

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2022

Angelina Ashimova

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií

Informovanost obyvatel libereckého regionu o přírodním záření  
a související problematice.

Bakalářská práce

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií  
Akademický rok: 2020/2021

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Angelina Ashimova**  
Osobní číslo: **Z19418**  
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**  
Studijní obor: **Radiologický asistent**  
Téma práce: **Informovanost obyvatel libereckého regionu o přírodním záření a související problematice.**  
Téma práce anglicky: **Awareness of the people's Liberec region about natural radiation and related issues.**  
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:

- BENEŠ, Jiří, Daniel JIRÁK a František VÍTEK. *Základy lékařské fyziky*. 4. vyd. Praha: Karolinum. 2002. ISBN 978-80-246-2645-1.
- HAVRÁNKOVÁ, Renata, ed. *Klinická radiobiologie*. Praha: Grada Publishing. 2020. ISBN 978-80-247-4098-0.
- STÁTNÍ ÚSTAV PRO JADERNOU BEZPEČNOST. © 2022. Praha, [online]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/>.
- STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY. © 2022. Praha, [online]. Dostupné z: <https://www.suro.cz>.
- ŠVEC Jiří. 2005. *Radioaktivita a ionizující záření*. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava Fakulta bezpečnostního inženýrství. ISBN: 80-86634-62-0.
- TWINING, John R. *Tropical radioecology*. Amsterdam: Elsevier. 2012. ISBN 0080450164.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Zuzana Červenková, Ph.D.**  
Katedra klinických oborů

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **28. dubna 2022**

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

L.S.

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

V Pardubicích dne 14. března 2022

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA**

Prohlašuji:

Práci s názvem Informovanost obyvatel libereckého regionu o přírodním záření a související problematice 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. 04. 2022

Angelina Ashimova v. r.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Moje obrovské poděkování patří vedoucí mé bakalářské práce paní Mgr. Zuzaně Červenkové Ph.D., za vedení práce, trpělivost, cenné připomínky a rady, které mi v průběhu psaní této bakalářské práce poskytla. Také bych chtěla poděkovat kolegům a známým z Všeobecné fakultní nemocnice v Praze, kteří mi pomohli zajistit dostatek respondentů, a samotným respondentům, kteří se mého výzkumu zúčastnili. Díky patří i mé rodině a přátelům za podporu během celého studia.

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se zabývá zhodnocením informovanosti obyvatel libereckého regionu o problematice přírodní radioaktivity a jejího vlivu na organismus člověka. Bakalářská práce se dělí na část teoretickou a praktickou. Teoretická část popisuje fenomén radioaktivity, zdroje radioaktivity, vliv radioaktivního záření na zdraví člověka z pohledu radiobiologie. Praktická část je zaměřena na hodnocení informovanosti respondentů pomocí mnou vytvořeného anonymního dotazníku. Otázky byly formulovány na základě cílů a průzkumných otázek této práce. Výsledky průzkumu jsou uvedeny v samostatné kapitole.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

přírodní radioaktivita, informovanost, záření, radon

## **TITLE**

Awareness of the people's Liberec region about natural radiation and related issues.

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis is focused on the assessment of the awareness of the Liberec region inhabitants about the issue of natural radioactivity and its influence on the human health. The bachelor thesis consists of a theoretical and a practical part. The theoretical part describes the phenomenon of radioactivity, sources of radioactivity, the influence of radioactive radiation on human health according to radiobiology. The practical part is focused on the assessment of the respondents' awareness using an anonymous questionnaire created by me. The questions were formulated based on the thesis goals and research questions. The results of the research are presented in a separate chapter.

## **KEYWORDS**

natural radioactivity, awareness, radiation, radon

## OBSAH

Úvod.....	11
1 Cíle a metody práce.....	12
1.1 Cíl práce.....	12
Teoretická část.....	13
2 Radioaktivita.....	13
2.1 Základní dozimetrické veličiny a jednotky.....	14
2.2 Radioaktivní přeměnové řady.....	15
2.3 Přírodní zdroje záření.....	17
2.3.1 Kosmické záření.....	18
2.3.2 Záření přírodních radionuklidů.....	18
2.3.3 Radon.....	20
2.4 Pohyb radioaktivních látek v biosféře.....	22
3 Biologické účinky ionizujícího záření.....	24
3.1 Druhy ionizujícího záření a jejich účinky na živou tkáň.....	24
4 Informovanost obyvatel o problematice přírodního záření.....	27
4.1 Radonový program ČR a protiradonová opatření, dotace.....	27
praktická část.....	29
5 Cíle a průzkumné otázky.....	29
5.1 Dílčí cíle práce.....	29
5.2 Průzkumné otázky.....	29
6 Metodika průzkumné části.....	29
6.1 Charakteristika dotazníku.....	30
6.2 Charakteristika průzkumného vzorku.....	31
6.3 Průběh dotazníkového šetření.....	32
6.4 Zpracování dat.....	32
7 Interpretace výsledků.....	34



8	Diskuze .....	46
9	Závěr.....	53
10	Použitá literatura.....	55
11	Přílohy.....	59

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1- Decay of $^{137}\text{mBa}$ by Gamma emission (A.Al-Harmali, 2020). .....	14
Obrázek 2 - Rozdělení dávek obyvatelstvu (SÚJB, 2022) .....	17
Obrázek 3 - Produkty přeměny radonu (SÚJB, 2016) .....	20
Obrázek 4 - Potenciální pozemní cesty ozáření člověka radionuklidy v životním prostředí (Twining, 2012) .....	23
Obrázek 5 - Věková skupina respondentů, n = 34 .....	31
Obrázek 6 - Vzdělání respondentů, n = 34 .....	32
Obrázek 7 - Zdroje informací, celkový počet odpovědi 65 od 34 respondentů .....	34
Obrázek 8 - Ozáření obyvatel z přírodních zdrojů záření, n = 34 .....	35
Obrázek 9 - Zdroje přirozené radioaktivity, počet odpovědi 73 od 34 respondentů .....	36
Obrázek 10 - Způsoby kontaminace organismu radioaktivními látkami, počet odpovědi 54 od 34 respondentů .....	37
Obrázek 11 - Správné tvrzení o radonu, počet odpovědi 38 od 34 respondentů .....	39
Obrázek 12 - Míra ozáření obyvatelstva radonem v ČR, n = 34 .....	40
Obrázek 13 - Nebezpečí radonu, n = 34 .....	41
Obrázek 14 - Vliv nadmořské výšky na ozáření obyvatelstva, n = 34 .....	43
Obrázek 15 - Možnost získání přehledu o hodnotách přírodního radiačního pozadí, n = 34 ..	44
Obrázek 16 - Radonový program a protiradonová ozdravná opatření v ČR, n = 34 .....	45
Tabulka 1 - Kategorie radonového indexu pozemku (Příbylová, 2017) .....	22
Tabulka 2 - Výroky respondentů v otázce č. 9, n = 34 .....	38
Tabulka 3 - Výroky respondentek v otázce č. 11, počet odpovědi 38 od 34 respondentů .....	42

## **SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK**

ČGS	Česká geologická služba
ČR	Česká republika
DNA	Deoxyribonukleová kyselina (Deoxyribonucleic acid)
MonRaS	Monitorování radiační situace
Např.	Například
Obr.	Obrázek
SPF	Ochranný sluneční faktor (Sun Protection Factor)
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRO	Státní ústav radiační ochrany
UNSCEAR	Vědecký výbor OSN pro účinky atomového záření (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation)

## ÚVOD

Vše, s čím se v každodenním životě setkáváme, obsahuje radioaktivní látky, z nichž některé jsou přírodní a jiné umělé: vzduch, kterým dýcháme, voda, kterou pijeme, potraviny, které jíme, půda, po které chodíme, a spotřební výrobky, které kupujeme a používáme. Naše tělo také obsahuje radioaktivní izotopy  $^{14}\text{C}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{210}\text{Po}$  a počátky života na Zemi, jeho následný vývoj probíhaly pod neustálým vlivem záření (Beneš a kol., 2015).

Téměř každý je seznámen s používáním záření k diagnostice nemocí a terapii, léčbě např. léčbě rakoviny, ale mnoho lidí si při vyslovení pojmů "radioaktivní" a "záření" vybaví spíše hřibovité mraky a obludné mutanty, kteří se vyskytují ve světě sci-fi filmů a komiksů. Při výkonu praxe v nemocnici jsem se také velmi často setkávala s obavami pacientů z obdržení velkých dávek záření při vyšetřeních, jako je rentgen nebo počítačová tomografie.

A proto při výběru tohoto tématu mě zajímalo, jak jsou lidé, žijící v oblastech s vysokou koncentrací přírodního záření, o něm informováni a zda znají preventivní opatření, která mohou snížit dávku záření, kterou dostávají zvenčí.

Teoretická část je zaměřena na důležitá témata z oblasti radiofyziky a radiobiologie. Začíná popisem základních pojmů radiofyziky, popisem jevu radioaktivity, druhů radioaktivních přeměn a zdrojů radioaktivity. Další část je věnována biologickým účinkům ionizujícího záření na organismus člověka. Třetí část popisuje možnosti informování obyvatel České republiky a také státní protiradonový program a dotace.

Praktická část je založena na vyhodnocení průzkumu provedeného pomocí anonymního dotazníku v libereckém regionu. Výsledky této části přispěly k dosažení cílů mé bakalářské práce a ke zjištění, jaká je informovanost obyvatel libereckého regionu na dané téma.

# **1 CÍLE A METODY PRÁCE**

## **1.1 Cíl práce**

### **Hlavní cíl práce:**

Cílem bakalářské práce je zjistit informovanost obyvatel libereckého regionu různých věkových kategorií o přírodním záření a související problematice.

### **Teoretický cíl práce:**

Shrnout informace o přírodních zdrojích záření, jejich vlivu na zdraví člověka a opatřeních k ochraně zdraví v souvislosti s touto problematikou.

### **Dílčí cíle práce:**

1. Zjistit u obyvatel libereckého regionu zdroje informací o přírodním záření.
2. Zjistit informovanost obyvatel libereckého regionu o zdrojích přírodního záření a o zdravotním riziku zvýšené expozice přírodnímu záření.
3. Zjistit, zda obyvatelé libereckého regionu vědí o možnostech ochrany zdraví před přírodním zářením.

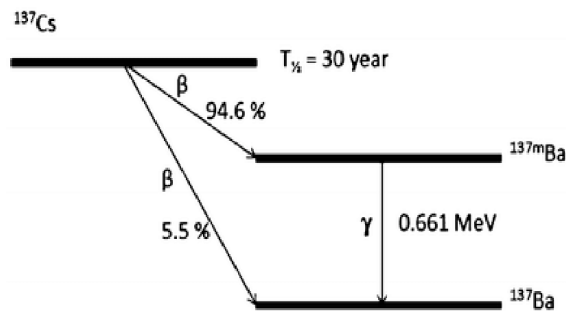
**Metody k dosažení cíle:** dotazníkové šetření ve vlastním průzkumu.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 2 RADIOAKTIVITA

Každý atom se skládá z kladně nabitého jádra obklopeného řadou záporně nabitých elektronů. Jádro atomu je složeno z protonů, které nesou pozitivní náboj a neutronů, které jsou elektricky neutrální, souhrnně nazývané nukleony. Ne všechny kombinace počtu protonů a neutronů tvoří stabilní jádra. Podobný počet neutronů a protonů lze pozorovat v těch jádrech, kde  $A < 20$  (lehká jádra), v těžkých jádrech se podíl neutronů stále zvyšuje. Je to tak, protože kladně nabitě protony se navzájem elektrostaticky odpuzují a toto odpuzování je v jádrech při protonovém (atomovém) čísle ( $Z$ ) větším nebo rovném 10 již tak silné, že ke stabilitě jádra je zapotřebí přebytku neutronů, které vytvářejí přitažlivé síly. Hranicí schopnosti neutronů udržet jádro stabilní je izotop vizmutu, který je nejtěžším stabilním nuklidem. Všechna těžší jádra jsou nestabilní a samovolně se přeměňují na jádra lehčí, která jsou stabilní nebo ke stabilní konfiguraci jádra vedou. Tento jev se nazývá přírodní radioaktivita. Kvantitativně lze jev radioaktivity popsat fyzikální veličinou aktivitou  $A$ , která vyjadřuje počet radioaktivních přeměn daného množství radionuklidu za jednotku času. Jednotka aktivity je Becquerel (Bq), vyjadřuje 1 přeměnu za 1 sekundu (dříve se za jednotku aktivity považovala curie,  $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$ ) (Švec a kol., 2006).

Postupně bylo zjištěno, že radioaktivita je samovolná přeměna atomových jader látek s emisí jaderného záření:  $\alpha$  částic (jádra helia),  $\beta$  částic (elektronů) a  $\gamma$  kvant. Později byly objeveny další, vzácnější typy přeměny: spontánní jaderné štěpení, dvojitá přeměna, emise jaderných klastrů atd. Částice  $\alpha$  a  $\gamma$  kvanta emitovaná jádry při radioaktivních přeměnách mají diskrétní energetické hodnoty, protože vznikají při přechodu jader z jednoho určitého energetického stavu do druhého. Rozdělení částic záření dle jejich energie se nazývá energetický spektrum. Můžeme tedy říci, že spektra  $\alpha$  částic a  $\gamma$  kvant jsou diskrétní. Při  $\beta$  přeměně jsou současně s  $\beta$  částicemi emitována neutrina a energie přeměny je rozdělena mezi  $\beta$  částici a neutrino. Výsledkem je, že  $\beta$  částice mají spojité spektrum. Všechny druhy přeměn, kterými procházejí jádra zkoumaného radionuklidu, se pro přehlednost obvykle znázorňují ve formě přeměnových schémat. Například na obr. 1 je znázorněna přeměna  $^{137}\text{Cs}$ .



Obrázek 1- Decay of  $^{137\text{m}}\text{Ba}$  by Gamma emission (A.Al-Harmali, 2020).

## 2.1 Základní dozimetrické veličiny a jednotky

Dozimetrické veličiny se používají pro účely radiační ochrany a bezpečnosti a slouží k charakterizaci účinků záření na člověka. Fenomény radioaktivity a interakce záření s hmotou jsou založeny na fyzikálních procesech, které mají pravděpodobnostní povahu. Charakteristikami těchto procesů jsou diskrétní hodnoty: počet jaderných přeměn za jednotku času, energie emitované částice, počet interakcí částic v prostředí atd (Germenčuk, 2021).

Základními dozimetrickými veličinami jsou expozice, dávka a kerma, od nichž se odvozují veličiny používané v radiační ochraně ke kvantifikaci biologických účinků záření. Všechny zásadní dozimetrické veličiny mají bodovou povahu a jako takové nejsou vhodné k přímému použití pro účely radiační ochrany.

Současné pojetí **expozice** ( $X$ ) je založené na následující definici, která spočívá v tom, že v daném bodě radiačního pole podíl absolutní hodnoty celkového elektrického náboje  $dQ$  iontů jednoho znaménka vzniklých ve vzduchu v důsledku celkového zbrzdění všech elektronů a pozitronů, které byly uvolněny pomocí fotonů v objemovém elementu vzduchu o hmotnosti  $dm$ , tj.:

$$X = \frac{|dQ|}{dm} \cong \frac{|\Delta Q|}{\Delta m}$$

Je rovněž třeba zdůraznit, že expozice je vymezená pouze pro fotonové záření a pro vzduch. Hlavní jednotkou expozice je  $1 \text{ C.kg}^{-1}$ . Tato jednotka se vztahuje ke staré jednotce R (rentgen) takto:  $1 \text{ R} = 2,54 \cdot 10^{-4}$  nebo  $1 \text{ C.kg}^{-1} = 3937 \text{ R}$ . Veličina, která je odvozená od expozice je expoziční příkon, který vyjadřuje přírůstek expozice za časový interval. Jednotkou je  $\text{A.kg}^{-1}$ .

**Dávka** (absorbovaná dávka) ( $D$ ) je nejdůležitější dozimetrickou veličinou, která je také výchozí veličinou pro účely radiační ochrany. Není-li uvedeno jinak, dávka se vždy vztahuje k určitému

bodů látky. Je definována pro libovolné záření a pro libovolnou látku. Dávka ( $D$ ) v daném bodě je podíl  $d\bar{\varepsilon}$  (střední (očekávaná) sdělené energie záření elementu látky) a  $dm$  (hmotnosti tohoto elementu), tj:

$$D = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dm} \cong \frac{\Delta\bar{\varepsilon}}{\Delta m}.$$

Jednotkou dávky je Gy. Dříve se používala měrná jednotka rad, takže platí jednoduchý převodní vztah  $1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gy}$ . V názvu této veličiny musí být vždy uveden název látky, které se dávka týká, např. dávka ve vzduchu  $D_{\text{vzd}}$ . Odvozená od dávky veličina je dávkový příkon, který je definován jako přírůstek dávky za časový interval. Jednotkou je  $\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Ke kvantitativnímu vyjádření účinku nepřímo ionizujícího záření v jakémkoli prostředí byla zavedena další dozimetrická veličina **kerma**  $K$  (Kinetic Energy Released in Material), která postihuje přenos energie nenabitých částic (jako jsou fotony nebo neutrony) na nabitě částice nebo vznik nabitých částic příslušnými jadernými reakcemi. *„Kerma v daném bodě je dána podílem součtu počátečních kinetických energií  $dE_k$  všech nabitých částic uvolněných nenabitými částicemi v uvažované látce o objemu  $dV$  a hmotnosti látky v tomto objemovém elementu  $dm$ “:*

$$K = \frac{dE_k}{dm}.$$

V názvu této veličiny, stejně jako u dávky, je vždy třeba uvést konkrétně, k jaké látce se kerma vztahuje, např. kerma ve vzduchu  $K_{\text{vzd}}$  nebo tkáňová kerma  $K_{\text{tk}}$ . Jednotka kermy je Gy. Kermový příkon je odvozená veličina od kermy, která vyjadřuje přírůstek kermy za časový interval. Jednotkou je  $\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}$  (Kubinyi a kol., 2018).

## 2.2 Radioaktivní přeměnové řady

Existují čtyři radioaktivní přeměnové řady, které jsou tvořeny přirozeně se vyskytujícími radioaktivními prvky s vysokým atomovým číslem. To znamená, že z mateřského prvku pomocí transmutací vzniká dceřiný prvek, který je radioaktivní a opět se přeměňuje na další radioaktivní prvek, tento proces pokračuje, dokud se radionuklid v konečné fázi nestane stabilním prvkem. Jsou známé čtyři radioaktivní přeměnové řady, z nichž tři jsou přirozené a jedna umělá. Přirozené radioaktivní řady začínají prvkem s velmi dlouhým poločasem přeměny a končí stabilními nuklidy olova. Jsou to:



1. **Uran - radiová řada.** Mateřským prvkem této řady je uran  $^{238}\text{U}$  ( $T_{1/2} = 4,56 \cdot 10^9$  let). Řada končí stabilním izotopem olova  $^{206}\text{Pb}$ . Nukleonová čísla členů této řady se charakterizují pomocí obecného vzorce pro výpočet hmotnostního čísla  $A = 4n + 2$ , kde  $n$  je přirozené číslo; například u  $^{226}\text{Ra}$  je  $226 = 4 \cdot 56 + 2$ . Z hlediska využití přírodních radioaktivních prvků v medicíně je tato řada nejdůležitější, protože obsahuje radium a radon, prvky, které se používají k terapeutickým účelům.
2. **Aktiniová řada.** Jejím mateřským prvkem je aktinouran  $^{235}\text{U}$  čili  $^{235}\text{AcU}$  ( $T_{1/2} = 8,5 \cdot 10^8$  roků). Řadu ukončuje stabilní izotop olova  $^{207}\text{Pb}$ . Obecný vzorec nukleonového čísla všech členů této řady je  $A = 4n + 3$ .
3. **Thoriová řada.** Prvním členem je thorium  $^{232}\text{Th}$  ( $T_{1/2} = 1,39 \cdot 10^{10}$  roků), tato řada končí stabilním izotopem olova  $^{208}\text{Pb}$ . Obecný vzorec nukleonového čísla členů této řady je  $A = 4n$ .
4. **Neptuniová přeměnová řada** je umělá a má vzorec  $A = 4n + 1$ . Tato řada se nazývá neptuniová, protože neptunium  $^{237}\text{Np}$  má ze všech členů této přeměnové řady nejdelší poločas přeměny, konkrétně  $2,2 \cdot 10^6$  roků. Řada se začíná curiem  $^{241}\text{Cm}$  a končí stabilním izotopem bismutu  $^{209}\text{Bi}$  (Beneš a kol., 2015).

Je známo, že stáří Země je přibližně  $4,7 \cdot 10^9$  let. Porovnáme-li to s poločasy přeměny praotců výše zmíněných radioaktivních řad, vyplývá z toho, že do dnešního dne se téměř zcela zachovalo jádro thoria-232 ( $T_{1/2} = 1,4 \cdot 10^{10}$  let), zatímco jádro uranu-238 ( $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$  let) se přeměnilo částečně a jádro uranu-235 se přeměnilo téměř úplně (obsah  $^{235}\text{U}$  v zemské kůře je nyní 140 krát menší než obsah  $^{238}\text{U}$ ), konečně jádro neptunia-237 se přeměnilo téměř úplně. V uranových rudách však bylo po jeho umělé syntéze nalezeno zanedbatelné množství tohoto nuklidu (Barsukov, 2011).

Je také třeba dodat, že některé umělé radioizotopy mohou vytvářet přeměnovou řadu. To se stává u některých izobarických fragmentů, vznikajících při štěpení uranu. Například  $^{89}\text{Kr}$  ( $T_{1/2} = 2,6$  min)  $\rightarrow$   $^{89}\text{Rb}$  ( $T_{1/2} = 15,4$  min)  $\rightarrow$   $^{89}\text{Sr}$  ( $T_{1/2} = 53$  dní)  $\rightarrow$   $^{89}\text{Y}$  (stabilní).

*„Na základě pravidel posunu pro rozpad  $\alpha$ -částic je zřejmé, že v celé řadě má hmotnostní číslo  $A$  (neplést s aktivitou) stejný vztah k dělitelnosti číslem 4. Číslo čtyři udává počet nukleonů, které  $\alpha$ -částice, uvolňující se z mateřského jádra, obsahuje. Hmotnostní číslo  $A$  se přitom mění právě pouze při  $\alpha$ -rozpadu. Rozpadová řada se může větvit. Důvodem je, že jaderná přeměna je náhodný proces, který se uskutečňuje s určitou pravděpodobností. Z toho vyplývá, že izotop*

se může přeměnit na dva jiné v závislosti na vnějších podmínkách a na stavu daného izotopu, vždy ale bude daná řada končit stejným stabilním nuklidem“ (Beneš a kol., 2015).

### 2.3 Přírodní zdroje záření

Přírodní radioaktivitu můžeme nalézt v půdě, ve vodě a vzduchu, v nás samotných a kromě toho ve všech potravinách, kde vzniká z radioaktivních izotopů  $^{14}\text{C}$  a  $^{40}\text{K}$ . Přírodní radioaktivní zdroje způsobují průměrné ozáření osob žijících v ČR na úrovni 3 mSv (Německo 4,8 mSv, Itálie 5 mSv). Průměrná hodnota na světě je 2 mSv za rok, ale existují i oblasti, kde hodnoty přírodního radioaktivního pozadí výrazně převyšují průměrnou hodnotu, např. v oblasti kolem iránského města Ramsar, kde byly naměřeny roční hodnoty ozáření na úrovni až 260 mSv za rok, na plážích brazilského města Guarapari nebo na plážích jihoindického státu Kerala (FN MOTOL, 2012).

Přírodní pozadí radiace vytváří záření, které pochází z vesmíru (kosmické záření) i záření přírodních radionuklidů a jeho úroveň je v různých místech Země velmi rozdílná. Kosmické záření závisí na nadmořské výšce a zeměpisné poloze. Se zvyšující se výškou intenzita kosmického záření roste, a to asi do výšky 20 km, pak začíná zase klesat a ve větších vzdálenostech je konstantní. Horniny i půdy jsou primárním zdrojem přírodních radionuklidů, ze kterých radionuklidy migrují do vody, potravy a ovzduší (Beneš a kol., 2015).

Na ozáření z přírodních zdrojů připadá většina celkového ozáření obyvatelstva, kolem 80-90 % (viz obr.2) (SÚJB, 2022).



Obrázek 2 - Rozdělení dávek obyvatelstvu (SÚJB, 2022)

### 2.3.1 Kosmické záření

Primární kosmické záření interagující se zemskou atmosférou se skládá převážně z protonů (86 %),  $\alpha$ -částic (11 %) a elektronů (2 %). Těžší jádra tvoří zbývající 1 % (Durante a Manti, 2008). Kosmické záření v primární složce lze rozdělit na dva druhy: galaktické a solární. Galaktické kosmické záření pochází ze zbytků supernov, což jsou silné exploze na konci životního cyklu hvězdy. Energie uvolněná z těchto výbuchů urychluje nabitě částice, které jsou velmi pronikavé a extrémně obtížně se jim bránit. Supernovy totiž fungují jako obrovské přírodní urychlovače částic. Země je neustále vystavena galaktickému kosmickému záření (Švec a kol., 2006).

Solární kosmické záření se skládá z nabitých částic emitovaných Sluncem, hlavně z elektronů, protonů a jader hélia. Část tohoto záření neustále vychází ze sluneční koróny, kvůli velmi vysoké teplotě, tento jev nazývají „sluneční vítr“. Zbytek pochází ze slunečních erupcí - náhlých a sporadických výbuchů elektricky nabitých částic doprovázených elektromagnetickým zářením, které vznikají při roztahování a kroucení magnetických polí na povrchu Slunce. Magnetické pole Slunce se může náhle smršťovat jako gumička a uvolňovat obrovskou energii, která může potenciálně ohrozit zdraví astronautů ve vesmíru. Silné sluneční erupce, i když jsou vzácné, mohou narušit rádiovou komunikaci a ovlivnit moderní komunikační a navigační technologie na Zemi (Townsend, 2005).

Sekundární složku kosmického záření tvoří částice (fotony brzděného záření a prakticky všechny elementární částice), které vznikají interakcemi částic primárního kosmického záření s částicemi zemské atmosféry. Převážná část částic ze sekundární složky kosmického záření dopadá na povrch Země. Menší část vyvolává jaderné reakce s jádry atomů složek atmosféry při průchodu zemskou atmosférou. Patří sem především uhlík, tritium, kyslík, dusík a vzácné plyny (Švec a kol., 2006).

### 2.3.2 Záření přírodních radionuklidů

Nuklid je množina atomů, která se od sebe neliší počtem protonů a počtem neutronů. Zároveň s tím, radionuklidy jsou nuklidy, které mají stejný počet protonů, ale různý počet neutronů a jsou nestabilní. Každý radionuklid má charakteristické parametry: typ přeměny, poločas přeměny a energie emitované částice (Kupka, 2015).

Přírodní radionuklidy lze rozdělit na:

- **kosmogenní** radionuklidy,
- původní **primordiální** radionuklidy,

- radionuklidy vznikající **sekundárně** z původních radionuklidů.

Kosmogenní radionuklidy vznikají nepřetržitě bombardováním stabilních nuklidů kosmickým zářením. Slunce je nejbližším zdrojem tohoto záření, ale tok kosmického záření je převážně galaktický, modulovaný Sluncem a slunečním větrem (Gosse a Phillips, 2001).

Proces srážky, při kterém se kosmická částice přeměňuje nebo interaguje se stabilním prvkem za vzniku radionuklidu, se nazývá štěpení. Tento proces probíhá především ve vyšších vrstvách atmosféry a ve spodní troposféře, ale také na povrchu Země. Je třeba poznamenat, že míra produkce je v tropech nižší než na pólech (v atmosféře nebo na zemské kůře), především kvůli vlivu magnetického pole Země (Gosse a Phillips, 2001).

Nuklidy vznikající v horní troposféře a dolní stratosféře mají široký rozsah poločasů přeměny od minuty nebo méně (např.  $^{39}\text{Cl}$ , 56 minut) až do milionu let (např.  $^{10}\text{Be}$ ,  $1,6 \times 10^6$  let), ale většina se pohybuje v rozmezí desítek až tisíců let. Mezi běžné kosmogenní radionuklidy patří  $^{26}\text{Al}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{32}\text{Si}$ ,  $^{10}\text{Be}$  a  $^7\text{Be}$ . Následně se s deštěm šíří na zemský povrch a do oceánů nebo jsou spojeny s pevnými částicemi, odkud se šíří do ekosystémů. Vykazují sezónní proměnlivost sedimentačních procesů, které upřednostňují povrchové usazování v mírném pásmu před tropickými a subtropickými oblastmi. Mnohé z těchto nuklidů, včetně  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  a  $^{36}\text{Cl}$ , vznikly také při testování jaderných zbraní v atmosféře.

Nuklidy vzniklé na zemském povrchu lze využít například k určení doby, po kterou se určitá hornina nebo půda nachází na povrchu. Tyto informace mohou být velmi užitečné pro interpretaci historie zalednění nebo pro další geomorfologické studie a pro vysvětlení různých ekologických procesů, jako je změna klimatu (Leduc et al., 2006).

Primordiální radionuklidy se vztahují k radionuklidům, které vznikly při vzniku vesmíru a jejichž poločasy přeměny jsou tak dlouhé ( $>10^8$  roků), že jsou přítomny i dnes. Patří mezi ně  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  a  $^{232}\text{Th}$ . Právě  $^{238}\text{U}$  v půdě vytváří při přeměně hlavní zdroj radiačního pozadí - plyný radon  $^{222}\text{Rn}$ . Přeměňuje se poměrně rychle ( $T_{1/2} = 4$  dny), přičemž vznikají krátkodobé izotopy polonia  $^{218}\text{Po}$  a  $^{214}\text{Po}$ , které se mohou hromadit v plicích při vdechnutí, zatímco se dále přeměňují. Koncentrace radonu ve vzduchu je však nízká. Poněkud vyšší je uvnitř budov, kde se radon hromadí ve sklepích a nižších patrech (Sapožnikov a kol., 2020).

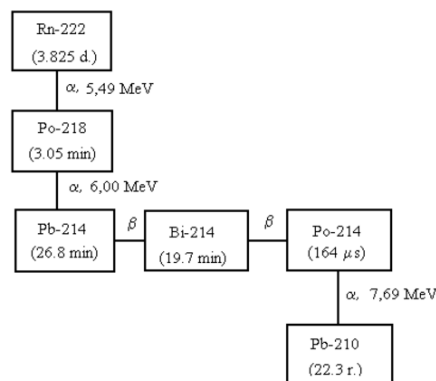
Jeden kilogram půdy obvykle obsahuje 400 Bq  $^{40}\text{K}$  (typický rozsah 140-850 Bq), 35 Bq  $^{238}\text{U}$  (typický rozsah 16-110 Bq) a 30 Bq  $^{232}\text{Th}$  (typický rozsah 11-64 Bq). Tyto hodnoty jsou globálními průměry a některé půdy se od těchto norem výrazně liší.

$^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  a  $^{232}\text{Th}$  generují prostřednictvím svých přeměnových řetězců také několik radioaktivních potomků prostřednictvím řady nuklidů s kratší dobou života (obrázek 1.4). Tyto produkty přeměnového řetězce jsou považovány za sekundární primordiální radionuklidy, přestože mají kratší poločasy přeměny, protože jsou od doby svého vzniku nepřetržitě vytvářeny ze svých mateřských radionuklidů (Twining, 2012).

### 2.3.3 Radon

„Největší podíl na průměrném ozáření osob žijících v ČR má radon (40 %)“ (FN MOTOL, 2012).

Radon je radioaktivní plyn ze skupiny vzácných plynů, produkt přeměny radia (poločas přeměny 1600 roků). Radon se vyskytuje ve většině hornin a ve stavebních materiálech. Nemá barvu a zápach. Je to alfa částice s energií 5,48 MeV. Radon má krátkodobé produkty přeměny. Tento plyn má tři základní izotopy  $^{222}\text{Rn}$  (T=3,8 dne),  $^{220}\text{Rn}$  (thoron, člen přeměnové rady thoria, T=55,3s),  $^{219}\text{Rn}$  (aktinon, člen přeměnové rady aktinia, T=3,92s).  $^{220}\text{Rn}$  a  $^{219}\text{Rn}$  jsou praktické bezvýznamné, protože mají velmi krátké poločasy přeměny, což omezuje jeho šíření v horninovém prostředí. Naopak radon  $^{222}\text{Rn}$ , jeho parametry a produkty přeměny, podtrhují význam těchto radionuklidů v okolním prostředí (Švec a kol., 2006).



Obrázek 3 - Produkty přeměny radonu (Radonový program České republiky, 2016)

Ačkoli je radon chemicky inertní a elektricky nenabíjí, je radioaktivní, což znamená, že atomy radonu ve vzduchu se mohou samovolně přeměňovat na jiné atomy. Dceřiné radionuklidy radonu jsou elektricky nabitě a mohou se připojit k nejmenším prachovým částicím ve vzduchu. Tyto prachové částice se snadno vdechují do plic a mohou ulpívat na plicní výstelce. Atomy radonu se přeměňují na dceřiné produkty přeměny vyzařují typ záření zvaný alfa, který může

poškodit buňky v plicích. Záření alfa poškozují DNA těchto plicních buněk. Toto poškození DNA může být jedním z kroků v řetězci událostí, které mohou vést k rakovině. Alfa záření se v těle šíří jen na velmi krátkou vzdálenost, a proto se nemůže dostat k buňkám v jiných orgánech. Rakovina plic je tedy pravděpodobně jediným potenciálně významným rizikem rakoviny, které radon ve vnitřním ovzduší představuje (BEIR VI, 1999).

Problematika ozáření radonem a jeho přeměnovými produkty je v České republice o to závažnější, že střední aktivita radonu v obytných prostorech je - 116 Bq $m^{-3}$ , což je jedna z nejvyšších hodnot v Evropě. Radioaktivní radon a jeho přeměnové produkty se v různé míře vyskytovaly vždy a všude, ale až do padesátých let se radon považoval za nebezpečí pouze pro horníky v uranových dolech. Teprve v posledních třech desetiletích byl problém zvýšeného ozáření v budovách celosvětově uznán jako zdravotně závažný, ale přitom ovlivnitelný. Důležitou roli v tomto smyslu sehrály změny životního stylu (menší ventilace obytného prostoru z důvodu úspory energie, obecně delší pobyt v budovách atd.), které vedly ke zvýšení podílu ozáření z radonu vzhledem k celkovému ozáření. Kromě toho významnou roli hraje stárnutí bytového fondu, zejména ve venkovských oblastech, a dále také vysoká úroveň celkového znečištění životního prostředí, které vede ke zhoršování zdraví populace (Švec a kol., 2006).

### **2.3.3.1 Radonový index**

Termín „radonový index“ je relativně nový, ovšem dříve se místo něj používal jiný pojem „kategorie radonového rizika základových půd“. Radonový index určité oblasti udává koncentraci radonu v půdě dané lokality a jak jsem již zmiňovala, koncentrace radonu v půdě se může v jednotlivých místech značně lišit (Neznaný a Neznaný, 2009). Radon nevzniká přímo ve vzduchu v místnosti, ale dostává se do budovy zvenčí. Mezi hlavní zdroje radonu pronikajícího do budovy patří zemina v daném místě, materiály použité při stavbě a atmosférický vzduch, který se do budovy dostává infiltrací (plynoprůstnost zemin). Ozáření radonem v domácnostech výrazně převyšuje ostatní zdroje ozáření populace a je druhou nejzávažnější příčinou úmrtnosti na rakovinu plic (po kouření) (Gulabjanc, 2020). A proto při pořizování nemovitosti je vhodné si ověřit, jaké je ve vybrané oblasti radonové riziko. Tuto informaci lze získat na příslušném stavebním úřadě nebo ji lze nalézt v geologických mapách radonového indexu podloží, které jsou k dispozici na webových stránkách České geologické služby.

Přesnější hodnotu lze zjistit měřením radonu v půdě; toto měření provádějí firmy, které k tomu získaly příslušné povolení od Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB, 2022). Měření

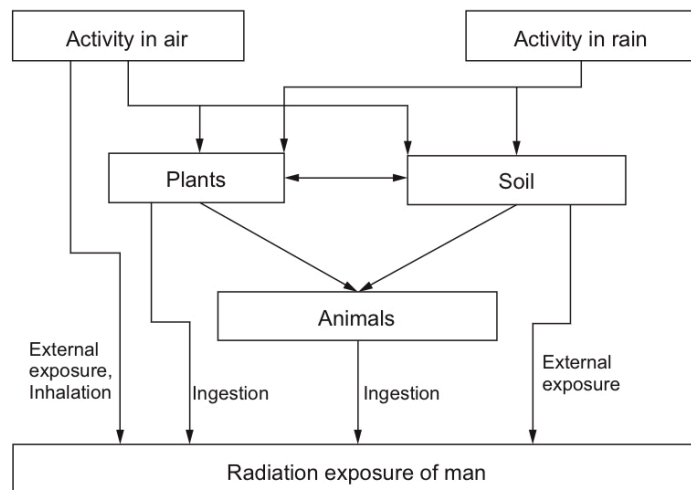
radonu se provádí odběrem vzorků půdního vzduchu z místa měření, a to nejméně v patnácti bodech rovnoměrně rozmístěných po předpokládané ploše stavby, nebo v případě ploch větších než 800 m<sup>2</sup> v síti 10 x 10 m<sup>2</sup>. Oprávněná osoba vypracuje na základě výsledků měření a šetření posudek. Podle propustnosti zeminy a koncentrace radonu v podloží může být radonový index stavebního pozemku nízký, střední nebo vysoký (viz. tab. 1). Nachází-li se vybraná nemovitost v oblasti se středním nebo vysokým radonovým indexem v geologickém podloží, měla by být věnována zvláštní pozornost možnému přírodnímu ozáření ve vybrané budově (SÚJB, 2022).

**Tabulka 1 - Kategorie radonového indexu pozemku (Příbylová, 2017)**

Radonové riziko	Koncentrace radonu v podloží Cs (kBq/m <sup>3</sup> )		
	vysoké	Cs > 100	Cs > 70
střední	30 < Cs < 100	20 < Cs < 70	10 < Cs < 30
nízké	Cs < 30	Cs < 20	Cs < 10
<b>Propustnost podloží</b>	nízká	střední	vysoká

## 2.4 Pohyb radioaktivních látek v biosféře

Potenciální pozemní cesty ozáření člověka radionuklidy v životním prostředí jsou shrnuty na obrázku 4. Ke kontaminaci rostlin a půdy dochází v důsledku srážek. Depozice radionuklidů na zemědělské půdě a její kontaminace představuje dlouhodobý zdroj kontaminace rostlin. Aktivita absorbovaná rostlinami se ve většině případů následně ztrácí v důsledku zvětrávání, ale další dlouhodobá kontaminace rostlin vzniká v důsledku opakovaného ukládání radionuklidů na zemědělskou půdu, což je pak zdrojem kontaminace rostlin prostřednictvím kořenového příjmu. Radioaktivita může být vázána na složky půdy nebo může být z půdy odstraněna fyzikálním rozkladem, erozními procesy a migrací do hlubších vrstev půdy, odkud nejsou radionuklidy dostupné pro kořeny. Kontaminované rostliny jsou podávány zvířatům, což vede ke kontaminaci masa, mléka a vajec.



**Obrázek 4 - Potenciální pozemní cesty ozáření člověka radionuklidy v životním prostředí (Twining, 2012)**

Radionuklidy přírodního původu jsou v pitné vodě obvykle přítomny v různém množství. Uvolňují se z hornin a minerálů, které tvoří vodonosnou vrstvu, stejně jako ostatní kationty a anionty: procesy eroze a rozpouštění přináší radioaktivní prvky ze skal do vody. Radionuklidy přírodního původu jsou v pitné vodě obvykle přítomny v různém množství. Uvolňují se z hornin a minerálů, které tvoří vodonosnou vrstvu, stejně jako ostatní kationty a anionty: procesy eroze a rozpouštění přináší radioaktivní prvky ze skal do vody (Twining, 2012).



### 3 BIOLOGICKÉ ÚČINKY IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ

Ionizující záření je vysoce biologicky účinné. Kvanta ionizujícího záření mají dostatečnou energii k ionizaci atomů a tvorbě aktivních radikálů, čímž způsobují dlouhotrvající reakce v živých tkáních. Biologický účinek záření proto obvykle vede k narušení normálních biochemických procesů s následnými funkčními a morfologickými změnami v živočišných buňkách a tkáních (Lysenko, 2017). Je také třeba zmínit, že energie potřebná k poškození nebo úmrtí člověka je velmi malá. *“Například při celotělové expozici 10 Gy (10 J/kg) záření  $\gamma$ , tj. dávce, která již spolehlivě vyvolává smrtelnou formu nemoci z ozáření, předá záření člověku o hmotnosti 80 kg pouze 800 J. Přitom třeba k ohřátí 1l vody o 1° C potřebujeme 4180 J, tj. energii více než 4krát větší.”* (Havránková a kol., 2020).

Účinky ionizujícího záření na organismus lze rozdělit do dvou skupin.

1. Somatické nestochastické (deterministické). Účinky projevující se u exponované osoby bezprostředně po expozici vysoké dávky: akutní a chronická nemoc z ozáření, lokální poškození zářením (katarakta), poškození kůže, poruchy reprodukce atd. Pravděpodobnost výskytu těchto účinků je obecně při nízkých dávkách prakticky nulová, ale po překročení určité úrovně (dávkového prahu) nastává ve 100 % případech. Závažnost účinku se se zvyšující dávkou zvyšuje.
2. Stochastické somatické - účinky, které se objevují u exponované osoby až po dlouhé době: snížená odolnost vůči infekcím, kratší život, výskyt nádorů, leukémie. Nemají prahovou dávku. Genetické nebo dědičné účinky, které se projevují u potomků ozářených osob. Tyto účinky jsou rovněž stochastické. Zároveň se mohou vyskytovat dominantní a recesivní genové mutace a chromozomální aberace (Lysenko, 2017).

#### 3.1 Druhy ionizujícího záření a jejich účinky na živou tkáň

Záření lze definovat jako částice nebo energii uvolněnou nestabilním atomem. Nestabilní atom má uspořádání nukleonů s dostatečným přebytkem energie, který způsobuje přeměnu vyzařováním. Výsledný nuklid bude obsahovat méně energie. Je důležité pochopit rozdíl mezi částicovým a nečásticovým zářením. Záření ve formě částic bude mít měřitelnou velikost, hmotnost a rychlost, zatímco nečásticové záření je čistá energie pohybující se rychlostí světla. Věda zná desítky typů záření. Záření se klasifikuje podle povahy vyzařovaných částic (pokud existují), množství energie spojené s jejich emisí a mechanismu, jakým emise vzniká. Většina těchto typů záření je zajímavá pouze pro fyziky zabývající se vysokými energiemi a jadernou fyzikou (Irvin, 1996).

**Alfa záření** je proud jader helia (He) s vysokou rychlostí. Tato jádra mají hmotnost 4 a náboj +2. Vznikají radioaktivní přeměnou jader nebo jadernými reakcemi. Energie částic alfa nepřesahuje několik jednotek MeV. Vyzařované částice alfa se pohybují téměř po lineární dráze rychlostí přibližně 20 000 km/s. Délka dosahu částic alfa ve vzduchu je obvykle menší než 10 cm. Například částice alfa s energií 4 MeV má ve vzduchu dosah přibližně 2,5 cm. Ve vodě nebo v měkkých tkáních lidského těla, jejichž hustota je více než 700 krát vyšší než hustota vzduchu, je rychlost částice alfa několik desítek mikrometrů. Vzhledem ke své velké hmotnosti částice alfa při interakci s hmotou rychle ztrácejí energii. To vysvětluje jejich nízkou pronikavou schopnost a vysokou specifickou ionizaci: částice alfa vytváří při svém průletu vzduchem několik desítek tisíc párů nabitých částicových iontů na 1 cm dráhy.

**Beta záření** je tok elektronů (záření  $\beta^-$ ) nebo pozitronů (záření  $\beta^+$ ) vznikajících při radioaktivní přeměně. V současné době je známo přibližně 900 radioaktivních izotopů beta. Hmotnost částic beta je několik desetitisíckrát menší než hmotnost částic alfa. V závislosti na povaze zdroje záření beta může být rychlost těchto částic v rozmezí 0,3-0,99 rychlosti světla. Energie částic beta nepřesahuje několik jednotek MeV, délka dráhy ve vzduchu je asi 1800 cm a v lidských měkkých tkáních asi 2,5 cm. Pronikavost částic beta je vyšší než u částic alfa (díky jejich nižší hmotnosti a náboji). Například k úplné absorpci proudu částic beta s maximální energií 2 MeV je zapotřebí stínící vrstva z hliníku o tloušťce 3,5 mm. Ionizační výkon záření beta je nižší než u záření alfa: na 1 cm dráhy částic beta v prostředí vzniká několik desítek párů nabitých iontů.

**Záření gama** je vysokoenergetické elektromagnetické záření s krátkou vlnovou délkou ( $< 2 \cdot 10^2 \mu\text{m}$ ). Vyzařuje se při jaderných přeměnách nebo interakcích částic. Vysoká energie (0,01-3 MeV) a krátká vlnová délka způsobují vysokou schopnost průniku gama záření. Gama záření není vychýleno elektrickým ani magnetickým polem. Toto záření má nižší ionizační sílu než záření alfa a beta. Rentgenové záření má stejně jako gama záření nízký ionizační výkon a vysokou hloubku průniku.

Přírodním zdrojem **rentgenového záření** ve vesmíru jsou především hvězdy, ale může být generováno i uměle, a to bombardováním anod rentgenových trubíc, urychlovačů apod. elektrony. Energie fotonů rentgenového záření nepřesahuje 1 MeV.

**Neutronové záření** je tok jaderných částic, které nemají elektrický náboj. Hmotnost neutronu je přibližně čtyřikrát menší než hmotnost částice alfa. Podle energie se rozlišují neutrony pomalé (s energií menší než 1 keV), neutrony se střední energií (od 1 do 500 keV) a neutrony rychlé (od 500 keV do 20 MeV). Mezi pomalé neutrony patří tepelné neutrony s energií menší

než 0,2 eV. Tepelné neutrony jsou v podstatě v tepelné rovnováze s tepelným pohybem atomů prostředí. Nejpravděpodobnější rychlost těchto neutronů je 2200 m/s při pokojové teplotě. Při nepružných interakcích neutronů s atomovými jádry prostředí vzniká sekundární záření, které se skládá z nabitých částic a gama paprsků. Při pružných interakcích neutronů s jádry lze pozorovat obvyklou ionizaci hmoty. Pronikavost neutronů závisí na jejich energii, která je však mnohem vyšší než u částic alfa nebo beta. Neutrony se střední energií mají tedy dosah přibližně 15 m ve vzdušném prostředí a 3 cm v biologické tkáni, zatímco odpovídající hodnoty pro rychlé neutrony jsou 120 m a 10 cm. Neutronové záření má tedy vysokou pronikavou schopnost a je pro člověka nejnebezpečnější ze všech korpuskulárních záření. Výkon neutronového toku se měří pomocí hustoty neutronového toku (Bykov, 2013).

## 4 INFORMOVANOST OBYVATEL O PROBLEMATICE PŘÍRODNÍHO ZÁŘENÍ

Informace jsou dnes všude kolem nás a z různých zdrojů se můžeme dozvědět téměř o všem, co nás zajímá. Hlavním cílem mé práce je zjistit, zda lidé znají pojem "přírodní záření" a jaký vliv má takové záření na jejich zdraví. Přírodní záření je prokazatelně zdraví škodlivé a je nebezpečné, lidé z více zatížených oblastí radiačním pozadím by se měli dovědět, co by měli dělat pro svou ochranu. V této kapitole budu věnovat pozornost zdrojům informací o přírodním záření a jeho účincích na lidské zdraví.

Na úvodní stránce Státního ústavu radiační ochrany (dále jen SÚRO) v oddíle "Radon a přírodní ozáření" je k dispozici velká řada volně dostupných odborných článků a publikací o přírodním záření. Jednou z klíčových myšlenek, která je napsána v úvodu tohoto oddílu a která posloužila jako podklad pro napsání této bakalářské práce, je skutečnost, že v současné době většina z nás ani nepředpokládá, že dostává nejvyšší dávku záření z přírodního pozadí a právě proto dnes obavy obyvatelstva z radioaktivity jsou soustředěny hlavně na umělé zdroje záření, především na jaderná zařízení (SÚRO, 2022). Na internetových stránkách SÚRO můžeme najít také mapu rozložení radonu v půdě České republiky. Pomocí těchto geologických map si může každý člověk zdarma ověřit radonový index (viz kapitola 2.3.3.1) v oblasti bydliště - stačí si vybrat město a najít svůj domov. Radonové mapy uvádějí jen orientační hodnoty rozložení radonu a nejsou vhodné pro zjištění přesného množství radonu v dané oblasti, jak jsem již zmiňovala, tuto hodnotu lze zjistit měřením radonu v půdě; toto měření provádějí firmy, které k tomu získaly příslušné povolení od SÚJB.

Další podrobné informace o přírodních zdrojích záření, zákonech, principech radiační ochrany a odpovědi na základní otázky týkající se této problematiky lze získat na stránkách SÚJB. Je tam také odkaz na aplikaci MonRaS, kde každý může získat přehled o naměřených hodnotách přírodního pozadí. Jedná se o interaktivní mapu zobrazující výsledky měření dávkového ekvivalentu ve vzduchu nebo jednotlivých složkách potravního řetězce (např. ve vodě, mléku, mase atd.) (MonRaS, 2022).

### 4.1 Radonový program ČR a protiradonová opatření, dotace

Další zdroj, odkud může každý získat informace o přírodním záření, je webová stránka státního radonového programu. Tento název se používá pro označení národní protiradonové strategie pro regulaci ozáření populace radonem. Jak je uvedeno na internetových stránkách SÚJB, hlavním cílem tohoto programu je informování občanů o možnosti regulace ozáření z radonu,

a dát tak každému možnost volby, zda bude nebo nebude provádět preventivní protiradonová opatření. Na webových stránkách radonového programu České republiky jsou k dispozici příručky SVĚPOMOCNÁ OPATŘENÍ PROTI RADONU nebo IZOLACE PROTI RADONU. Všechna ozdravná opatření jsou v podstatě založená na principech zvýšeného větrání obytných prostorů a snížení přísunu radonu z podloží dovnitř budovy (SÚJB, 2022).

Přírodní ozáření je v České republice regulováno od roku 1991, proto majitelé staveb postavených do té doby s nedostatečnou ochranou proti radonu s výslednou vyšší koncentrací tohoto plynu v budově (průměrná hodnota objemové aktivity radonu ze všech pobytových místností překračuje 1000 Bq/m<sup>3</sup>), mají nárok na dotaci nejvýše do částky 150 000,- Kč na provedení potřebných opatření. Uvedená částka může být překročena, ale pouze ve výjimečných případech.

Hlavní příčinou zvýšené koncentrace radonu v domech může být pronikání radonu z půdy přes netěsnou konstrukci podlahy nebo dalším zdrojem radonu, který může způsobit zvýšenou koncentraci tohoto plynu uvnitř budovy, je použitý stavební materiál a dodatečná práce, např. výměna oken za nová. Proto se snížením koncentrace radonu v domě se snižuje zdravotní riziko pro jeho obyvatele. Radon je běžnou součástí přírodního prostředí, a proto ho samozřejmě nelze z domu zcela odstranit. Ani koncentrace radonu ve venkovním vzduchu není nulová. Proto je tak důležité být informován o nebezpečí tohoto plynu ve velkém množství a o možnostech, jak před ním chránit své zdraví (Radonový program České republiky, 2016).

## **PRAKTICKÁ ČÁST**

Tato část bakalářské práce je založená na stanovených cílech a průzkumných otázkách a popisuje metodiku průzkumu, průzkumné šetření, charakteristiku průzkumného souboru a prezentuje získané výsledky.

### **5 CÍLE A PRŮZKUMNÉ OTÁZKY**

#### **5.1 Dílčí cíle práce**

1. Zjistit u obyvatel libereckého regionu zdroje informací o přírodním záření.
2. Zjistit informovanost obyvatel libereckého regionu o zdrojích přírodního záření a o zdravotním riziku zvýšené expozice přírodnímu záření.
3. Zjistit, zda obyvatelé libereckého regionu vědí o možnostech ochrany zdraví před přírodním zářením.

#### **5.2 Průzkumné otázky**

Na základě stanovených cílů této bakalářské práce, byly stanoveny průzkumné otázky:

1. Z jakých zdrojů čerpají obyvatelé libereckého regionu informace o přírodním záření?
2. Jaká je informovanost obyvatel libereckého regionu o zdrojích přírodního záření?
3. Jaká je informovanost obyvatel libereckého regionu o zdravotním riziku zvýšené expozice přírodnímu záření?
4. Vědí obyvatelé libereckého regionu o možnostech ochrany zdraví před přírodním zářením?

### **6 METODIKA PRŮZKUMNÉ ČÁSTI**

Průzkum byl proveden formou anonymního dotazníku vlastní tvorby, ve kterém jsem zjišťovala informovanost obyvatel libereckého regionu o přírodním záření, rizicích zvýšené expozice přírodnímu záření a způsobech ochrany před ním. A vzhledem k tomu, že Česká republika patří k zemím s vysokou mírou ozáření obyvatelstva přírodním zářením a na webových stránkách jsem našla řadu volně dostupných zdrojů informací na toto téma, proto mě zaujalo, jaká je míra informovanosti obyvatel libereckého regionu. Na základě toho jsem pro průzkumnou část této práce zvolila kvantitativní metodu, o které jsem získala potřebné informace z knihy „*Výzkum v ošetrovatelství*“ autorky Kutnohorské (2009). Všechny výhody a nevýhody této metody byly zohledněny.

## 6.1 Charakteristika dotazníku

Dotazník vlastní tvorby byl vypracován v programu Microsoft Word. Tvorbě dotazníku předcházela rešerše podobných šetření týkajících se problematiky přírodního záření, které byly provedeny v minulosti. Výsledkem byl pouze jeden sociologický průzkum informovanosti obyvatel o přírodním plynu radon, který byl proveden v roce 1999 profesionální agenturou v rámci celé České republiky, což potvrdilo relevanci mé práce a posloužilo také jako inspirace pro některé otázky v mém dotazníku (SÚRO, 2022). Velice užitečná byla i informace o přírodním záření na hlavní stránce SUJB, která byla uspořádána formou otázek a odpovědí na tyto otázky.

Dotazník obsahuje celkem 16 otázek, z čehož 13 otázek jsou uzavřené s jednou možností odpovědi nebo více odpovědí, jedna otázka je polouzavřená s možností označení více odpovědí a 2 otázky jsou otevřeného typu. První dvě otázky jsem použila pro kvótní výběr (viz. podkapitola 6.2). Ostatní otázky jsem zařadila do sekce „*Vlastní dotazník*“. Každý/á respondent/ka byl seznámena s autorem dotazníku a cílem výzkumu v úvodní části dotazníku. Dotazník nebyl omezený časem a k jeho vyplnění respondent/ka nepotřeboval/a pomůcky, kromě tužky.

## 6.2 Charakteristika průzkumného vzorku

Při zkoumání mapy radonového indexu půdy v České republice (Mikšová, 2003) pro svou práci jsem si zvolila město Liberec a jeho okolí (liberecký region) z důvodu zvýšeného obsahu radonu v některých místech tohoto regionu. A proto jedním z kritérií pro kvótní výběr, který jsem použila při tvorbě dotazníku, bylo místo bydliště. Dalším kritériem byla skutečnost, že daná osoba není odborníkem na ionizující záření. Toto kritérium bylo zavedeno proto, aby nedošlo ke zkreslení výsledků průzkumu. Průzkumu se zúčastnili občane libereckého regionu nad 18 let. Celkem se dotazníkového šetření zúčastnilo 40 respondentů.

První otázka se týkala věku respondentů. Pro lepší přehlednost byly všechny možnosti odpovědí rozděleny do jednotlivých věkových skupin (viz obrázek 5). Dotazovaný mohl vybrat svou věkovou skupinu z 5 uvedených. Každá kategorie získala přibližně stejný počet odpovědí, ale nejpočetnější byla kategorie respondentů ve věku 26-35 let (8).



Obrázek 5 - Věková skupina respondentů, n = 34



Druhá otázka v průzkumu se týkala nejvyššího dosaženého vzdělání respondentů. Každý z nich měl možnost vybrat jednu z 5 možných odpovědí. Nejpočetnější kategorií tvoří obyvatelé se středoškolským vzděláním zakončeno maturitní zkouškou (viz obrázek 6).



Obrázek 6 - Vzdělání respondentů, n = 34

### 6.3 Průběh dotazníkového šetření

Dotazníky všichni respondenti vyplňovali v jeho papírově podobě v období od 1. února 2022 do 20. března 2022. Oslovila jsem známé, kteří bydlí v libereckém regionu, především ve městech Liberec a Jablonec nad Nisou, a ti následně oslovili své známé a kolegy, kterým jsem pak rozdala dotazníky. Souhlas s účastí na průzkumu byl dán tím, že respondent vyplní dotazník, pokud nesouhlasil, nevyplňoval ho. Dohromady tedy bylo rozdáno 40 dotazníků. Navrátilo se 100 % dotazníků, z nichž 6 bylo vyřazeno z průzkumu z důvodu neúplného vyplnění. Data byla vyhodnocována z 34 odevzdaných dotazníků.

### 6.4 Zpracování dat

Data získaná z dotazníkového šetření byla zpracována v programu Microsoft Excel, kde byly vytvořeny grafy a tabulky. Každá otázka má slovní popis. U otázek s větším počtem odpovědí byly použity tabulky. V tabulkách jsem uvedla počty odpovědí, absolutní a relativní četnost.

*„Absolutní četnost (označujeme  $n_i$ ) vyjadřuje absolutní hodnotou četnost zastoupených hodnot ve statistickém souboru, resp. v daném intervalu“.* Celková četnost  $n$  vyjadřuje počet všech

respondentů v dané skupině. Relativní četnost  $f_i$  vyjadřuje četnost pomocí relativních hodnot a je dána podílem:

$$f_i = \frac{n_i}{n} \times 100$$

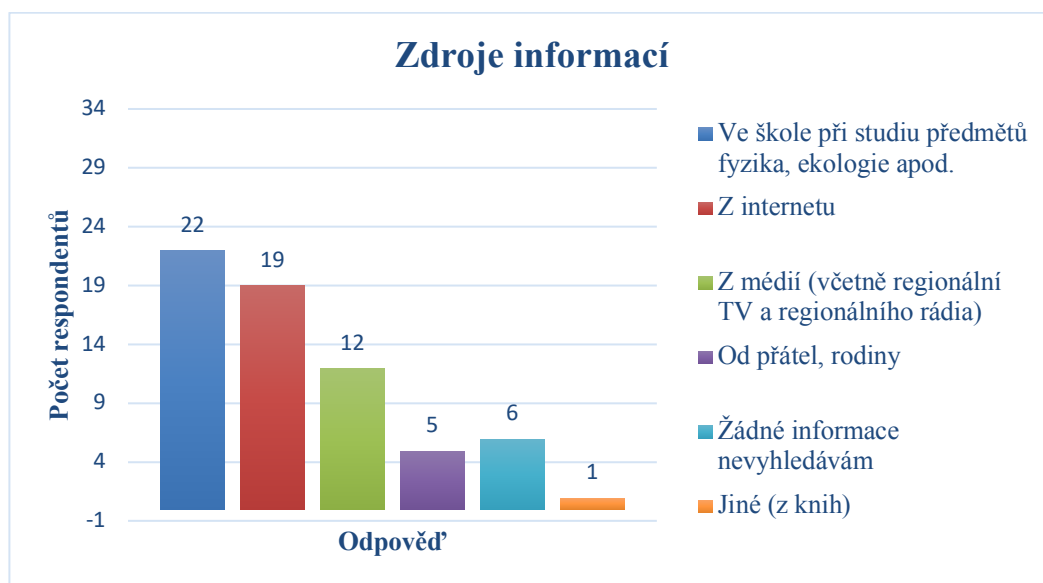
, kde  $n_i$  je absolutní četnosti a  $n$  je celková četnost (Kladivo, 2013).

Všechny hodnoty uvedené v této bakalářské práci jsou vyjádřeny procentuálně.

## 7 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ

### Otázka 3. Z jakých zdrojů získáváte nebo jste získal/a nejvíce informací o přírodní radioaktivitě?

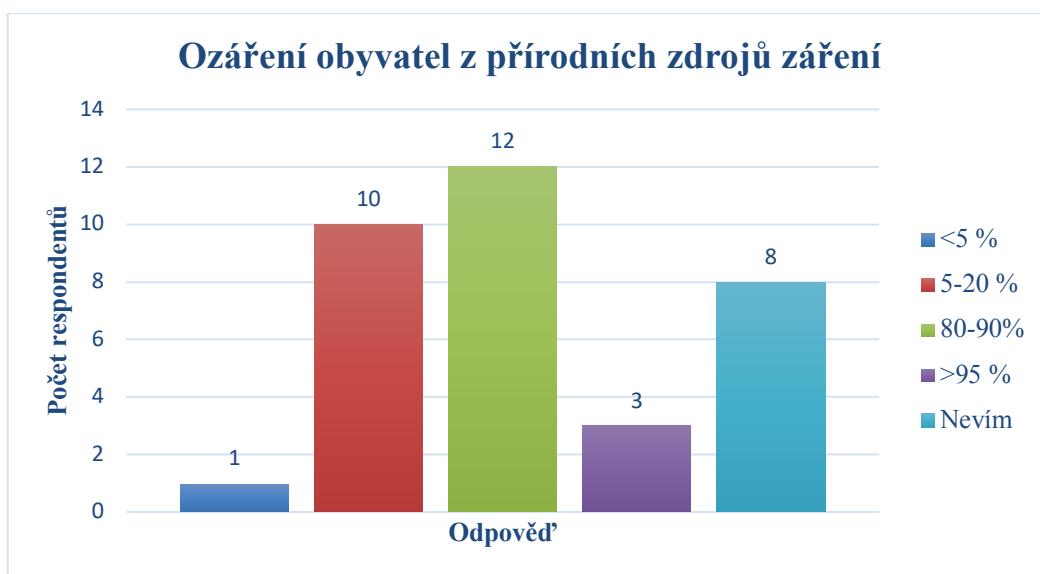
Na otázku č. 1 každý respondent měl možnost vypsát více odpovědí, a proto u této otázky bylo získáno 65 odpovědí (100 %) od 34 respondentů, z toho vyplývá, že nejčastěji skoro každý respondent označil více než jednu odpověď (viz obr. 7). Cílem bylo zjistit zdroje informací o přirozené radiaci u obyvatel libereckého regionu, proto v této otázce není správná odpověď. Odpověď „**Ve škole při studiu předmětů fyzika, ekologie apod.**“ byla označená 22 krát (34 %). Druhá nejčastější odpověď na tuto otázku je „**Z internetu**“, ji respondenty zvolili 19 krát (29 %). Odpověď „**Z médií (včetně regionální TV a regionálního rádia)**“ byla zvolená 12 krát (18 %). Dále 6 krát (9 %) byla uvedena odpověď „**Žádné informace nevyhledávám**“. Nejméně častým zdrojem informací v oblasti přirozené radiaci podle mých respondentů je „**Od přátel, rodiny**“, tyto odpovědi zvolili 5 krát (8 %). Pouze jeden respondent dopsal svoji vlastní odpověď „**Z knih**“, což je 2 % z celkového počtu získaných odpovědí.



Obrázek 7 - Zdroje informací, celkový počet odpovědi 65 od 34 respondentů

**Otázka 4. - Jakou část z celkového ozáření obyvatel zaujímá ozáření z přírodních zdrojů záření?**

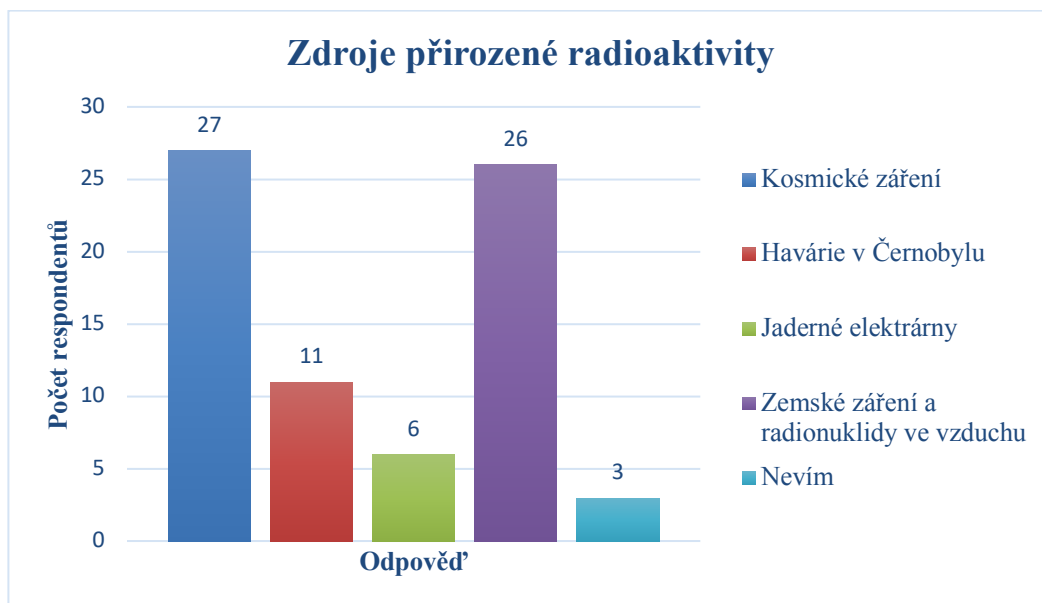
Správnou odpovědí na otázku č. 2 je „**80-90 %**“, ji zvolilo 12 (35 %) respondentů z celkového počtu 34 (100 %). Odpověď „**5-20 %**“ zvolilo 10 (29 %) respondentů. Odpovědi „**>95 %**“ a „**<5 %**“ zvolilo nejméně respondentů, první byla zvolena 3 (9 %) respondenty a druhá 1 (3 %) respondentem. Odpověď „**Nevím**“ zvolilo 8 (24 %) respondentů (viz obr. 8).



**Obrázek 8 - Ozáření obyvatel z přírodních zdrojů záření, n = 34**

### Otázka 5. - Co patří mezi zdroje přirozené radioaktivity?

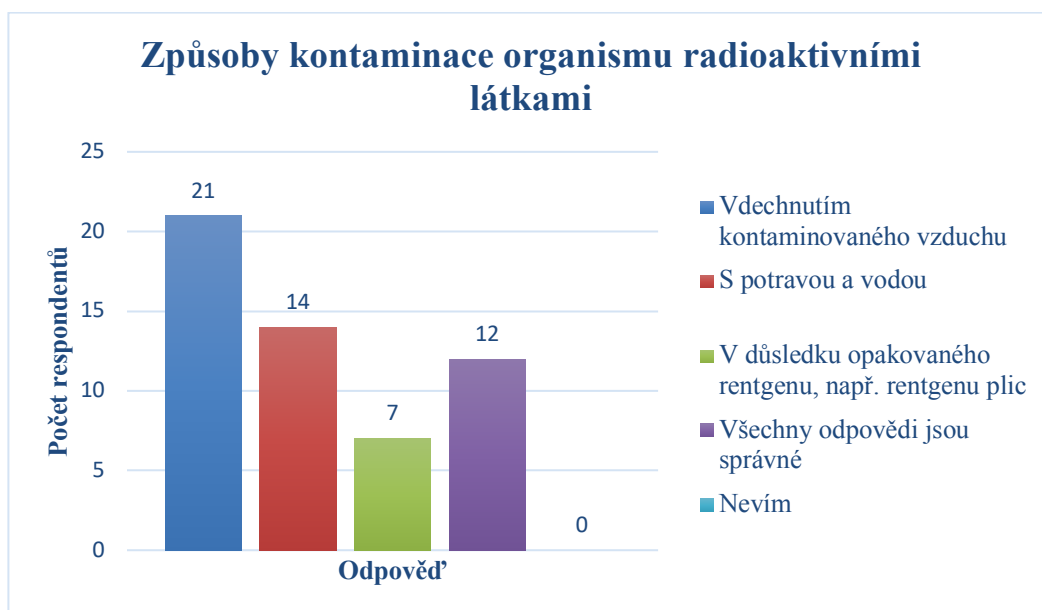
V otázce č. 3 respondenty zase mohli vybrat několik odpovědi, a proto celkem jsem dostala 73 (100 %) odpovědi od 34 respondentů (viz obr. 9). Téměř ve stejném počtu respondenti zvolili správné odpovědi „Kosmické záření“ a „Zemské záření a radionuklidy ve vzduchu“, první z nich zvolili 27 krát (37 %), druhou 26 krát (36 %). 11 (15 %) krát respondenti zvolili nesprávnou odpověď „Havárie v Černobylu“. Nesprávná odpověď „Jaderné elektrárny“ byla uvedena 6 (8 %) krát a odpověď „Nevím“ zvolili 3 (4 %) krát.



Obrázek 9 - Zdroje přirozené radioaktivity, počet odpovědi 73 od 34 respondentů

### Otázka 6. - Jak se zdroje radioaktivního záření mohou dostat do lidského organismu?

V otázce č. 5 respondenti mohli označit více než jednu odpověď, a proto celkem jsem dostala 54 (100 %) odpovědi od 34 respondentů (viz obrázek 10). Nejčastěji respondenti dotazníku uváděli správné odpovědi, a to „Vdechnutím kontaminovaného vzduchu“ 21 (39 %) a „S potravou a vodou“ 14 (26 %). Další nejpočetnější odpovědí byla „Všechny odpovědi jsou správné“ 12 (22 %). Odpověď „V důsledku opakovaného rentgenu, např. rentgenu plic“ byla uvedena 7 (13 %) krát. Odpověď „Nevím“ nebyla označena ani jednou.



Obrázek 10 - Způsoby kontaminace organismu radioaktivními látkami, počet odpovědi 54 od 34 respondentů

**Otázka 7. - Je zvýšená expozice přírodním zdrojům radioaktivity nebezpečná pro člověka? Pokud ano, proč?**

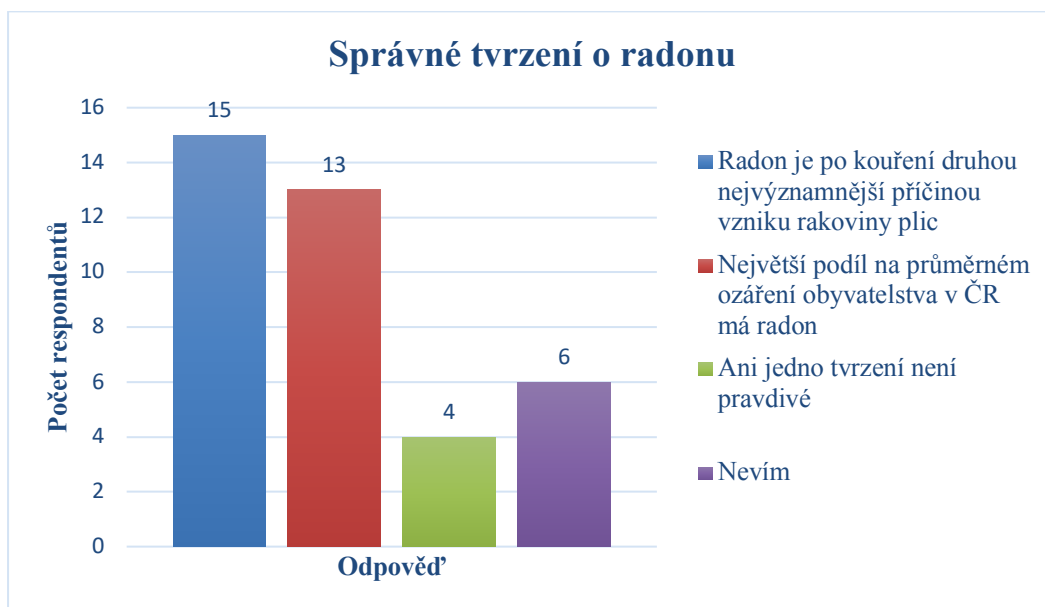
Na otázku č. 4 odpovědělo 34 (100 %) respondentů. Všechny obdržené odpovědi jsem rozdělila do 8 kategorií (viz tabulka 2). Nejpočetnější kategorií je kategorie „**Ano, je příčinou rakoviny**“, uvedená 8 (24 %) respondenty. Odpověď „**Ano**“ označili 7 (21 %) respondentů, odpověď „**Ano, ale nevím proč**“ uvedli 5 (15 %) respondentů, stejně jako odpověď „**Ano, způsobuje nemoci**“, každou z odpovědí „**Ne**“ a „**Nevím**“ uvedli 3 (9 %) respondenty, odpověď „**Ano, zvyšuje šanci na mutace**“ označili 2 (6 %) respondenty a odpověď „**Ano, záleží na množství**“ byla označená 1 (3 %) respondentem.

**Tabulka 2 - Výroky respondentů v otázce č. 9, n = 34**

<b>Kategorie</b>	<b>Absolutní četnost</b>	<b>Relativní četnost</b>
Ano	7	20,59 %
Ano, ale nevím proč	5	14,71 %
Ano, je příčinou rakoviny	8	23,53 %
Ano, způsobuje nemoci	5	14,71 %
Ano, zvyšuje šanci na mutace	2	5,88 %
Ano, záleží na množství	1	2,94 %
Nevím	3	8,82 %
Ne	3	8,82 %
Celkem	34	100,00 %

### Otázka 8. - Vyberte správné tvrzení o radonu:

Správné odpovědi na otázku č. 6 jsou „Radon je po kouření druhou nejvýznamnější příčinou vzniku rakoviny plic“ a „Největší podíl na průměrném ozáření obyvatelstva v ČR má radon“ (viz obr. 11). První z těchto odpovědi byla uvedena 15 (39 %) krát, z celkového množství 38 (100 %) odpovědí, druhá – 13 (34 %) krát. Odpověď „Ani jedno tvrzení není pravdivé“ označili 4 (11 %) krát a odpověď „Nevím“ byla uvedena 6 (16 %) krát.

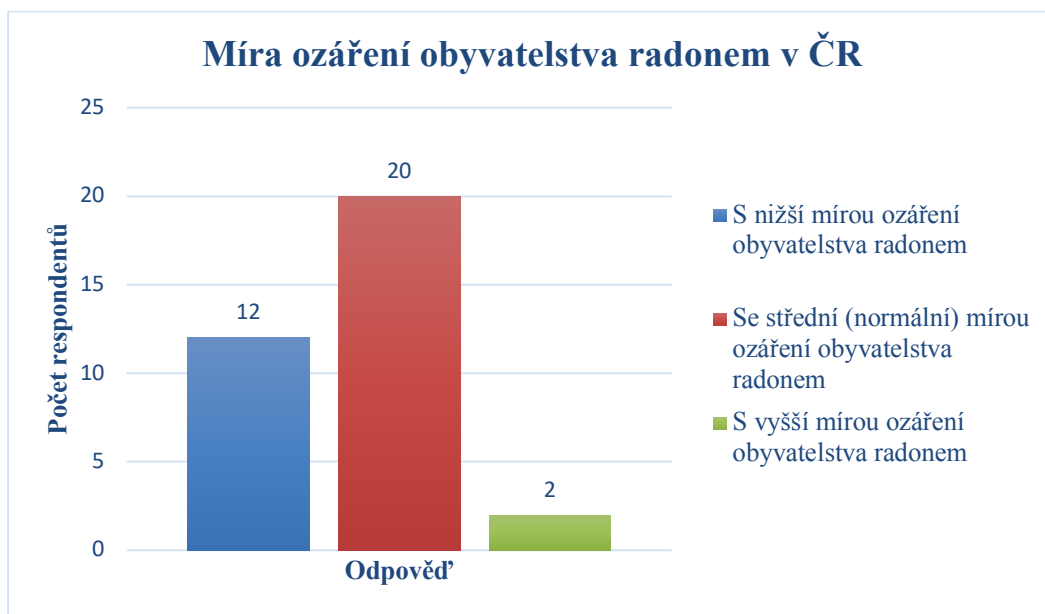


Obrázek 11 - Správné tvrzení o radonu, počet odpovědi 38 od 34 respondentů



### Otázka 9. - Česká republika patří k zemím:

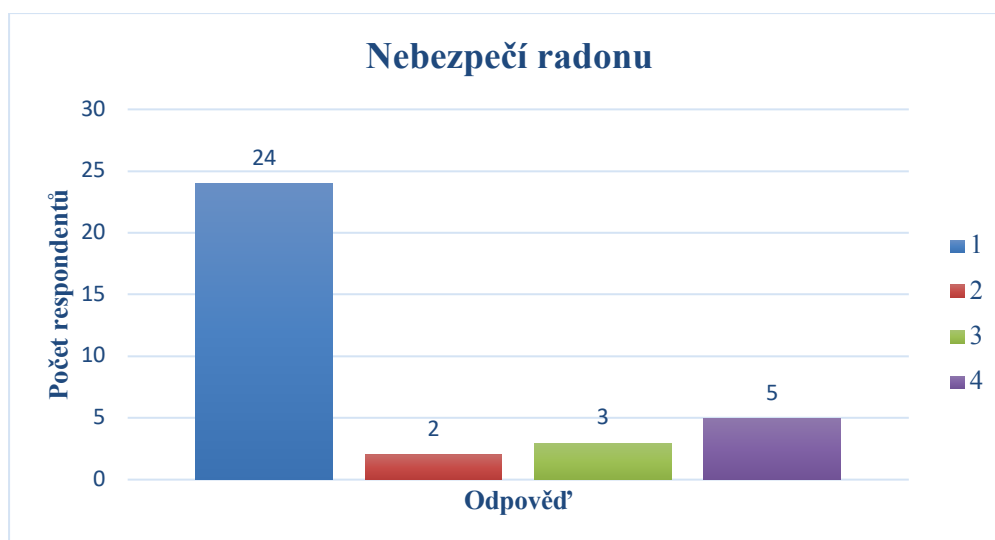
Správnou odpovědí na otázku č. 7 je „S vyšší mírou ozáření obyvatelstva radonem“ (viz obr. 12). Z celkového množství 34 (100 %) respondentů tuto odpověď označilo 2 (6 %) respondentů, odpověď „Se střední (normální) mírou ozáření obyvatelstva radonem“ uvedli 20 (59 %) respondentů, odpověď „S nižší mírou ozáření obyvatelstva radonem“ byla označená 12 (35 %) respondenty.



Obrázek 12 - Míra ozáření obyvatelstva radonem v ČR, n = 34

**Otázka 10. - Proč jsou radon ( $Rn^{222}$ ) a jeho produkty přeměny nebezpečné pro lidské zdraví?**

Nejčastěji byla zvolena správná odpověď 1, „Vdechnutím se radon (přírodní radioaktivní plyn) dostává do organismu člověka, vydechnutím je z nich opět z velké části vydechnut, ale v plicích zůstávají produkty jeho přeměny (těžké kovy), které poškozují zdravou tkáň plic“ (viz obr. 13). Z celkového množství 34 (100 %) respondentů, tuto odpověď označilo 24 (70 %). Odpověď 2, „Vdechnutím se radon (přírodní radioaktivní plyn) dostává do organismu člověka, kde zůstává navždy a produkty jeho přeměny (těžké kovy) vyvolávají chemické popáleniny celého organismu“ označilo 2 (6 %) respondenta a odpověď 3, „Vdechnutím se radon (přírodní radioaktivní plyn) dostává do organismu člověka, kde zůstává navždy a produkty jeho přeměny (těžké kovy) ovlivňují trávicí systém (ztráta chuti)“ označilo 3 (9 %) dotazovaných. Odpověď 4, „Nevím“ byla označená 5 (15 %) respondenty.



Obrázek 13 - Nebezpečí radonu, n = 34

1 - Vdechnutím se radon (přírodní radioaktivní plyn) dostává do organismu člověka, vydechnutím je z nich opět z velké části vydechnut, ale v plicích zůstávají produkty jeho přeměny (těžké kovy), které poškozují zdravou tkáň plic.

2 - Vdechnutím se radon (přírodní radioaktivní plyn) dostává do organismu člověka, kde zůstává navždy a produkty jeho přeměny (těžké kovy) vyvolávají chemické popáleniny celého organismu.

3 - Vdechnutím se radon (přírodní radioaktivní plyn) dostává do organismu člověka, kde zůstává navždy a produkty jeho přeměny (těžké kovy) ovlivňují trávicí systém (ztráta chuti).

4 - Nevím

### Otázka 11. - Jak se můžeme chránit před přírodní radioaktivitou?

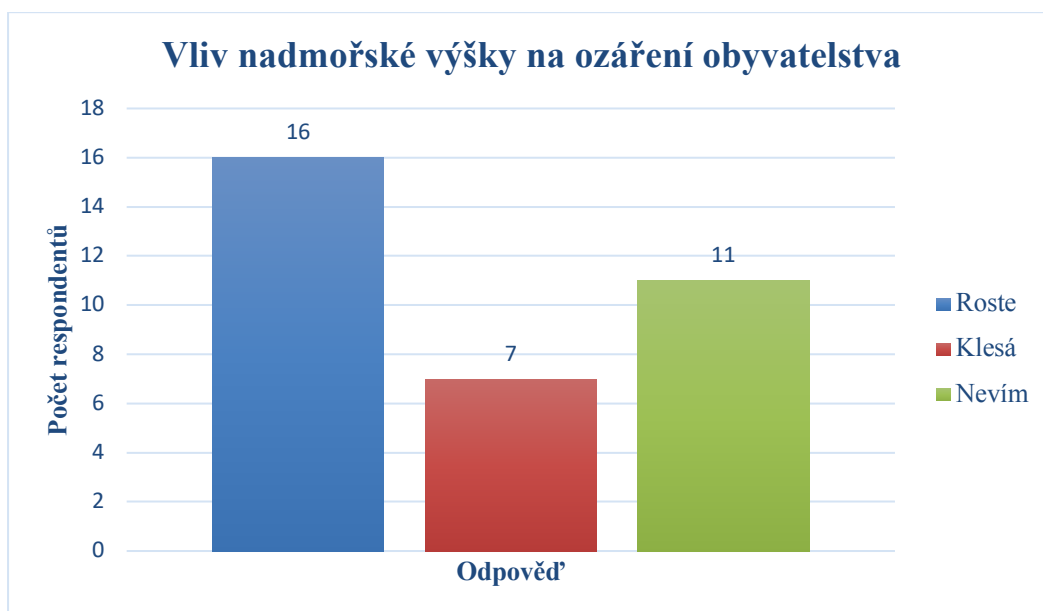
Z celkového množství 34 respondentů, někteří uvedli několik odpovědí. Celkem jsem obdržela 38 (100 %) odpovědi na tuto otázku, které jsem následně rozdělila do 10 kategorií (viz tabulka 3). Nejpočetnější kategorií je „Nevím“, která byla uvedena 9 (24 %), pak respondenti velice často odpovídali „Používat ochranu proti slunci, SPF krém“, tato kategorie má 7 (18 %) odpovědi. Odpověď „Používat izolační materiály při stavbě“ uvedli 6 (16 %) krát. Kategorie „Větrat“ má celkově 4 (10 %) odpovědi. „Nelétat letadlem“ a „Nenavštěvovat místa s vyšší mírou rizika ozáření“ každou z těchto odpovědí označili dotazovaní 3 (8 %) krát. Odpovědi „Chodit na preventivní prohlídky“ a „Nemůžeme se před nimi chránit“ byly uvedené 2 (5 %) krát každá. Kategorie „Používat detektory záření“ a „Bydlet v paneláku“ mají jenom 1 (3 %) odpověď každá.

Tabulka 3 - Výroky respondentek v otázce č. 11, počet odpovědi 38 od 34 respondentů

Kategorie	Absolutní četnost	Relativní četnost
Nelétat letadlem	3	7,89 %
Větrat	4	10,53 %
Používat ochranu proti slunci, SPF krém	7	18,42 %
Bydlet v paneláku	1	2,63 %
Používat izolační materiály při stavbě	6	15,79 %
Nenavštěvovat místa s vyšší mírou rizika ozáření	3	7,89 %
Chodit na preventivní prohlídky	2	5,26 %
Používat detektory záření	1	2,63 %
Nevím	9	23,68 %
Nemůžeme se před nimi chránit	2	5,26 %
Celkem	38	100,00 %

**Otázka 12. - Se stoupající nadmořskou výškou intenzita kosmického záření**

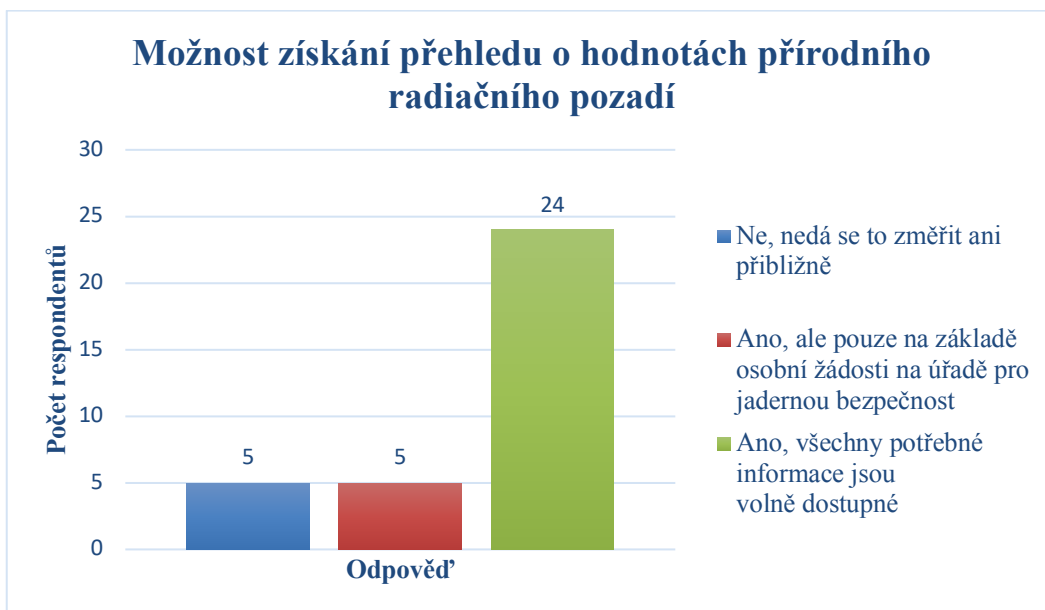
Správnou odpovědí na otázku č. 10 je „**Roste**“. Z celkového množství 34 (100 %) respondentů ji označilo 16 (47 %) respondentů, odpověď „**Nevím**“ uvedli 11 (32 %) respondentů a odpověď „**Klesá**“ byla uvedena 7 (21 %) respondenty (viz obr. 14).



**Obrázek 14 - Vliv nadmořské výšky na ozáření obyvatelstva, n = 34**

**Otázka 13. - Můžete získat přehled o hodnotách přírodního radiačního pozadí pro region, kde žijete?**

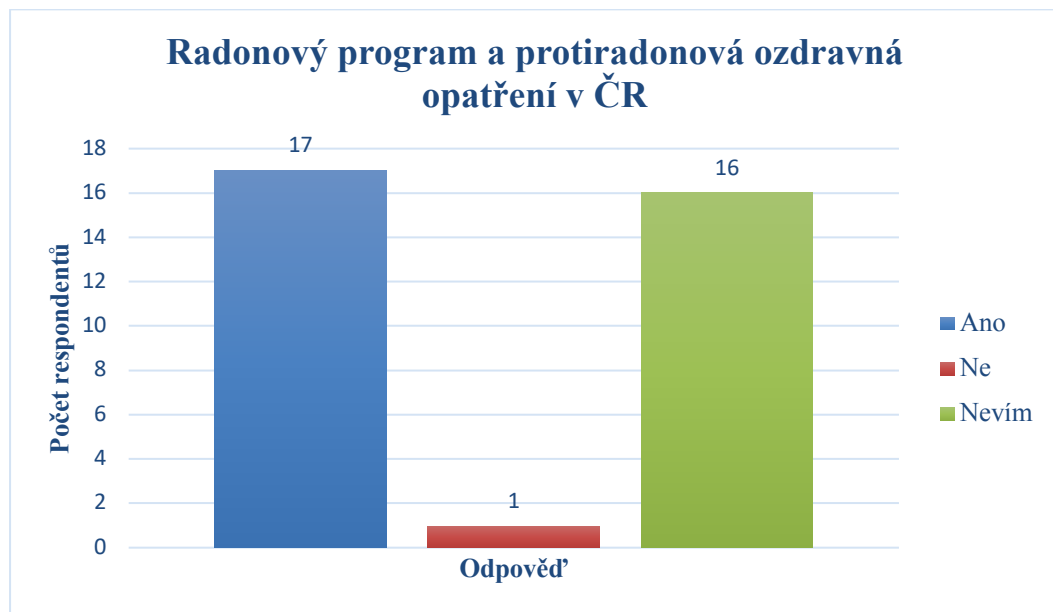
Z celkového množství 34 (100 %) respondentů správnou odpověď „**Ano, všechny potřebné informace jsou volně dostupné**“ uvedlo 24 (70 %) respondentů, odpověď „**Ano, ale pouze na základě osobní žádosti na úřadě pro jadernou bezpečnost**“ označili 5 (15 %) respondentů a odpověď „**Ne, nedá se to změřit ani přibližně**“ byla označená také 5 (15 %) respondenty (viz obr. 15).



**Obrázek 15 - Možnost získání přehledu o hodnotách přírodního radiačního pozadí, n = 34**

**Otázka 14. – Má-li Česká republika radonový program a protiradonová ozdravná opatření?**

Správnou odpovědí na otázku č. 12 je „Ano“. Z celkového množství 34 (100 %) respondentů označilo odpověď „Ano“ 17 (50 %) respondentů, odpověď „Nevím“ uvedlo 16 (47 %) respondentů a odpověď „Ne“ byla označena 1 (3 %) respondentem (viz obr. 16).



**Obrázek 16 - Radonový program a protiradonová ozdravná opatření v ČR, n = 34**

## 8 DISKUZE

Praktická část bakalářské práce byla zaměřena na hodnocení informovanosti obyvatel libereckého regionu o přírodní radioaktivitě na základě dat získaných od respondentů. Stanovila jsem jeden hlavní cíl, který byl doplněn třemi dílčími cíli. V části diskuze jsou popsány výsledky celého šetření. Vzhledem k tomu, že většina otázek se opírá o fakta uvedená v teoretické části, dále jsou všechna zjištěná data porovnána s odbornou literaturou a dalšími bakalářskými pracemi, které se danou problematikou zabývaly.

### **Průzkumná otázka č. 1: Z jakých zdrojů čerpají obyvatelé libereckého regionu informace o přírodním záření?**

Při zodpovězení této průzkumné otázky byl použit výsledek dotazníkového šetření, konkrétně otázka č. 3, jejíž cílem bylo zjistit zdroje informací o přírodní radioaktivitě u obyvatel libereckého regionu.

Většina respondentů při odpovědi na tuto otázku uvedla několik zdrojů informací, přičemž nejčastěji se o přírodním záření dozvěděli ve škole při výuce jednotlivých předmětů, například fyziky a ekologie – 34 % odpovědí. Dalšími nejčastějšími odpověďmi na otázku, jak obyvatelé získávají informace o přírodním záření, jsou z internetu – 29 % odpovědí a přes média (TV a rádio) – 18 % odpovědí. Internet jako zdroj informací je pro mnoho lidí v některých otázkách kontroverzní, ale konkrétně moje bakalářská práce, respektive její teoretická část, je založena na poznacích získaných z internetových zdrojů, jako jsou webové stránky státních úřadu a ústavu SÚJB (SÚJB, 2022), SÚRO (SÚRO, 2022) a mezinárodní organizace působící v oblasti radiační ochrany UNSCEAR (UNSCEAR, 2017). Pravdivé a aktuální informace jsem také našla na webových stránkách Fakultní nemocnice MOTOL (FN MOTOL, 2012) nebo na stránce soukromého autora Vojtěcha Ullmanna (Ullmann, 2022). Podobných zdrojů je celá řada, ale je třeba mít na paměti, že na internetu se samozřejmě vyskytují i nepravdivé informace, například na fórech, kde lidé vyjadřují své názory a domněnky.

Co se týče médií jako zdroje informací, Kejřová (2012, s.70) ve své diplomové práci uvádí, že informace získané z médií mohou být často velice zkreslené, což bych také ráda zdůraznila. O radioaktivitě většinou slyšíme z televizních sci-fi filmů, což může ovlivnit naše vnímání radioaktivity jako takové. Samozřejmě existují i vědecké pořady zabývající se tímto tématem, a proto bychom neměli tvrdit, že média jsou pro nás nevhodným zdrojem informací. Domnívám se, že pro odpovídající hodnocení by bylo vhodné tuto otázku doplnit a zeptat se konkrétněji, z jakých zdrojů se respondenti dozvěděli o přírodní radioaktivitě.

Mezi nejméně časté zdroje informací patřili přátelé a rodina – 8 % odpovědí. 6 respondentů což činí 9 % z celkového počtu získaných odpovědí uvedlo, že žádné informace nevyhledává. U této otázky byla možnost vypsání vlastní odpovědi, kterou využil jeden respondent a jako zdroj informací o přírodním radiačním pozadí uvedl knihy, což odpovídá 2 % z celkového počtu získaných odpovědí.

## **Průzkumná otázka č. 2: Jaká je informovanost obyvatel libereckého regionu o zdrojích přírodního záření?**

K této průzkumné otázce se vztahují položky č. 4-6 z dotazníkového šetření. Cílem těchto otázek je zjistit, zda respondenti vědí, co patří mezi zdroje přírodní radioaktivity.

Při formulaci položky č. 4 jsem vycházela z toho, že laická veřejnost ne zcela chápe, jakou část jejího života tvoří ozáření z přírodních zdrojů záření, a zaměňuje tento pojem za pojem lékařského ozáření a proto prostřednictvím této otázky jsem chtěla zjistit, zda respondenti vědí, jaké je procentuální zastoupení ozáření obyvatelstva z přírodních zdrojů záření. Na ozáření z přírodních zdrojů připadá většina celkového ozáření obyvatelstva, kolem 80-90 % (SÚJB, 2022). Správnou odpověď zvolilo 12 (35 %) respondentů. Téměř polovina respondentů a konkrétně 41 %, odpověděla nesprávně. Dalších 24 % respondentů uvedlo, že odpověď na tuto otázku nezná.

Výsledky průzkumu Kejřové (2012, s.67) ukázaly, že žáci 9. tříd nejsou informováni o přírodní radioaktivitě, většina odpověděla, že neví, kde se v běžném životě mohou s radioaktivitou setkat, a pouze 23 % žáků odpovědělo, že se s ní mohou setkat při rentgenovém vyšetření. Tento výsledek ukazuje neznalost žáků 9. tříd o přírodní radioaktivitě. A pokud nyní porovnáme odpovědi na otázku č. 4 mého průzkumu, na kterou většina odpověděla nesprávně nebo neznala odpověď, s odpověďmi uvedenými výše z průzkumu Bc. Stanislavy Kejřové, tak se potvrzuje moje domněnka; laická veřejnost si skutečně neuvědomuje, jakou část jejího života tvoří ozáření z přírodních zdrojů záření a zaměňuje tento pojem za pojem lékařské ozáření.

Položka č. 5 se dotazovala na zdroje přírodního záření, které respondenti znají. Autor Beneš a kol. (2015) uvádí, že přírodní pozadí radiace vytváří záření, které pochází z vesmíru (kosmické záření) i záření přírodních radionuklidů a jeho úroveň je v různých místech Země velmi rozdílná.



Na tuto otázku jsem obdržela 73 odpovědí od 34 respondentů, můžeme tedy předpokládat, že někteří respondenti zvolili více než dvě odpovědi na tuto otázku. Přitom - a to mě velmi překvapilo - správné odpovědi tvořily většinu všech odpovědí. Z celkového počtu obdržených odpovědí náleží 37 % odpovědi kosmické záření a 36 % odpovědi zemské záření a radionuklidy ve vzduchu.

Poslední položka, která se vztahuje k této průzkumné otázce, je položka č. 6, jejímž úkolem bylo zjistit míru informovanosti respondentů o tom, jak se zdroje přírodního záření mohou dostat do lidského organismu. Dceřiné radionuklidy radonu jsou elektricky nabitě a mohou se připojit k nejmenším prachovým částicím ve vzduchu. Tyto prachové částice se snadno vdechují do plic a mohou ulpívat na plicní výstelce (BEIR VI, 1999). Radioaktivita může být vázána na složky půdy nebo může být z půdy odstraněna fyzikálním rozkladem, erozními procesy a migrací do hlubších vrstev půdy, odkud nejsou radionuklidy dostupné pro kořeny. Kontaminované rostliny jsou podávány zvířatům, což vede ke kontaminaci masa, mléka a vajec (Twining, 2012).

Na tuto otázku respondenti také mohli zvolit více odpovědí. Většina odpovědí byla správná, konkrétně 39 % z celkového počtu odpovědí obsahovalo větu, že přírodní radioaktivita se do lidského těla může dostat vdechováním kontaminovaného vzduchu. Z celkového počtu odpovědí 26 % patří odpovědi, že přírodní radioaktivita se do lidského těla může dostat s potravou a vodou. Překvapilo mě také, že ani jeden respondent neuvedl možnost, že nezná na položenou otázku odpověď.

### **Průzkumná otázka č. 3: Jaká je informovanost obyvatel libereckého regionu o zdravotním riziku zvýšené expozice přírodnímu záření?**

Pro tuto průzkumnou otázku byly vyhodnoceny položky 7–10 z dotazníkového šetření. Na základě odpovědí na tuto otázku byla vyhodnocena míra informovanosti respondentů o možných škodách způsobených přírodními zdroji radioaktivity.

Položka č. 7 zjišťovala, je-li podle názoru respondentů zvýšená expozice přírodním zdrojům záření škodlivá pro zdraví člověka. Všechny odpovědi respondentů jsem pak pro přehlednost rozdělila do osmi kategorií. Nejpočetnější odpovědí bylo tvrzení, že zvýšená expozice přírodním zdrojům záření může mít negativní vliv na organismus člověka a tedy může způsobovat rakovinu. Tuto odpověď lze považovat za správnou a uvedlo ji 24 % respondentů.

Přesto celkem 45 % respondentů neví, proč je zvýšená expozice přírodním zdrojům záření pro člověka nebezpečná.

Získala jsem také několik zajímavých odpovědí, 15 % respondentů odpovědělo, že zvýšené vystavení přírodním zdrojům radioaktivity může způsobit některá onemocnění, a 6 % respondentů odpovědělo, že se tím může zvýšit pravděpodobnost mutací. Poslední odpověď ohledně mutací by potřebovala upřesnit, u koho se mohou mutace podle respondenta vyskytnout, u budoucích potomků nebo právě u daného jedince?

Kejřová (2012, s.68) v dotazníkovém šetření své diplomové práci, která se zabývala informovaností žáků 9. tříd a široké populace, měla otázku, která se týkala ovlivnění zdraví působením radioaktivního záření. Nezmiňovala pouze přírodní zdroje radiace, ale její výsledek mě zaujal, protože byl podobný mému. Významná část respondentů, a to konkrétně 33 %, odpověděla, že radioaktivita může způsobit rakovinu. Další nejméně časté odpovědi byly odpověď „Nevím“, kterou uvedlo 31 % respondentů a 10 % respondentů uvedlo, že to by mohlo způsobit mutace, což se zhruba shoduje s výsledky, které jsem získala.

Otázka č. 8 byla zaměřena na zjištění informovanosti obyvatel o radonu. Respondenti mohli vybrat několik odpovědí ze čtyř uvedených. Avšak jak ukázaly výsledky, téměř každý respondent zvolil většinou pouze jednu odpověď.

SÚRO uvádí, že radon je hned po kouření druhou nejvýznamnější příčinou vzniku rakoviny plic. Zároveň FN MOTOL píše na své webové stránce, že největší podíl na průměrném ozáření osob žijících v ČR má radon (40 %). To znamená, že správné odpovědi tvoří 73 % z celkového počtu získaných odpovědí, což je dobrý indikátor informovanosti respondentů.

U další otázky jsem obdržela nečekané výsledky. Otázka č. 9 byla zaměřena na zjištění, zda jsou občané ČR žijící v libereckém regionu informováni o současné situaci v oblasti přírodní radioaktivity v ČR. Od respondentů jsem chtěla zjistit, zda vědí, že Česká republika patří mezi země se zvýšeným radiačním pozadím.

Vaňová (2011, s.53), která má svou bakalářskou práci zaměřenou na onemocnění způsobená ionizujícím zářením v České republice, na základě jejího průzkumu vyhodnotila, že ČR patří mezi země s nejvyšší koncentrací radonu v budovách na světě, což je dáno vzhledem k horninovému podloží, to samé uvádí i SÚJB.

Pouze 6 % respondentů odpovědělo správně, což je docela smutná skutečnost. Většina respondentů, konkrétně 59 %, zvolila odpověď, že ČR patří k zemím se střední úrovní radiačního pozadí.

Otázka č. 10 byla rovněž zaměřena na posouzení informovanosti obyvatel libereckého regionu o radonu. Tato otázka se týkala možných účinků radonu a jeho produktů přeměny na zdraví člověka po vdechování kontaminovaného vzduchu. Autor BEIR VI (1999) uvádí, že dceřiné radionuklidy radonu jsou elektricky nabitě a mohou se připojit k nejmenším prachovým částicím ve vzduchu. Tyto prachové částice se snadno vdechují do plic a mohou ulpívat na plicní výstelce. Atomy radonu se přeměňují na dceřiné produkty přeměny vyzařují typ záření zvaný alfa, který může poškodit buňky v plicích. Záření alfa poškozuje DNA těchto plicních buněk. Toto poškození DNA může být jedním z kroků v řetězci událostí, které mohou vést k rakovině.

Na tuto otázku odpověděla většina dotázaných a konkrétně 70 % správně, pouze 15 % respondentů neznalo správnou odpověď.

#### **Průzkumná otázka č. 4: Vědí obyvatelé libereckého regionu o možnostech ochrany zdraví před přírodním zářením?**

Na tuto oblast průzkumu jsou zaměřeny otázky č. 11-14 z dotazníkového šetření.

Položka č. 11 se dotazuje na to, zda respondenti vědí, jak se můžeme chránit před přírodní radiací. Respondenti mohli vypsát vlastní odpověď, několik respondentů uvedlo současně několik způsobů ochrany. Všechny získané odpovědi jsem rozdělila do deseti kategorií, řekněme si něco o některých z nich.

Vystavení přírodním zdrojům záření nemůžeme zcela omezit, ale můžeme ho redukovat. Všechna ozdravná opatření jsou v podstatě založená na principech zvýšeného větrání obytných prostorů a snížení přísunu radonu z podloží dovnitř budovy. Pokud se vybraná nemovitost nachází v oblasti se středním nebo vysokým radonovým indexem v geologickém podloží, měla by být věnována zvláštní pozornost možnému přírodnímu ozáření ve vybrané budově (SÚJB).

Nejvíce mě překvapila různorodost odpovědí, které jsem obdržela. Nejčastější odpovědí bylo, že na tuto otázku respondenti neznají odpověď, a je to 24 % z celkového počtu odpovědí. dále respondenti uváděli, že by měli na slunci používat krém s ochranným faktorem SPF, čímž si pletli elektromagnetické UV záření s radioaktivním zářením. To znamená, že 18 % odpovědí bylo chybných. Za správné odpovědi můžeme považovat tyto odpovědi: větrat, používat izolační materiály při stavbě, nelétat letadlem, bydlet v paneláku, nenavštěvovat místa s vyšší mírou rizika ozáření, které tvoří 45 % všech správných odpovědí. Zbytek odpovědí bych definovala jako částečně správné.

Cílem otázky č. 12 bylo zjistit, jak jsou respondenti informováni o kosmickém záření. V této otázce jsem se ptala, jak se mění intenzita kosmického záření s rostoucí nadmořskou výškou, zda roste nebo klesá. Přírodní pozadí radiace vytváří záření, které pochází z vesmíru (kosmické záření) i záření přírodních radionuklidů a jeho úroveň je v různých místech Země velmi rozdílná. Kosmické záření závisí na nadmořské výšce a zeměpisné poloze. Se zvyšující se výškou intenzita kosmického záření roste, a to asi do výšky 20 km, pak začíná zase klesat a ve větších vzdálenostech je konstantní (Beneš a kol., 2015). Správnou odpověď uvedlo 47 % respondentů.

Vaňková (2017, s.54) se ve své diplomové práci ptala respondentů, zda souhlasí s výrokem, že při letu letadlem není lidský organismus zatížen radioaktivním zářením. Tato otázka se týká kosmického záření, které má jiné hodnoty ve výšce než na zemském povrchu. Většina

respondentů, konkrétně 63 %, na tuto otázku neznala odpověď nebo souhlasila s výrazem, což bylo považováno za špatnou odpověď. Přesně stejný výsledek se objevil u správné odpovědi, stejně jako já, Vaňková dostala 47 % správných odpovědí u této otázky.

U otázky č. 13 jsem se ptala, zda obyvatelé libereckého regionu vědí o možnosti získání přehledu o hodnotách přírodní radioaktivity pro region, ve kterém žijí. Na internetových stránkách SÚRO je lze najít mapu rozložení radonu v půdě České republiky. Pomocí těchto geologických map si může každý člověk zdarma ověřit radonový index v oblasti bydliště - stačí si vybrat město a najít svůj domov. Další podrobné informace o přírodních zdrojích záření, zákonech, principech radiační ochrany a odpovědi na základní otázky týkající se této problematiky lze získat na stránkách SÚJB. Je tam také odkaz na aplikace MonRaS, kde každý může získat přehled o naměřených hodnotách přírodního pozadí. Jedná se o interaktivní mapu zobrazující výsledky měření dávkového ekvivalentu ve vzduchu nebo jednotlivých složkách potravního řetězce (např. ve vodě, mléku, mase atd.) (viz kapitola 4).

Téměř většina respondentů, konkrétně 70 % odpověděla, že všechny potřebné informace jsou volně dostupné, např. na internetu, což je správnou odpovědí.

V poslední položce mého dotazníkového šetření, v otázce č. 14, jsem se respondentů ptala, zda si myslí, že v České republice existuje radonový program a protiradonová ozdravná opatření. V této otázce přesně polovina respondentů odpověděla kladně a potvrdila, že stát provádí podobná opatření, a téměř polovina, 47 % dotazovaných, uvedla, že odpověď na tuto otázku nezná. Ve skutečnosti, jak uvádím v kapitole č. 4.1 ČR má jak radonový program, tak i protiradonová ozdravná opatření. Jak je uvedeno na internetových stránkách SÚJB, hlavním cílem tohoto programu je informování občanů o možnosti regulace ozáření z radonu, a dát tak každému možnost volby, zda bude nebo nebude provádět preventivní protiradonová opatření. Na webových stránkách radonového programu České republiky jsou k dispozici příručky SVÉPOMOCNÁ OPATŘENÍ PROTI RADONU nebo IZOLACE PROTI RADONU (SÚJB, 2022).

## 9 ZÁVĚR

Předložená bakalářská práce je věnovaná informovanosti obyvatel libereckého regionu o přírodním záření a související problematice. Tato práce je rozdělena na dvě části, část teoretickou a část průzkumnou.

Teoretická část se skládá ze tří částí. Cílem této části práce bylo shrnout informace o přírodních zdrojích záření, jejich vlivu na zdraví člověka a opatřeních k ochraně zdraví v souvislosti s touto problematikou. Důležitou pro pochopení fenoménu radioaktivity je kapitola č. 2, která vysvětluje, co ve skutečnosti radioaktivita je a popisuje, co spadá do přírodních zdrojů záření a co do umělých zdrojů, druhy radioaktivních přeměn, přenos radioaktivních látek v biosféře atd. Kapitola č. 3 obsahuje informaci o tom, jak ionizující záření působí na lidský organismus, k jakým změnám může dojít a jaká jsou nebezpečí zvýšené expozice přirozené radiaci. Poslední kapitola teoretické části obsahuje popis způsobů informování občanů, jaké zdroje poskytují podrobné informace o přírodním záření a jaké programy realizuje český stát pro své občany. Teoretická část je určena k lepší orientaci v průzkumné části. Vypracování této části mi pomohlo dosáhnout cíle, který jsem si stanovila pro teoretickou část.

Pro účely průzkumu této bakalářské práce byl vytvořen dotazník, který se skládá z 16 otázek. Tyto otázky, které vycházejí ze čtyř průzkumných otázek, přispěly k vyhodnocení hlavního cíle a dílčích cílů mé práce. Veškeré otázky v dotazníku se opíraly o poznatky popsané v teoretické části.

Výsledky provedeného setření ukázaly, že informovanost obyvatel libereckého regionu ve většině otázek souvisejících s přirozenou radioaktivitou je dostačující. U některých otázek však výsledky ukázaly, že velká část respondentů byla zcela neinformovaná, např. na otázku č. 9 odpovědělo správně, že Česká republika patří k zemím s vyšší mírou ozáření obyvatelstva radonem, pouze 6 % dotázaných. Z hlediska preventivních opatření se domnívám, že je důležité brát na vědomí, že místo, kde bydlíme, má zvýšený radonový index a dbát na to.

Druhou otázkou, u které se významná část respondentů buď zmýlila, nebo označila odpověď „Nevím“, je otázka č. 11, která byla zaměřena na informovanost obyvatel o možnostech ochrany před přírodní radioaktivitou. Na tuto otázku jsem získala 7 (18 %) odpovědí, v nichž dotazovaní spojovali sluneční záření s přirozenou radioaktivitou a dalších 9 (24 %) odpovědí, kde respondenti nedokázali vypsát ani jednu možnost, jak se můžeme chránit před přírodní

radioaktivitou. Ukázalo se, že v těchto otázkách mají někteří respondenti značné mezery, a proto se domnívám, že je nezbytné se touto problematikou zabývat.

Podle mého názoru existuje několik způsobů, jak informovat občany, kteří žijí v České republice. Pokud budeme sledovat moderní trendy, můžeme založit účet na sociálních sítích, jako je YouTube, TikTok, Instagram a Facebook, kam pravidelně zveřejňovat kvalitní a informativní obsah. Lze také vypracovat brožury se stručným popisem povahy radioaktivity, jejího vlivu na lidský organismus a zdroji radioaktivity s procentuálním zastoupením. Tyto brožury lze vyvěsit na nástěnce v učebnách fyziky na středních školách. Především by se tím měly zabývat státní organizace, jako jsou SÚJB a SÚRO, ale přispět může i ten, kdo má příslušné vzdělání v oboru.

Celkově bylo toto téma pro mě velice zajímavé a přínosné. Všechny cíle, stanovené na začátku, se mi podařilo splnit, tři dílčí cíle mé bakalářské práce umožnily dosáhnout hlavního cíle a zjistit, jaká je informovanost obyvatel žijících v libereckém regionu, ale téma přírodní radioaktivity a informovanosti občanů jistě potřebuje rozsáhlejší výzkumný proces, pro příští studii bych doporučila zapojit více respondentů a zdokonalit dotazník nebo zvolit jinou průzkumnou metodu.

## 10 POUŽITÁ LITERATURA

AL-HARMALI, A. *Decay of  $^{137m}\text{Ba}$  by Gamma emission*. In: Researchgate.net [online]. 2022 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/757/1/012010/pdf>

BARSUKOV, Oleg. 2011. *Osnovy fiziki atomnogo jadra. Jaděrnnyje tehnologii*. Moskva: Fizmatlit. ISBN 978-5-9221-1306-9.

BEIR VI. *Health Effects of Exposure to Radon*. [online]. 1999, [cit. 2022-04-17]. DOI: 10.17226/5499. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25121310/>

BENEŠ, Jiří, Daniel JIRÁK a František VÍTEK. 2015. *Základy lékařské fyziky*. 4. vydání. V Praze: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-2645-1.

BYKOV, Anatolij. 2013. *Inženěrnaja ekologija. Čast' 3. Osnovy ekologii proizvodstva: učebnoje posobije*. Novosibirsk: NGTU. ISBN 978-5-7782-2360-8.

DURANTE Marco a MANTI Lorenzo. *Human response to high-background radiation environments on Earth and in space*. [online]. 2008, [cit. 2022-04-20]. DOI: 10.1016/j.asr.2007.02.014. Dostupné z: <https://1url.cz/XrtoV>

FN MOTOL. *Obecné informace o radioaktivitě a radiační ochraně*. [online]. ©2012 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.fnmotol.cz/kliniky-a-oddeleni/cast-pro-dospele/klinika-nuklearni-mediciny-a-endokrinologie-uk-2-1/oddeleni-radiologicke-fyziky/obecne-informace-o-radioaktivite-a-radiacni-ochran/>

GERMENČUK, Marija. 2021. *Radiacionnyj monitoring okružajuščej srědy*. Minsk: Vyšejšaja škola. ISBN 978-985-06-3324-8.

GOSSE, John C. a Fred M. PHILLIPS. *Terrestrial in situ cosmogenic nuclides: theory and application*. [online]. 2001, [cit. 2022-04-17]. DOI: 10.1016/S0277-3791(00)00171-2. Dostupné z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.298.3324&rep=rep1&type=pdf>

GULABJANC, Loren Aramovič a Alexandr Vitaljevič KALAJDO. 2020. *Protiradonovaja zaščita žilych i obščestvennych zdanij*. Moskva: Direct-Media. ISBN 978-5-4499-1619-8.

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



IRVIN, Rick T., Philip T., UNDERHILL a Camilo CRUZ-BATRES, eds. 1996. *Naturally Occurring Radioactive Materials: Principles and Practices*. Boca Raton, FL: CRC Press. ISBN 978-03-6757-960-9.

KEJŘOVÁ, Stanislava. *Dopady radioaktivního záření na lidský organismu a ochrana před ním*. Brno, 2012. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Fakulta pedagogická. Vedoucí práce Vladislav Navrátil.

KLADIVO, Petr. *Základy statistiky*. [online] Olomouc: Univerzita Palackého, 2013 [cit. 2022-04-17]. ISBN 978-80-244-3842-9. Dostupné z: <https://geography.upol.cz/soubory/studium/e-ucebnice/978-80-244-3842-9.pdf>

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

KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL a kol. 2015. *Nukleární medicína*. 6. vydání (2. vydání v Nakladatelství P3K). V Praze: P3K. ISBN 978-80-87343-54-8.

KUTNOHORSKÁ, Jana. 2009. *Výzkum v ošetřovatelství*. Praha: Grada. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-2713-4.

LEDUC Guillaume et al. *Authigenic <sup>10</sup>Be/<sup>9</sup>Be signature of the Laschamp excursion: A tool for global synchronisation of paleoclimatic archives*. [online] 2006 [cit. 2022-04-17]. DOI: 10.1016/j.epsl.2006.03.006. Dostupné z: <https://1url.cz/hrtNw>

LYSENKO, Nikolaj Petrovič et al. 2017. *Radiobiologiya*. 4-je izd. SPb: Laň. ISBN 978-5-8114-1330-0.

MIKŠOVÁ, Jitka, ed. 2003. Mapa radonového indexu geologického podloží. *Česká geologická služba: Mapa radonového indexu geologického podloží* [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné na internete: [http://www.geology.cz/demo/CD\\_RADON50/0314/0314.htm](http://www.geology.cz/demo/CD_RADON50/0314/0314.htm)

MonRaS: Monitorování radiační situace. 2022. *SÚJB: Státní úřad pro jadernou bezpečnost* [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné na internete: [https://www.sujb.cz/aplikace/monras/?lng=cs\\_CZ](https://www.sujb.cz/aplikace/monras/?lng=cs_CZ)

NEZNAL, Matěj a Martin NEZNAL. 2009. *Ochrana staveb proti radonu*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-3065-3.

PŘIBYLOVÁ, Gabriela. *Kategorie radonového indexu pozemku*. In: Estav.cz [online]. 2017 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/5543.jak-se-zjistuje-radon-z-podlozi-a-co-je-radonovy-index>

RADONOVÝ PROGRAM ČESKÉ REPUBLIKY. *Produkty přeměny radonu*. In: Radonovyprogram.cz [online]. 2016 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.radonovyprogram.cz/o-radonu-co-je-radon/>

RADONOVÝ PROGRAM ČESKÉ REPUBLIKY. *Protiradonová ozdravná opatření a dotace*. [online]. ©2016 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.radonovyprogram.cz/protiradonova-ozdravna-opatreni-a-dotace/>

SAPOŽNIKOV, Jurij Aleksandrovič, Ramiz Avtandilovič ALIEV a Stěpan Nikolajevič KALMYKOV. 2020. *Radioaktivnost' okružajušcej sredy*. 3-je izd. Moskva: Laboratorija znaniy. ISBN 978-5-00101-928-2.

SÚJB. *Ozáření z přírodních zdrojů záření*. [online]. 2022 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/prirodni-zdroje-ionizujiciho-zareni/ozareni-z-prirodnich-zdroju-zareni>

SÚJB. *Rozdělení dávek obyvatelstvu*. In: Sujb.cz [online]. 2022 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/prirodni-zdroje-ionizujiciho-zareni/ozareni-z-prirodnich-zdroju-zareni>

SÚRO. *Přírodní radioaktivita a problematika radonu*. [online]. 2022 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/prirodnioz>

SÚRO. *Sociologický průzkum informovanosti obyvatelstva o přírodním plynu radon*. [online]. 2022 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/publikace/radonova-problematika/pruzkum-informovanosti>

ŠVEC, Jiří, Jana CHMELOVÁ a Karol KORHELÍK. *Radioekologie pro radiologické asistenty*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Zdravotně sociální fakulta, 2006. ISBN 80-7368-219-2.

TOWNSEND Lawrence W. *Implications of the space radiation environment for human exploration in deep space*. [online] 2005 [cit. 2022-04-17]. DOI: 10.1093/rpd/nci141. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16381680/>

TWINING, John R., ed. 2012. *Tropical Radioecology: v.18*. Kidlington: Elsevier. ISBN 978-0-08-045016-2.

ULLMANN, Vojtěch. *Astro Nukl Fyzika*. [online]. 2022 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://astronuklfyzika.cz/>

UNSCEAR. *Answers to frequently asked questions*. [online]. 2017 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.unscear.org/unscear/en/faq.html>

VAŇKOVÁ, Jana. *Analýza současných poznatků o vlivu malých radiačních dávek na lidský organismus* [online]. Kladno, 2017 [cit. 2022-04-26]. Diplomová práce. České Vysoké Učení Technické V Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/74940/FBMI-DP-2017-Vankova-Jana-prace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

VAŇOVÁ, Jiřina. *Onemocnění způsobená ionizujícím zářením v České republice* [online]. Karlovy Vary, 2011 [cit. 2022-04-26]. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, 3. Lékařská fakulta. Vedoucí práce prof. MUDr. Aleš Kavka. Dostupné z: [https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/37853/BPTX\\_2009\\_2\\_\\_0\\_185392\\_0\\_79083.pdf?sequence=1](https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/37853/BPTX_2009_2__0_185392_0_79083.pdf?sequence=1)

## 11 PŘÍLOHY

Příloha A – <i>Dotazník</i> .....	60
-----------------------------------	----

## Příloha A – Dotazník

Vážená respondentko, vážený respondente,  
jmenuji se Angelina Ashimova a jsem studentkou 3. ročníku oboru Radiologický asistent na Fakultě zdravotnických studií Univerzity Pardubice. Chtěla bych Vás požádat o vyplnění mnou vytvořeného dotazníku, který bude sloužit pouze pro účely mé bakalářské práce na téma „Informovanost obyvatel libereckého regionu o přírodním záření a související problematice“. Dotazník je zcela anonymní a veškerá data budou využita ke zpracování mé bakalářské práce. Předem děkuji za Váš čas věnovaný vyplňování dotazníku.

Angelina Ashimova

Před vyplněním dotazníku odpovězte prosím na tyto otázky. Pokud budete mít alespoň jednu otázku odpověď **a)**, prosím dotazník dále nevyplňujte.

**1. Jste odborník na ionizující záření?**

- a) Ano
- b) Ne

**2. Bydlíte v libereckém regionu?**

- a) Ne
- b) Ano

**Vlastní dotazník:**

**1. Jaký je Váš věk?"**

- a) 18–25 let
- b) 26–35 let
- c) 36–45 let
- d) 46–55 let
- e) 56 a více let

**2. Jaké je Vaše nejvyšší dosažené vzdělání?**

- a) Základní
- b) Středoškolské bez maturity
- c) Středoškolské s maturitou
- d) Vyšší odborné
- e) Vysokoškolské

**Některé následující otázky mohou mít nejenom jednu, ale i více odpovědi.**

**3. Z jakých zdrojů získáváte nebo jste získal/a nejvíce informací o přírodní radioaktivitě?**

- a) Ve škole při studiu předmětů fyzika, ekologie apod.
- b) Z internetu.
- c) Z médií (včetně regionální TV a regionálního rádia).
- d) Od přátel, rodiny.
- e) Jiné (*prosím vypište*) \_\_\_\_\_
- f) Žádné informace nevyhledávám.

**4. Jakou část z celkového ozáření obyvatel zaujímá ozáření z přírodních zdrojů záření?**

- a) <5 %
- b) 5–20 %
- c) 80-90 %
- d) >95 %
- e) Nevím.

**5. Co patří mezi zdroje přirozené radioaktivity?**

- a) Kosmické záření.
- b) Havárie v Černobyli.
- c) Jaderné elektrárny.
- d) Zemské záření a radionuklidy ve vzduchu.
- e) Nevím.

**6. Jak se zdroje radioaktivního záření mohou dostat do lidského organismu?**

- a) Vdechnutím kontaminovaného vzduchu.
- b) S potravou a vodou.
- c) V důsledku opakovaného rentgenu, např. rentgenu plic.
- d) Všechny odpovědi jsou správné.
- e) Nevím.

**7. Je zvýšená expozice přírodním zdrojům radioaktivity nebezpečná pro člověka? Pokud ano, proč?**

---

**8. Vyberte správné tvrzení o radonu:**

- a) Radon je po kouření druhou nejvýznamnější příčinou vzniku rakoviny plic.
- b) Největší podíl na průměrném ozáření obyvatelstva v ČR má radon.
- c) Ani jedno tvrzení není pravdivé.
- d) Nevím.

**9. Česká republika patří k zemím:**

- a) S nižší mírou ozáření obyvatelstva radonem.
- b) Se střední (normální) mírou ozáření obyvatelstva radonem.
- c) S vyšší mírou ozáření obyvatelstva radonem.

**10. Proč jsou radon ( $Rn^{222}$ ) a jeho produkty přeměny nebezpečné pro lidské zdraví?**

- a) Vdechnutím se radon (přírodní radioaktivní plyn) dostává do organismu člověka, vydechnutím je z nich opět z velké části vydechnut, ale v plicích zůstávají produkty jeho přeměny (těžké kovy), které poškozují zdravou tkáň plic.
- b) Vdechnutím se radon (přírodní radioaktivní plyn) dostává do organismu člověka, kde zůstává navždy a produkty jeho přeměny (těžké kovy) vyvolávají chemické popáleniny celého organismu.
- c) Vdechnutím se radon (přírodní radioaktivní plyn) dostává do organismu člověka, kde zůstává navždy a produkty jeho přeměny (těžké kovy) ovlivňují trávicí systém (ztráta chuti).
- d) Nevím.

**11. Jak se můžeme chránit před přírodní radioaktivitou?**

---

**12. Se stoupající nadmořskou výškou intenzita kosmického záření:**

- a) Roste.      b) Klesá.      c) Nevím.

**13. Můžete získat přehled o hodnotách přírodního radiačního pozadí pro region, kde žijete?**

- a) Ne, nedá se to změřit ani přibližně.  
b) Ano, ale pouze na základě osobní žádosti na úřadě pro jadernou bezpečnost.  
c) Ano, všechny potřebné informace jsou volně dostupné.

**14. Má-li Česká republika radonový program a protiradonová ozdravná opatření?**

- a) Ano.      b) Ne.      c) Nevím.