkách. Pouze na čtyři otázky odpovídali dotazovaní hůře či shodně. Závěrečný třetí ročník pak zaznamenal největší zlepšení v odpovědích. Z dvaceti otázek nedošlo k vylepšení jen u 3. Otázka číslo 5, 9 a 20 byla zodpovězena v obou termínech vyplňování dotazníku na 100 %. Takovýto vzrůstající trend s vyšším ročníkem není příliš překvapivý a zdokonalování znalostí bylo možné předpokládat.

Obecně lze porovnat např. s výzkumem Buffa (2012), který na souboru 100 respondentů ze dvou vysokých škol porovnával zlepšení znalostí v oblasti první pomoci. U obou vysokoškolských studijních oborů (Zdravotní laborant a Bezpečnostní management ve veřejné správě) jsou vyučovány předměty, ve kterých je zařazena výuka první pomoci. Ve výzkumu Buffa došlo ke zlepšení u studentů oboru Zdravotní laborant z 64 % na 82 %, tj. o 18 % a u studentů oboru Bezpečnostní management ve veřejné správě to bylo ze 76 % na 80 %, tedy o 4 %. U studentů 1. ročníku oboru Radiologický asistent došlo k překvapivému zhoršení o celé 1 %, tj. zhoršili se z 65 % na 64 %. Dotazovaní z 2. ročníku se zlepšili v 10 %, tedy ze 71 % správných odpovědí na 81 % a respondenti 3. ročníku zaznamenali 8% vylepšení z 79 % na 87 %. Z výsledků je patrné, že ke zlepšení došlo jak u respondentů Buffa, tak u respondentů v této bakalářské práci. Výsledky jsou rozmanité, avšak mezi nimi nejsou příliš velké výkyvy. Jediná skupina dotazovaných, jejichž zhoršení je poměrně překvapující, je skupina se studenty 1. ročníku. V tomto případě bych čekala, i přes online výuku způsobenou pandemií Covid-19, byť jen mírné zlepšení a ne naopak.

Průzkumná otázka č. 2: Jaký je vliv předmětu Radiologická fyzika a radiobiologie na znalosti studentů v zimním semestru 1?

Studentům 1. ročníku byl na začátku zimního semestru rozeslán elektronickou formou dotazník, který zjišťoval, jaké jsou jejich vědomosti o ionizujícím záření. V době, kdy tito studenti dotazník vyplňovali, ještě neabsolvovali žádný z předmětů, ve kterém by se informace o tématu mohli dozvědět. Jejich znalosti by se proto mohli nejlépe přirovnat ke znalostem laické veřejnosti. Například otázka č. 12, se studentů ptala, jaké struktury se řadí mezi nejcitlivější na ionizující záření. Správná odpověď zněla hematopoetické tkáně a spermatogonie. Na tuto otázku odpovědělo správně 63 % studentů daného ročníku. Po absolvování předmětu Radiologická fyzika a dozimetrie klesly výsledky správných odpovědí na 62 %. Podobnou otázku položila ve své práci na téma Radiační zátěž ve zdravotnictví i autorka Berná (2017). Ve své práci se ptá široké veřejnosti obyvatelstva na to, které buňky by označili jako velmi citlivé na záření vznikající po jaderné havárii. Otázka je zřejmě položena tímto konkrétním způsobem proto, aby laické veřejnosti jednodušeji přiblížila zdroj možného záření. V případě jaderné havárie se jedná o ionizující záření, rovněž jako u např. lékařských zdrojů (pouze ve větší míře). Na danou otázku bylo správných odpovědí hned několik. Jelikož bylo správných odpovědí více, nebylo tedy těžké jednu z nich určit. Správnou odpověď znalo 86 % respondentů. Při porovnání výsledků laické veřejnosti s výsledky studentů na začátku studia je vidět, že laická veřejnost si vedla výrazněji lépe. Avšak jak již bylo zmíněno, na otázku Berné odpovědělo správně více respondentů. I přes tuto skutečnost by se však dalo očekávat, že při následném druhém vyplňování dotazníku budou studenti již úspěšnější. Problematika tkání citlivých na ionizující záření je totiž v předmětu Radiologická fyzika a radiobiologie dostatečně probírána. Ačkoliv se klíčový předmět tématu věnuje, online výuka zapříčiněná pandemií COVID-19 nemusela být tak efektivní a kvalitní jako prezenční výuka.

Náhlík (2020) se ve své práci na téma Informovanost populace o nežádoucích účincích ionizujícího záření ptá laické veřejnosti na to, která struktura je podle nich nejcitlivější k záření. 61 % dotazovaných zvolilo správnou odpověď – vaječníky/varlata. Úspěšnost správných odpovědí je tedy velmi podobná s výsledky prvního ročníku před zahájením výuky.

Průzkumná otázka č. 2: Jaký je vliv předmětu Radiologická fyzika a dozimetrie na znalosti studentů v zimním semestru 2. ročníku?

Studentům 2. ročníku byl ve stejnou dobu rozeslán shodný dotazník jako studentům prvního a třetího ročníku. Z grafů, které jsou obsaženy v průzkumné části bakalářské práce vyplývá, že u respondentů daného ročníku došlo ke značnému zdokonalení vědomostí, které může poukazovat na dostatečnou kvalitu a vliv klíčového předmětu Radiologická fyzika a dozimetrie. Konkrétně došlo ke zlepšení u šestnácti otázek. Dále lze z grafů vyzorovat, že jsou výsledky výrazně lepší než u předchozího prvního ročníku. Pokud by došlo ke srovnání 2. ročníku oboru Radiologický asistent s běžnou populací, bude se předpokládat, že lepších výsledků dosáhnou právě studenti. Příkladem může být otázka číslo 17, která se studentů ptá na materiál používaný k odstínění RTG nebo gama záření. Při prvním vyplňování dotazníku znalo správnou odpověď za a) olovo 96 % studentů. Při druhém vyplňování (po absolvování předmětu Radiologická fyzika a dozimetrie) jich bylo rovných 100 %. Velmi podobnou otázku položil respondentům ve své diplomové práci na téma Ionizující záření jako téma environmentální edukace Vanček (2021). Otázku položil studentům středních škol a otázka zněla, který chemický prvek se používá na odstínění (zachycení) pronikavého ionizujícího záření z radioaktivních zdrojů. Správnou odpověď – olovo zvolilo 72 % studentů středních škol. Ze zjištěného výsledku je zřejmé, že studenti 2. ročníku oboru Radiologický asistent mají dle očekávání přeci jen větší znalosti o této problematice.

O něco větší přehled mají respondenti Berné (2017), která se ve své práci ptá na to, který chemický prvek je obsažen v ochranných pomůckách, které se používají např. při RTG vyšetření. 78 % dotazovaných zvolilo správnou odpověď. Berná se dotazovala laické veřejnosti různých věkových skupin, což mohlo mít za následek vyšší četnost správných odpovědí. U lidí, kteří jsou starší než studenti středních škol, je větší pravděpodobnost osobních zkušeností s RTG vyšetřením (mohou spíše vědět o olovených ochranných zástěrách apod.).

Další, kdo se svých respondentů ptal na materiál, který nejvíce chrání před RTG zářením byla Náhlík (2020). Na dotaz jí správně odpovědělo 83 % respondentů. Jedná se o nejlepší výsledek ze všech tří porovnávaných prací. I přes to, že je tento výsledek velmi dobrý, mají studenti 2. ročníku oboru Radiologický asistent stále ještě větší přehled.

Průzkumná otázka č. 3: Jaký je vliv předmětu Radiační ochrana – zkouška způsobilosti na znalosti studentů v zimním semestru 3. ročníku?

Z odpovědí, které jsou znázorněny v grafech je patrné, že došlo ke zdokonalení vědomostí o ionizujícím záření. Pouze ve třech případech z dvaceti došlo buď ke zhoršení, nebo odpovědi zůstali neměnné. Jde tak o nejlepší výsledek napříč ročníky a předmět radiologická fyzika a dozimetrie na to měl pravděpodobně vliv. Při porovnání všech tří ročníků je vidět, že největší vliv měly předměty Radiologická fyzika a dozimetrie na 2. ročník a Radiační ochrana zkouška způsobilosti na závěrečný 3. ročník. Mezi výsledky druhého a třetího ročníku není příliš výrazný rozdíl. Tyto výsledky na konci letního semestru jsou dány nejen obsahem učiva těchto předmětů, ale i opakováním informací během přednášek a při přípravě na zkoušku. Pokud by došlo ke srovnání vědomostí o ionizujícím záření 3. ročníku oboru Radiologický asistent s vědomostmi laické veřejnosti bude se předpokládat, že studenti dosáhnou výrazněji lepších výsledků. Například u otázky číslo 4 – Člověk je vystavený ionizujícímu záření, odpovědělo před začátkem semestru 74 % studentů správně. Správnou možnost c) převážně z přírodních zdrojů více než z umělých zdrojů, zvolilo po absolvování stěžejního předmětu 83 % těchto studentů. U této otázky je patrné zlepšení a klíčový předmět měl tak pozitivní přínos. Na problematiku toho, ze kterých zdrojů je člověk nejvíce ozářený se ptal laické veřejnosti (studentů středních škol) i Vaněček (2021). Ten ve své otázce uvedl, že každý rok je člověk vystaven určité dávce ionizujícího záření pocházejícího z různých zdrojů. Základní dělení těchto zdrojů je na umělé, lékařské a přírodní. Studenti měli za úkol označit, ze kterého zdroje pochází větší dávka ionizujícího záření pro obyvatele za rok. Správnou odpověď, která zněla z přírodních zdrojů (kosmické záření, potraviny a voda, záření z radionuklidů v půdě) zvolilo pouze 42 % dotazovaných. Druhou nejčastější odpovědí byla z lékařských vyšetření (rentgen, CT vyšetření, nukleární medicína), a to ve 38 % případů.

5 ZÁVĚR

Cílem teoretické části bakalářské práce bylo shrnout základní informace o ionizujícím záření, které mají znát studenti oboru radiologický asistent. Teoretická část se zabývala obecnou charakteristikou ionizujícího záření a jeho rozdělení, veličinám a jednotkám záření, historii, zdrojům a biologickým účinkům ionizujícího záření a v neposlední řadě i radiační ochraně.

Prvním cílem průzkumné části bylo zjistit a následně porovnat zlepšení znalostí studentů 1.- 3. ročníku oboru Radiologický asistent v oblasti ionizujícího záření. Ze získaných výsledků, které jsou znázorněny v grafech je patrné, že si nejlépe vedli studenti 3. ročníku. Další pak byli studenti ročníku 2. a podle očekávání si studenti 1. ročníku vedli nejméně dobře. S těmito výsledky bylo možné počítat, protože s vyšším ročníkem roste množství absolvovaných předmětů, které se zabývají v menší či větší míře ionizujícím zářením. Dalším faktorem, který mohl ovlivnit znalosti studentů jsou praxe, které studenti plní během studia. V čím vyšším ročníku student je, tím více praxí absolvuje a tím i více informací se může dozvědět.

Dalším cílem bylo zjistit, jaký vliv měli klíčové předměty na znalosti těchto studentů. Pro studenty 1. ročníku to byl předmět Radiologická fyzika a radiobiologie. Ze získaných výsledků, které jsou znázorněny v grafech z počátku letního semestru je patrné, že v prvním ročníku došlo ke zlepšení v odpovědích pouze u 7 otázek (u otázky č. 3, 5, 14, 15, 17, 19, a 20). U ostatních otázek buď došlo ke zhoršení, nebo odpovědi zůstali neměnné. Tyto získané výsledky mohou být způsobeny nedostatečností online výuky, která byla zapříčiněna pandemií Covid-19. Jedním z nedostatků online výuky mohou být technické potíže (špatné připojení k internetu, výpadky signálu) nebo nedostatečné technické dovednosti jak na straně vyučujícího, tak na straně studentů. Dalším problémem může být i neúplné zapojení všech studentů do výuky, udržení pozornosti studentů během výuky apod. Ze zhoršení v odpovídání lze usoudit, že při prvním vyplňování dotazníku mohli mít štěstí v tipování a pro druhé vyplňování dotazníku neměl hlavní předmět dostatečný přínos. Zda měla online výuka skutečně tak značný vliv na kvalitu přednášek, nebo šlo o jiné faktory nelze z této práce posoudit. Pro vyvození jednoznačnějšího závěru by bylo potřeba dotazník podávat studentům po běžné prezenční výuce i po výuce realizované online.

Třetím cílem bylo zjistit, jaký vliv měl předmět Radiologická fyzika a dozimetrie na znalosti studentů 2. ročníku. U daných studentů bylo zlepšení v odpovídání poměrně výrazné. Pouze

u 4 otázek nedošlo ke zlepšení, nebo odpovědi zůstali neměnné. Dá se tedy říct, že na znalosti těchto respondentů měl stěžejní předmět pravděpodobně pozitivní vliv a online výuka nepůsobila v předávání informací žádné větší potíže.

Poslední cíl měl za úkol zjistit, zda měl předmět Radiační ochrana – zkouška způsobilosti pozitivní dopad na vědomosti studentů 3. ročníku. Z odpovědí znázorněných v grafech v praktické části bakalářské práce je patrné, že si studenti vedli nejlépe a ke zlepšení došlo až u 17 otázek. I přes to, že si respondenti vedli velmi dobře již při vyplňování prvního dotazníku, dokázali své odpovědi (během druhého termínu vyplňování) ještě zlepšit. Tento výsledek bude pravděpodobně dán kvalitou a množstvím informací, které se studenti během přednášek daného předmětu dozvěděli.

Z důvodu omezeného množství respondentů a tomu, že bylo šetření prováděno pouze během jednoho roku (metodou test-retest pomocí dotazníku), není možné z výsledků v průzkumné části vyvozovat závěry, které by platili plošně pro každý z klíčových předmětů. Zda mají jednotlivé předměty pozitivní přínos pro studenty záleží nejen na tom, kolik přednášek je danému předmětu věnováno a jaký je obsah učiva, ale i jakou formou výuka probíhá. V roce, kdy bylo dotazníkové šetření prováděno, byla výuka z důvodu pandemie Covid-19 realizována povinně online formou. Jak již bylo zmíněno, jedním z nedostatků online výuky mohou být technické potíže (špatné připojení k internetu, výpadky signálu) nebo nedostatečné technické dovednosti jak na straně vyučujícího, tak na straně studentů. Dalším problémem může být i neúplné zapojení všech studentů do výuky, udržení pozornosti studentů během výuky apod. Z tohoto důvodu by mohli výsledky, získané při dalším dotazníkovém šetření (po absolvování běžné prezenční výuky), dopadnou značně odlišně.

6 POUŽITÁ LITERATURA

BENEŠ, Jiří, Jaroslava KYMPLOVÁ a František VÍTEK. *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-4712-5.

BÜCHLER, Tomáš. *Obecná onkologie*. Praha: Maxdorf, 2019. ISBN 978-80-7345-617-7.

ČESKO, 2011. Vyhláška č. 55/2011 Sb., o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků [online]. In: Sbíрка zákonů České republiky [cit. 2022-01-22]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-55#cast2>

FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN. *Základy zobrazovacích metod* [online]. Praha: Galén, 2015 [cit. 2022-02-06]. ISBN 978-80-7492-173-5. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/zaklady-zobrazovacich-metod-756847/>

HAMADA, Nobuyuki a Yuki FUJIMICHI, 2014. Classification of radiation effects for dose limitation purposes: history, current situation and future prospects. *Journal of Radiation Research* [online]. 55(4). ISSN 1349-9157, 0449-3060. Dostupné z: [doi:10.1093/jrr/rru019](https://doi.org/10.1093/jrr/rru019)

HAVRÁNKOVÁ, Renata, ed. *Klinická radiobiologie*. Praha: Grada, 2020. ISBN 978-80-247-4098-0.

Jaký je princip CT vyšetření?. *Nemocnice Na Homolce* [online]. Praha: Nemocnice Na Homolce, 2017 [cit. 2022-12-06]. Dostupné z: <https://www.homolka.cz/nase-oddeleni/11635-diagnosticky-program/11635-radiodiagnosticke-oddeleni-rdg/11780-nase-sluzby/11782-ct-vypocetni-pocitacova-tomografie/otazky-a-odpovedi-k-ct/jaky-je-princip-ct-vysetreni/>

KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4031-6.

KUBINYI, Jozef, Jozef SABOL a Andrej VONDRÁK. *Principy radiační ochrany v nukleární medicíně: a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami*. Praha: Grada, 2018. ISBN 978-80-271-0168-9.

LEAN, Geoffrey. *Radiation effect and sources* [online]. Vídeň: UNSCEAR. 2016 [cit. 2020-06-18]. Dostupné z: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7790> ISBN: 978-92-807-3600-7.

PEJCHAL, Jaroslav, Zuzana ŠINKOROVÁ, Aleš TICHÝ, Jiřina VÁVROVÁ a Lenka ZÁRYBNICKÁ. *Biofyzika pro záchranáře 2. díl*. Hradec Králové: Fakulta vojenského zdravotnictví Univerzity obrany v Hradci Králové, 2013. ISBN 978-80-7231-354-9.

PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: Aplikace ionizujícího záření*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2021. ISBN 978-80-01-06829-8.

PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: Fyzika ionizujícího záření*. Praha: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05319-5.

ROSINA, Jozef, Jana VRÁNOVÁ a Hana KOLÁŘOVÁ. *Biofyzika pro zdravotnické a biomedicínské obory. 2. doplněné vydání*. Praha: Grada, 2021. ISBN 978-80-271-2526-5.

ŘEZÁČOVÁ, Martina a Jiřina VÁVROVÁ. *Molekulární mechanismy účinku ionizujícího záření*. Hradec Králové: Nucleus HK, 2011. ISBN 978-80-87009-82-6.

SEIDL, Zdeněk, Andrea BURGETOVÁ, Eva HOFFMANNOVÁ, Martin MAŠEK a Tomáš VITÁK. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi*. Praha: Grada, 2018. ISBN 978-80-271-0709-4.

ŠINKOROVÁ, Zuzana a Leoš NAVRÁTIL. *Biomedicínská detekce ionizujícího záření: organizace zdravotnické péče po zevní kontaminaci radionuklidy*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05626-4.

VORLÍČEK, Jiří, Jitka ABRAHÁMOVÁ a Hilda VORLÍČKOVÁ. *Klinická onkologie pro sestry 2: přepracované a doplněné vydání. 2. doplněné vydání*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3742-3.

AKADEMICKÉ PRÁCE

BERNÁ, Lenka. *Radiační zátěž ve zdravotnictví*. Pardubice, 2017. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice.

BUFFA, Petr. *Stav a úroveň znalostí první pomoci u studentů vybraných vysokých škol*. Pardubice, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice.

KALUSCHA NÁHLÍK, Vladimíra. *Informovanost populace o nežádoucích účincích ionizujícího záření*. Ostrava, 2020. Bakalářská práce. Ostravská univerzita.

VANĚČEK, Marcel. Ionizující záření jako téma environmentální edukace. České Budějovice, 2021. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

6.1 Zdroje obrázků

LEAN, Geoffrey. Ionizující záření: účinky a zdroje. *Státní úřad pro jadernou bezpečnost* [online]. Vídeň: UNSCEAR, 2016 [cit. 2022-02-07]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/dokumenty/Radiation-InsidePart-Czech-Feb_2017-1.pdf

7 PŘÍLOHY

Příloha A – <i>Dotazník</i>	87
Příloha B – <i>Průměrné expozice obyvatel podle zdrojů záření</i> (Lean, 2016, s. 54).....	91
Příloha C – <i>Celosvětové rozdělení radiační expozice</i> (Lean, 2016, s. 27).....	91

Příloha A – Dotazník

Vážená studentko, Vážený studente,

Jmenuji se Eliška Havlová a jsem studentem 3. ročníku oboru Radiologický asistent na Univerzitě Pardubice.

V rámci ukončení studia zpracovávám bakalářskou práci na téma „Znalosti studentů 1.-3. ročníku oboru Radiologický asistent o ionizujícím záření.“

Dovoluji si vás požádat o vyplnění dotazníku, který není vyplňovaný anonymně, ale bude anonymizován a zpracován bez Vašich jmen. Získané výsledky budou složité pouze pro účely bakalářské práce a nejsou žádnou součástí hodnocení Vašeho studia (nemají vliv na vaše studium). Očekávám, že odpovědi na některé otázky nebudete znát a nevadí to. Jde mi o Vaše znalosti, a ne o správně vyplněný dotazník.

Správná odpověď je jen jedna.

Děkuji

Havlová

1) Co je to ionizující záření?

- a) ionizující záření je takové záření, které má dostatečnou energii na to, aby bylo schopno ionizovat atomy a molekuly
- b) ionizující záření, je takové záření, které má dostatečnou energii excitovat částice a atomech a molekulách
- c) ionizující záření, je takové záření, které při interakci nevyvolává změny v atomech a molekulách

2) Do přímo ionizujícího záření patří:

- a) alfa částice, beta částice, protony, elektrony
- b) alfa částice, beta částice, fotony, neutrony
- c) fotony, neutrony a záření gama

3) Do nepřímo ionizujícího záření patří:

- a) alfa částice, beta částice, gama záření
- b) fotony, neutrony, gama záření, RTG záření
- c) neutrony, fotony a elektrony

4) Člověk je vystavený ionizujícímu záření:

- a) výhradně jen z umělých zdrojů, a ne z přírodních zdrojů
- b) rovnoměrně z umělých zdrojů, jako i z přírodních zdrojů
- c) převážně z přírodních zdrojů více, než z umělých zdrojů

5) Může se ^{222}Rn koncentrovat v podloží domu a následně do domu pronikat?

- a) ANO
- b) NE

6) Jaký je poločas rozpadu ^{222}Rn ?

- a) 6 hodin
- b) 3,8 dní
- c) 12 let

7) Ve vyšší nadmořské výšce je expozice kosmického záření:

- a) stejná jako na zemi
- b) nižší než na zemi
- c) vyšší než na zemi

8) Nejvýznamnější záření z umělých zdrojů pochází z:

- a) jaderných reaktorů
- b) lékařských zdrojů záření
- c) průmyslového odvětví

9) Největší jaderná havárie se stala v:

- a) komplexu Majak, Sovětský svaz
- b) Černobilu, Sovětský svaz
- c) Three Mile Island, Pensylvánie USA

10) Deterministické účinky mají dávkový práh:

- a) ANO
- b) NE

11) Mezi charakteristické projevy deterministických účinků patří:

- a) akutní nemoc z ozáření
- b) nádorové onemocnění
- c) leukémie

12) Mezi nejcitlivější struktury na ionizující záření řadíme:

- a) spermatogonie a nervové buňky
- b) nervové buňky a svalová buňky
- c) hematopoetické tkáně a spermatogonie

13) U stochastických účinků:

- a) pravděpodobnost účinků nezávisí na velikosti absorbované dávky
- b) pravděpodobnost účinků klesá s rostoucí velikostí absorbované dávky
- c) pravděpodobnost účinků roste s rostoucí velikostí absorbované dávky

14) Mezi stochastické účinky patří:

- a) akutní lokalizované poškození
- b) leukémie
- c) poškození plodu *in utero*

15) Je při ochraně časem dávka přímo úměrná době expozice?

- a) ANO
- b) NE

16) U částic beta se dá k odstínění použít:

- a) papír
- b) tenká vrstva vzduchu
- c) plexisklo

17) Pro RTG nebo gama záření se k odstínění používá:

- a) olovo
- b) plast
- c) hliník

18) Ochrana vzdáleností je vyjádřena jako:

- a) pokles dávkového příkonu úměrný třetí mocnině vzdálenosti
- b) pokles dávkového příkonu úměrný druhé mocnině vzdálenosti
- c) pokles dávkového příkonu není úměrný vzdálenosti

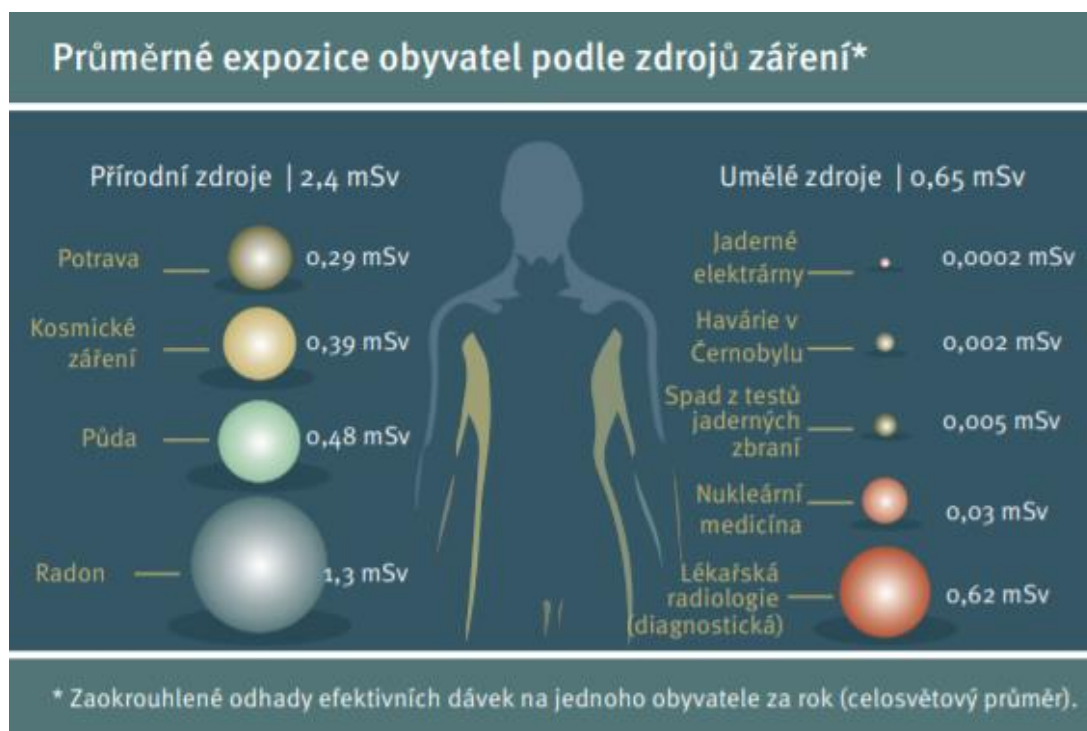
19) Jaké jsou zdroje RTG záření?

- a) hvězdy, rentgenka
- b) horniny
- c) radionuklidy

20) Kdo úplně poprvé objevil radioaktivitu?

- a) Wilhelm Conrad Roentgen
- b) Henri Becquerel
- c) Rolf Sievert

Příloha B – Průměrné expozice obyvatel podle zdrojů záření (Lean, 2016, s. 54)



Příloha C – Celosvětové rozdělení radiační expozice (Lean, 2016, s. 27)

