



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Radiační zátěž horníků při těžbě uhlí

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program: **Ochrana obyvatelstva**

Autor: Denisa Navrátilová

Vedoucí práce: prof. Dr. rer. nat. Friedo Zölzer, DSc.

České Budějovice 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem „**Radiační zátěž horníků při těžbě uhlí**“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby bakalářské práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 3. května 2019

.....

Poděkování

Upřímné poděkování patří panu prof. Dr. rer. nat. Friedu Zölzerovi, DSc. za jeho cenné rady a laskavé vedení mé bakalářské práce. Dále děkuji všem respondentům za jejich ochotu při poskytování rozhovorů. Ráda bych poděkovala také své rodině za trpělivost a podporu po celou dobu mého studia.

Radiační zátěž horníků při těžbě uhlí

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou radiačního zatížení horníků při těžbě uhlí. Jedná se o téma, o kterém se málo mluví, a samotní horníci o něm mnoho nevědí. Pro zpracování této práce byly stanoveny tyto cíle: Zmapovat radiační zatížení u horníků při těžbě uhlí a zmapovat jaké povědomí mají horníci o rizicích jejich práce. A tyto výzkumné otázky: Do jaké míry dochází u horníků při těžbě uhlí k radiační expozici? Uvažuje se u horníků při těžbě uhlí o radiační ochraně? Jak horníci vnímají hrozby spojené s prací v uhelném dole? S jakými riziky se horníci při těžbě uhlí ve své praxi setkali? Jaké povědomí mají horníci při těžbě uhlí o radiačním zatížení?

Teoretická část této bakalářské práce klasifikuje a udává základní vlastnosti uhlí a jeho nejvýznamnější ložiska na světě. Následně popisuje přírodní radionuklidy a jejich obsah v horninách, samotnou radiační zátěž horníků a jiná rizika spojená s hornictvím. Poslední úsek teoretické části popisuje radiační ochranu a bezpečnost a ochranu zdraví při práci.

Praktická část byla zpracována na základě studia literatury a kvalitativního výzkumu. Ke sběru dat byl použit polostrukturovaný rozhovor s horníky, kteří dříve pracovali v uhelných dolech, a s horníky, kteří jsou stále aktivní. Dále byl proveden rozhovor s odborníkem, který se zabývá zdroji ionizujícího záření ve formě průmyslových aplikací.

Po provedeném výzkumném šetření lze odpovědět na výzkumné otázky následovně. Ze studia literatury lze jasně prokázat, že radiační zatížení u horníků existuje. Z rozhovorů však jasně vyplynulo, že horníci o této problematice mnoho nevědí, a většina z nich si riziko radiačního zatížení neuvědomuje. Radiační ochrana v českých uhelných dolech je regulována legislativou. Musí docházet na základě platné legislativy k měření průměrných objemových aktivit radionuklidů v ovzduší u pracovišť s materiálem se zvýšeným obsahem přírodních radionuklidů. Horníci však uváděli, že se nesetkávali s tím, že by k měření radiace v uhelných dolech docházelo. Z toho tedy je možné vyvodit, že v dolech, ve kterých horníci pracovali, nedochází k překročení úrovní, které udává legislativa. Nebo se tímto nikdo nezabývá, což naznačuje i rozhovor s odborníkem pro radiační aplikace. Někteří horníci hrozby spojené se svojí prací vnímají a někteří už ne. Uváděli např. závaly, otřesy, přítomnost metanu a uhelného prachu, různé úrazy a další. Ti, co nevedli konkrétní hrozby, odpovídali v tom smyslu, že už za roky svých

praxí, hrozby jako takové nevnímají. Respondenti uváděli poměrně velké množství rizik, se kterými se při své práci setkávali. Jednalo se např. o zřevy, úrazy, otřesy, pády kamenů, proměnlivé teploty, riziko vzniku nemocí z povolání, možnost výbuchu metanu, přítomnost hluku a vibrací při práci se stroji.

Klíčová slova: uhlí; uhelné doly; horník; přírodní radionuklidy; uran; radon; efektivní dávka; radiační ochrana

Radiation exposure in coal miners

Abstract

The bachelor thesis focuses on a problematics of radiation load of miners during coal mining. This topic is something that public and miners themselves are not aware of that well. The thesis sets following goals: To chart radiation load of miners during coal mining and the awareness of miners about risks of their job. For the theme were also set following research questions: How big is the rate of radiation exposure of miners during coal mining? Is there considered any radiation protection for miners? At what rate do the miners perceive threats associated with working at coal mine? Which risks the miners encountered during their work experience? How big is the awareness of miners about the threat of radiation load?

The theoretical part of this bachelor thesis classifies and sets general characteristics of coal and its most significant coal deposits. Furthermore, the thesis describes natural radionuclides and its content in rocks, radiation load of miners and other risks connected to mining. The last section of theoretical part describes radiation protection, safety and protection of health at work.

The practical part was processed based on literature study and qualitative research. For data collection was used semi-structured interview with miners which formerly worked at coal mines and with miners which are still actively working at mines. Furthermore, was conducted an interview with specialist which focuses on ionizing radiation sources in a form of industrial applications.

After the analysis, the research questions can be answered as follows. According to studied literature can be concluded that radiation load of miners does exist. However, from conducted interviews emerged that minors do not know much about this problematic and most of them does not even consider radiation load as a threat. The radiation protection in Czech coal mines is regulated by legislation. Based on the valid legislative the average volume activity of radionuclides in the air must be measured in work environments with material containing increased content of natural radionuclides. However, the miners reported that they did not notice any radiation measurement in coal mines. From this statement can be considered that there are no exceeding levels set by legislation at coal mines where questioned miners worked. Other possibility might be that nobody deals with it which is indicated in the interview with radiation application

specialist. Some miners realize threats connected to their work and some of them do not. Some miners reported gusts, shaking, presence of methane and coal dust, various injuries and more. Those who did not report specific threats responded that they do not consider these as threats after several years working at mines. Respondents reported a big amount of threats which they encountered at their work. Amongst others were mentioned gusts, accidents, shaking, stone falls, variable temperatures, risk of occupational disease, possibility of methane explosion, presence of noise and vibrations when working with machines.

Key words: coal; coal mines; miner; natural radionuclides; uranium; radon; effective dose; radiation protection

Obsah

Úvod.....	10
1 Teoretická část.....	11
1.1 Základní pojmy	11
1.1.1 Radioaktivita.....	11
1.1.2 Ionizující záření	11
1.1.3 Veličiny a jednotky.....	11
1.1.4 Deterministické a stochastické účinky.....	12
1.2 Uhlí.....	13
1.2.1 Klasifikace a základní vlastnosti uhlí	13
1.2.2 Fyzikální vlastnosti uhlí.....	13
1.2.3 Chemické složení uhlí.....	14
1.3 Ložiska uhlí v České republice a ve světě	15
1.3.1 Ložiska uhlí v USA.....	15
1.3.2 Ložiska v Rusku.....	16
1.3.3 Ložiska v Číně	16
1.3.4 Ložiska v Austrálii.....	16
1.3.5 Ložiska v JAR.....	17
1.3.6 Ložiska v ČR	17
1.4 Přírodní radionuklidy	17
1.5 Radon	19
1.6 Radiační zátěž horníků.....	20
1.6.1 Nebezpečí multifaktoriální expozice	20
1.6.2 Přírodní radionuklidy v uhlí.....	22
1.6.3 Radon v uhelných dolech.....	23
1.7 Další rizika spojená s hornictvím.....	27
1.8 Radiační ochrana.....	27
1.8.1 Pracoviště s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu	27

1.8.2	Výpočet efektivní dávky u pracovníků.....	29
1.8.3	Radiační ochrana v ČR	30
1.8.4	Radiační ochrana na mezinárodní úrovni	31
1.9	BOZP.....	31
1.9.1	BOZP v České republice.....	31
1.9.2	BOZP v Evropě a ve světě.....	32
2	Cíl práce a výzkumné otázky	34
2.1	Cíl práce	34
2.2	Výzkumné otázky.....	34
3	Metodika.....	35
3.1	Metodika práce.....	35
3.2	Charakteristika výzkumného souboru.....	35
4	Výsledky výzkumu	38
4.1	Kategorizace a výsledky rozhovorů.....	38
4.1.1	Kategorie 1: Pracovní pozice, délka a místo praxe.....	38
4.1.2	Kategorie 2: Délka směn a jejich omezení	40
4.1.3	Kategorie3: Hrozby a rizika.....	42
4.1.4	Kategorie 4: Radiační zatížení	45
5	Diskuze	51
6	Závěr.....	57
7	Seznam literatury	59
8	Seznam příloh.....	65
9	Seznam zkratk.....	67

Úvod

Pracovat jako horník v dole je práce, která vždy byla, a i v dnešní době vyspělé techniky a zlepšujících se bezpečnostních opatření je velmi nebezpečná a fyzicky náročná. Tato práce se oprávněně řadí do rizikových povolání. Jedná se o činnost, která je prováděna i v několika kilometrové hloubce pod zemí, v proměnlivých teplotách a v silně prašném prostředí. Mezi další negativní faktory této práce jistě patří i hluk, vibrace, přítomnost nebezpečných plynů, možné otřesy a následné závaly, a v neposlední řadě také radiační zatížení.

Myslím si, že téma radiačního zatížení u horníků, kteří těží uhlí, je poměrně málo diskutované téma. Je třeba říci, že radiační zatížení v uhelných dolech existuje, i když samozřejmě ne v takové míře jako např. v dolech uranových. Dle mého názoru o tomto riziku horníci pracující v uhelných dolech mnoho nevědí a toto riziko si neuvědomují. Některé stopové prvky v uhlí jsou přirozeně radioaktivní. Mezi tyto radioaktivní prvky patří uran, thorium a produkty jejich rozpadových řad, včetně radia a radonu. (Zielinski, 1997) Nebezpečí radiačního zatížení však nevychází pouze ze samotného uhlí, ale i z přírodních radionuklidů, nacházejících se v půdě. Mezi významné přírodní radionuklidy v horninách a půdách patří ^{238}U a produkty jeho rozpadové řady. Dalším významným přírodním radionuklidem je ^{232}Th a ^{40}K . (Přírodní zdroje, © 2019)

Bylo provedeno několik studií, které se přímo zaměřují na radiační zatížení v uhelných dolech. Některé tyto studie byly použity jako cenný zdroj informací v této bakalářské práci. Z nich vyplývá, že míra radiačního zatížení v některých uhelných dole je značná, a v důsledku této skutečnosti by mělo docházet k pravidelnému měření a k jistým omezením pracovní doby a zvýšení radiační ochrany. Radiační zatížení v uhelných dolech se samozřejmě nevyhýbá ani dolům v České republice. Je proto nutné, aby docházelo k pravidelnému měření. Minimálně by mělo docházet k pravidelnému měření koncentrace radonu v uhelných dolech.

1 Teoretická část

1.1 Základní pojmy

1.1.1 Radioaktivita

Radioaktivita, nebo také radioaktivní přeměna, je jev, při kterém dochází k samovolné přeměně nestabilních jader prvků, na jádra prvků jiných. Cílem této přeměny je dosáhnout co největší stability atomu. Při přeměně nestabilních jader atomů na jiná jádra dochází z důvodu nadbytku energie k emisi částic, kvant elektromagnetického záření či k zachycení elektronu z elektronového obalu. (Havránková et al., 2018)

Existují dva typy radioaktivity: přirozená a umělá. K přirozené radioaktivní přeměně dochází, když se nestabilní těžká jádra samovolně rozpadají na lehčí a stabilní jádra. Umělá radioaktivní přeměna je podmíněna umělým vyvoláním nestability atomového jádra. Dále se však řídí stejnými pravidly jako radioaktivita přirozená. (Havránková et al., 2018)

1.1.2 Ionizující záření

Havránková et al. (2018, str. 9) charakterizují ionizující záření jako „*tok hmotných částic nebo fotonů elektromagnetického záření, které mají schopnost ionizovat atomy prostředí nebo excitovat jejich jádra*“.

Existují tři druhy ionizujícího záření:

- a) Záření alfa – je způsobeno emisí jader helia, které mají velmi krátký dolet, jsou velmi nebezpečná při vnitřní kontaminaci;
- b) Záření beta – tvoří elektrony či pozitrony, které mají větší dolet než částice alfa, jsou nebezpečné při zevní kontaminaci;
- c) Záření gama – jde o elektromagnetické záření charakterizované fotony s vysokou pronikavostí. (Havránková et al., 2018)

1.1.3 Veličiny a jednotky

Pro potřeby této bakalářské práce je nutné popsat několik fyzikálních veličin a jednotek stahujících se k oblasti radioaktivity.

Jednou z nejdůležitějších veličin je tzv. **aktivita** (A). Ta určuje množství radioaktivních přeměn v radioaktivní látce za jednotku času. Jednotkou této veličiny je becquerel (Bq).

Další důležitou veličinou je **absorbovaná dávka** (D). Absorbovanou dávku lze vyjádřit poměrem střední energie, kterou absorbuje v objemovém elementu látka o určité hmotnosti a hmotnosti elementu této látky. Jednotkou je gray (Gy), tedy J/kg. (Havránková et al., 2018)

Dalšími veličinami, které je nutné zavést, jsou ekvivalentní a efektivní dávka. Jednotlivá záření mají různé biologické účinky. Rozdílnost biologických účinků záření nám udává radiační váhový faktor. **Ekvivalentní dávka** (H_T) je dána součinem radiačního váhového faktoru a střední absorbované dávky v daném orgánu nebo v konkrétní tkáni pro daný typ ionizujícího záření. Jednotkou je sievert (Sv), tedy J/kg. Orgány a tkáně v organismu mají rozdílnou radiosenzitivitu. Tu vyjadřuje tzv. tkáňový váhový faktor. **Efektivní dávka** (E) je vyjádřena jako součet ekvivalentních dávek v jednotlivých tkáních nebo orgánech vynásobený příslušným tkáňovým váhovým faktorem. Jednotkou je také sievert. (Havránková et al., 2018)

1.1.4 Deterministické a stochastické účinky

Ionizující záření můžeme rozdělit nejen z hlediska jeho druhů, ale také podle toho, jaké účinky má na člověka.

Vznik deterministických účinků je podmíněn tzv. dávkovým prahem. To znamená, že pokud je překročena prahová dávka, projeví se deterministické účinky záření. Pokud je dávka pod dávkovým prahem, tak se účinek neprojeví. Mezi deterministické účinky můžeme zařadit akutní nemoc z ozáření, která vzniká při dávce nad 0,7 Gy, při celotělovém jednorázovém ozáření. Dále tam patří akutní lokální změny (akutní radiační dermatitida, poškození fertility, radiační záněty), poškození plodu in utero (poškozen vývoj) a pozdní nenádorová poškození (chronická radiační dermatitida, radiační katarakta) (Havránková et al., 2018)

Stochastické účinky vznikají mutací buněk. Jsou bezprahové, tedy čím větší dávka, tím větší pravděpodobnost vzniku stochastických účinků. Do těchto účinků řadíme nádory a genetická poškození. Pro potřeby této bakalářské práce je důležité zmínit, že nádorová onemocnění nevznikají ihned po ozáření. Například nádory plic se mohou vyskytnout po deseti až čtyřiceti letech. Problém však je, že není možné rozlišit spontánně vzniklé případy. (Havránková et al., 2018)

1.2 Uhlí

1.2.1 Klasifikace a základní vlastnosti uhlí

Uhlí se dělí do tří skupin z hlediska prouhelnění na hnědé uhlí, černé uhlí a antracity. Prouhelnění je proces přeměny odumřelých organických látek na látky obsahující vyšší nebo velmi vysoké množství uhlíku. Prouhelnění je přímo úměrné obsahu uhlíku. Jiným parametrem pro určení stupně prouhelnění je obsah prchavé hořlaviny, který se stanovuje láci kelímkové zkoušky. Stanovení obsahu prchavé hořlaviny spočívá v ohřevu předem zváženého vzorku uhlí. Dalším parametrem prouhelnění uhlí z petrologicko-genetického hlediska je světelná odraznost vitrinitu, který je většinovou macerálovou skupinou uhlí. Čím vyšší je střední světelná odraznost vitrinitu, tím vyšší je stupeň prouhelnění uhlí. (Buchtele, Roubíček, 2002)

Macerálové skupiny uhlí jsou mikro konstituenty uhlí. Původ macerálových skupin se odvozuje z macerace původního rostlinného materiálu. Černé uhlí charakterizují macerálové skupiny vitrinitu, liptinitu a inertinitu. U hnědé uhlí jsou to macerálové skupiny huminit, liptinit a inertinit. Odlišnost macerálů i macerálových skupin vyplývá z rozdílného původního rostlinného materiálu i podmínek prouhelnění. Z těchto důvodů je odlišné i jejich chemické složení, hlavně z hlediska obsahu organogenních prvků C, H a O v jednotlivých macerálových skupinách. (Buchtele, Roubíček, 2002)

Převážná většina uhelných zásob ve světě začala vznikat cca před 300 miliony let v období karbonu. Nejstarší jsou antracity, poté černé uhlí a nejmladší je uhlí hnědé. Čím je uhlí starší, tím je kvalitnější, a jeho používání je šetrnější pro životní prostředí. (Uhlí, © 2013)

1.2.2 Fyzikální vlastnosti uhlí

Uhlí obsahuje také vodu. Ta je nežádoucí a nehořlavou součástí tuhých paliv. Ty obsahují dle stupně prouhelnění jedno až šedesát procent vody. Obsah vody v uhlí je zásadní pro jeho samozápalnost, objemovou hmotnost a z hlediska vazby uhelných částic. (Buchtele, Roubíček, 2002)

Voda je v uhlí vázána různými způsoby jako hydrátová, kapilární, konstituční voda, voda přimíšená a voda zbývající, tzv. veškerá voda. Veškerá voda se dále dělí na hrubou, hygroskopickou a okludovanou. Jako hrubá se označuje voda, která se odpařuje vysycháním na vzduchu. Sušením se uhlí zbavuje hygroskopické vody, někdy nazývané

zbylá voda. Celkové množství vody je dáno součtem hrubé vody a zbylé vody. Rozkladem uhlí za vyšších teplot se uvolňuje voda okludovaná. (Buchtele, Roubíček, 2002)

Uhlí má komplikovaný systém porézní struktury. Lze ho charakterizovat vnitřním povrchem a velikostí pórů. Vnitřní povrch má vliv na rychlost některých procesů, jako jsou zplynění, spalování, zkapalnění a rozpouštění uhlí. Póry v uhlí se dělí do tří skupin: mikropóry, mezopóry a makropóry. Převážnou část vnitřního povrchu uhlí tvoří velmi jemné póry. Hustota udává stavbu organické uhelné hmoty. Rozlišujeme zdánlivou a skutečnou hustotu. Zdánlivá hustota je poměr hmotnosti uhlí k jeho zdánlivému objemu. Skutečná hustota udává poměr hmotnosti k jeho skutečnému objemu. Obě hustoty závisí na obsahu vody, popelovin, macelárovém složení a na stupni prouhelnění. Tvrdost uhlí je udávána podle jeho odolnosti proti vrypu dle Mohsovy stupnice tvrdosti. Tvrdost těženého uhlí bývá v rozmezí od prvního do třetího stupně. (Buchtele, Roubíček, 2002)

1.2.3 Chemické složení uhlí

Hořlavina uhlí se skládá z uhlíku, vodíku, dusíku, síry a kyslíku. Množství uhlíku je přímo úměrné prouhelnění, naopak množství kyslíku a vodíku je nepřímo úměrné množství uhlíku. Nejjednoznačnější vyjádření podílu uhlíku, vodíku, dusíku, síry a kyslíku je v atomových procentech. Síra v uhlí je vázána převážně v sirných heterocyklech, kterými jsou thiofeny, benzothiofeny, thioxantheny a další. Kyslík se vyskytuje ve funkčních hydroxylových, karboxylových, karbonylových a methoxylových skupinách. S rostoucím prouhelněním se atomy uhlíku uspořádávají do pravidelných šestiúhelníků, které jsou zárodky grafického uspořádání. (Buchtele, Roubíček, 2002)

Uhlí se z velké části skládá z organické hmoty. Příčinou zdravotních, environmentálních a technologických problémů je však anorganická hmota v uhlí. V uhlí jsou přítomny skoro všechny prvky ve stopovém množství. Popel z uhlí, které obsahuje zvýšené množství uranu lze použít i pro výrobu tohoto prvku. (Dopita et al., 1985) Některé stopové prvky v uhlí jsou přirozeně radioaktivní. Mezi tyto radioaktivní prvky patří uran, thorium a produkty jejich rozpadových řad, včetně radia a radonu. Ačkoli tyto prvky jsou méně toxické než jiné komponenty uhlí, jako je arsen, selen a rtuť, stále je třeba klást si otázku týkající se možného rizika radiace. Většina thoria v uhlí je obsažena ve fosfátových minerálech, jako je monazit nebo apatit. Uran se nachází v minerální a organické hmotě

uhlí. (Zielinski, 1997)

1.3 Ložiska uhlí v České republice a ve světě

Základní ložiska černého uhlí vznikala v prvohorách. V druhohorách a třetihorách se začala utvářet ložiska hnědého uhlí a lignitu. V období prvohor, konkrétně v karbonu a permu, geologický vývoj způsobil vznik nejdůležitějších pánví a ložisek v Evropě, Severní Americe, západní Africe a Asii. Vznik ložisek černého uhlí byl podmíněn několika faktory: geologickými podmínkami, původním rostlinným materiálem, klimatickými a atmosférickými podmínkami, rozvojem mikroorganismů, chemickými a geochemickými činiteli. (Buchtele, Roubíček, 2002)

USA, Rusko, Indie, Čína, Austrálie a Jižní Afrika disponují přibližně devadesáti procenty světových zásob uhlí. V roce 2006 těžba v těchto zemích představovala 81,9 % celosvětové produkce uhlí. (Bian et al., 2010). V roce 2015 mezi hlavní producenty energetického černého uhlí patřila sestupně Čína, USA, Indie, Indonésie, Austrálie, JAR, Rusko, Kazachstán, Kolumbie a Polsko. Jejich produkce v tomto roce přesáhla 5 600 mil. tun energetického černého uhlí. Největším producentem černého uhlí je Čína, která v roce 2015 vyprodukovala 48,8 % z celkové světové produkce. Podíl České republiky na světové produkci černého uhlí byl v roce 2015 0,11 %, a hnědého uhlí 4,75 %. Největšími producenty hnědého uhlí je Německo, Rusko, USA, Austrálie, Polsko, Turecko, Indie, ČR, Srbsko a Řecko. V roce 2015 světová tržba hnědého uhlí přesáhla 816 mil. t. (Surovinové zdroje ČR, 2017)

1.3.1 Ložiska uhlí v USA

Nejpodstatnější ložiska leží ve východních a centrálních oblastech USA, u pobřeží Mexického zálivu, u severních Velkých plošin, Skalistých hor a u pobřeží Tichého oceánu. Největší zastoupení má černé uhlí (43 % celkových zásob) a hnědé uhlí (28 % zásob). Ložiska uhlí v USA zaujímají více než 10 % povrchu. Nejvýznamnější z nich je apalačská pánev (největší), východní pánev, pánev michiganská, západní a jihozápadní. Největší část zásob uhlí v USA (až 37 %) se rozkládá v oblasti Velkých plošin. (Buchtele, Roubíček, 2002) V roce 2015 USA vyprodukovala na 690 mil. tun energetického černého uhlí, což činí 12,3 % celosvětové produkce. U hnědého uhlí je podíl na světové produkci asi 8 %. (Surovinové zdroje ČR, 2017)

1.3.2 Ložiska v Rusku

Převážná část uhelných zásob Ruska leží v asijské části za Uralem. Mezi nejvýznamnější uhelné pánve patří Doněcká pánev, Kuzněcká pánev, Kansko-ačinská pánev, Tunguzská pánev, Lenská pánev a Jihojakutská pánev. Doněcká pánev je nejdůležitější pánví v evropské části Ruska. Kuzněcká pánev je naopak nejvýznamnější v asijské části Ruska. Její rozloha činí 26 000 km² a jsou zde zastoupeny různé typy černého uhlí. Kansko-ačinská pánev je největším uhelným revírem v Rusku a leží podél Sibiřské magistrály. Pánev Tunguzská obsahuje všechny typy černého uhlí. Má však nevýhodnou geografickou polohu. Lenská pánev je největší světový uhlonosný útvar. Uhlí z Jihojakutské pánve je základní surovinou pro hutní průmysl východní Sibiře. (Buchtele, Roubíček, 2002) V roce 2015 Rusko vytěžilo 216 mil. tun energetického černého uhlí, a stalo se sedmým největším producentem černého uhlí v tomto roce. Rusko je druhým největším producentem hnědého uhlí. Jeho podíl na celkové světové produkci činí asi 9 %. (Surovinové zdroje ČR, 2017)

1.3.3 Ložiska v Číně

Uhelné zásoby v Číně jsou po Sibiřských zásobách největší na světě. Nejdůležitější zásoby leží ve střední a východní Číně. Provincie Shanxi představuje nejvýznamnější zdroj uhlí v Číně, kde 36,3 % jejího povrchu představuje 1/3 čínských zásob uhlí. (Buchtele, Roubíček, 2002)

V roce 1996 Čína vytěžila na 1 300 Mt uhlí. (Buchtele, Roubíček, 2002) V roce 2001 to činilo 1,38 mld tun, a v roce 2006 2,3 mld tun. Během těchto let se však počet uhelných dolů snížil o padesát procent. (Bian et al., 2010) V roce 2015 se vytěžilo 2 749 mil. tun energetického černého uhlí. (Surovinové zdroje ČR, 2017) Čína spotřebovává více uhlí než Evropa, Japonsko a Spojené státy dohromady. Výsledkem je, že intenzita těžby v některých uhelných pánvích je až desetkrát větší než v minulosti. (Bian et al, 2010)

1.3.4 Ložiska v Austrálii

Nejvýznamnější ložiska uhlí v Austrálii leží na východním pobřeží kontinentu. V Queenslandu a v Novém Jižním Walesu se nachází 90 % zásob černého uhlí v Austrálii. Mezi nejvýznamnější uhelné pánve patří pánve Newcastle a Bowen. Austrálie má velmi výhodnou geografickou polohu z hlediska levné přepravy uhlí námořní lodní dopravou. Více než 70 % uhlí v Austrálii je těženo povrchově. (Buchtele, Roubíček, 2002)

V roce 2015 Austrálie zaujímal páté místo v celkové produkci energetického černého uhlí. Její produkce činila 252 mil. tun, což odpovídá 4,5% celosvětové produkce. V produkci hnědého uhlí se Austrálie řadí na čtvrté místo, a její podíl na světové těžbě je okolo 8 %. (Surovinové zdroje ČR, 2017)

1.3.5 Ložiska v JAR

Jihoafrická republika (dále JAR) patří mezi přední světové producenty a vývozce černého uhlí. Uhelná ložiska jsou zde poměrně rovnoměrně rozložena. Nachází se převážně na severovýchodní části země. Zhruba 96 % uhlí leží do dvou set metrů pod povrchem, což jihoafrické uhlí řadí mezi nejlevnější na světovém trhu. Nejvýznamnějším ložiskem je ložisko Witbank. (Buchtele, Roubíček, 2002) V roce 2015 JAR vyprodukovala 249 mil. tun energetického černého uhlí. To činí 4,4 % celosvětové produkce. (Surovinové zdroje ČR, 2017)

1.3.6 Ložiska v ČR

Ložiska černého uhlí v ČR se rozkládají na několika pánvích: podkrkonošské, středočeské, mělnické, hornoslezské, vnitro sudetské, radnické a plzeňské. Ložiska hnědého uhlí se nacházejí v podkrušnohorských oblastech. Největší těžby u nás bylo dosaženo v 80. letech 20. století. Od té doby těžba klesá. (Buchtele, Roubíček, 2002) Jedinou pánví, na které se dnes u nás těží černé uhlí, je česká část hornoslezské pánve. V roce 2016 bylo v České republice těženo 8 ložisek a bylo vytěženo přes 6 000 kt černého uhlí. Těžební organizací v České republice je akciová společnost OKD, a. s., Ostrava. (Surovinové zdroje ČR, 2017)

Hnědé uhlí je těženo v sokolovské a severočeské pánvi. Pro českou energetiku je hnědé uhlí jedním z relevantních surovinových zdrojů. Je také důležitou surovinou pro české teplárenství. V roce 2016 bylo těženo na 10 ložisek, a bylo vytěženo 38 646 kt hnědého uhlí. Těžebními organizacemi u nás jsou Severočeské doly, a. s., Chomutov, Sokolovská uhelná, právní nástupce, a. s., Sokolov, Vršanská uhelná a. s., Most, Severní energetická a. s., Most. (Surovinové zdroje ČR, 2017)

1.4 Přírodní radionuklidy

Přírodní radionuklidy se nachází v horninách. Mezi významné přírodní radionuklidy v horninách a půdách patří ^{238}U , a produkty jeho rozpadové řady. Radium se v horninách nachází v rozmezí 1-1000 Bq/kg, v ložiscích uranu to může být i více

než desítky tisíc Bq/kg. Dalším takto významným přírodním radionuklidem je ^{232}Th (1-100 Bq/kg) a ^{40}K (70-1800 Bq/kg). Přírodní radionuklidy, které obsahují horniny, se uvolňují do vod (složitými procesy, závisujícími i na propustnosti půdy), do vzduchu (difúzí radonu z půdy), a dostávají se i do rostlin (skrz kořenový systém, při zalévání kontaminovanou vodou, ze vzduchu). (Přírodní zdroje, © 2019)

Uran a thorium se v malém množství vyskytují ve všech horninách a půdách. V jednom kilogramu zemské kůry se nachází průměrně 6 mg uranu (70 Bq/kg) a 12 mg thoria (50 Bq/kg). Horniny také obsahují izotop radia ^{226}Ra , který je v trvalé radioaktivní rovnováze s nuklidem ^{238}U . Uran, thorium, jejich rozpadové produkty a nuklid ^{40}K způsobují zevní a vnitřní ozáření. Expozice člověka je závislá na poměru těchto radionuklidů v půdě a horninách. (Hála, 1998) Nejvyšší obsah uranu lze nalézt ve vyvřelých horninách (žula). Střední množství je v metamorfovaných horninách (pararuly), a nejméně uranu obsahují sedimentární horniny (pískovce, jílovce). (Hůlka et al., 2000)

Nejvýznamnějším přírodním radionuklidem z hlediska ozáření je radon, který je produktem rozpadové řady ^{238}U , konkrétně rozpadovým produktem radia. Radon se dále přirozeným rozpadem přeměňuje na další radionuklidy (^{218}Po , ^{214}Bi , ^{214}Pb , ^{210}Pb , ^{210}Po). Protože většina stavebních materiálů obsahuje radium, radon a jeho rozpadové produkty - působí obyvatelstvu určitou radiační expozici. Průměrná efektivní dávka je v České republice více než 2 mSv/rok na obyvatele. (Přírodní zdroje, © 2019)

Státní ústav radiační ochrany dělí zdroje přírodního ozáření na:

- a) Kosmické záření, jehož velikost je závislá na nadmořské výšce
- b) Přírodní radionuklidy, které dělíme na tři skupiny:
 - a. Kosmogenní radionuklidy jsou radionuklidy, které vznikají při vzájemném působení kosmického záření s prvky nacházejícími se ve vyšší atmosféře Země.
 - b. Primordiální radionuklidy jsou radionuklidy s velice dlouhým poločasem rozpadu, které jsou na Zemi už od dob jejího vzniku. Díky dlouhému poločasu rozpadu jsou na Zemi dodnes. Patří sem např. ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K aj.
 - c. Radionuklidy tvořící rozpadové řady, tzv. sekundární. Existují 4 rozpadové řady: uran-radiová (^{238}U), thoriová (^{232}Th), aktiniová (^{235}U)

a neptuniová (^{237}Np). (Přírodní radioaktivita a problematika radonu, © 2019) V přírodě se vyskytují pouze rozpadové řady uran-radiová, thoriová a aktiniová. (Havránková et al., 2018)

Primordiální a sekundární radionuklidy se označují jako terestrální, tedy zemského původu. Terestrální radionuklidy způsobují radiační zátěž, která není na všech místech Země stejná. Je to z důvodu geologických procesů, které způsobily nerovnoměrné rozdělení radionuklidů v zemské kůře. Světový průměrný dávkový příkon od terestrálních radionuklidů je $0,057 \mu\text{Gy/h}$ (asi $0,5 \text{ mGy/rok}$ po vynásobení počtem hodin za den a počtem dní v roce). Na některých místech světa však hodnoty mohou dosahovat až $50 \mu\text{Gy/h}$ (asi $0,44 \text{ Gy/rok}$ po vynásobení počtem hodin za den a počtem dní v roce) (Guarapari v Brazílii). (Přírodní radioaktivita a problematika radonu, © 2019)

Mezi přírodní radionuklidy, které způsobují zevní ozáření gama (tedy ozáření kůže), patří hlavně ^{226}Ra , ^{232}Th a ^{40}K . Tyto radionuklidy jsou obsaženy v horninách a půdách povrchové vrstvy. Z hlediska vnitřního ozáření jsou významné izotopy draslíku ^{40}K a radonu ^{222}Rn . Vnitřní kontaminace je způsobena buď ingescí (požitím radioaktivní látky), inhalací (vdechnutím), anebo penetrací přes poraněnou kůži (přes otevřená poranění). (Havránková et al., 2018)

1.5 Radon

Radon je radioaktivní plyn, který vychází z hornin a půd. (WHO handbook on indoor radon, 2009) Jak již bylo zmíněno, je rozpadovým produktem radia. Průměrná měrná aktivita ^{226}Ra , který se nachází v půdě, a postupně difunduje do půdního plynu, je 40 Bq/kg . Obsah ^{222}Rn v půdním plynu je 10 až $25 \times 10^3 \text{ Bq/m}^3$. Radon se vyskytuje také v zemním plynu. (Hála, 1998) Objemová aktivita radonu je odlišná s rostoucí hloubkou pod povrchem. Nárůst aktivity s hloubkou závisí na množství radioaktivních hornin v podloží. (Barnet et al., 1994, cit. podle Kukul, Reichmann, 2000) Zdrojem radonu je také podzemní voda. (Radon, 1997)

Radon existuje ve třech izotopech: radon (^{222}Rn), thoron (^{220}Rn) a aktinon (^{219}Rn). Všechny tyto izotopy jsou zdroji záření alfa. Nejvýznamnějším z nich je izotop ^{222}Rn , který je součástí uran-radiové rozpadové řady. Jeho poločas přeměny je $3,8$ dne. Radon sám o sobě nezpůsobuje velké expozice. Ozáření člověka způsobují až jeho dceřiné produkty, které se ukládají v dýchacích cestách a v plicích. Nejnebezpečnější dceřiné

produkty radonu jsou izotopy polonia. (Havránková et al., 2018)

Radon má tendenci koncentrovat se v uzavřených prostorech, jako jsou podzemní doly nebo domy. (WHO handbook on indoor radon, 2009) Důlní větrání je velmi důležité pro bezpečnost práce. Větrání dolů je buď přirozené nebo umělé. Je nezbytné hlavně z důvodu dýchání lidí a ke snižování koncentrace škodlivých a jedovatých plynů. (Kroul, Kubica, 2013) Radon významně přispívá k dávce ionizujícího záření přijatou horníky a obyvateli. Při vstupu radonu do plic krátkodobé produkty rozpadu radonu (^{218}Po a ^{214}Po) interagují s tkáněmi plic a poškozují DNA. Účinky radonu na zdraví byly zkoumány po několik dekad. Zpočátku se šetření zaměřila na podzemní horníky vystavené vysokým koncentracím radonu. V osmdesátých letech minulého století započaly i průzkumy výskytu radonu v budovách. Nedávné studie o množství radonu ve vnitřních prostorách a výskytu rakoviny plic v Evropě, Severní Americe, USA a Asii poskytují silný důkaz, že radon způsobuje velké množství rakoviny plic v celkové populaci. Podíl rakoviny plic způsobené radonem se pohybuje od 3 do 14 %, v závislosti na průměru koncentrace v dotyčné zemi a metod výpočtu. Analýzy naznačují, že riziko rakoviny plic se proporcionálně zvyšuje se zvyšující se expozicí radonu. Radon je nyní uznáván jako druhá nejdůležitější příčina rakoviny plic, hned po kouření. (WHO handbook on indoor radon, 2009)

1.6 Radiační zátěž horníků

Uhlí se skládá z několika chemických látek, zejména anorganických a polycyklických aromatických uhlovodíků, z nichž mnohé mají mutagenní a karcinogenní účinky. Pneumokonióza, fibróza, azbestóza, silikóza, emfyzém, ztráta funkce plic a rakovina jsou jen některými příklady poruch souvisejících s uhlím. (De Souza et al, 2018)

1.6.1 Nebezpečí multifaktoriální expozice

Horníci v uhelných dolech jsou vystaveni uhelnému prachu, který obsahuje minerální částice, anorganické sloučeniny, polycyklické aromatické uhlovodíky a ionizující záření. Tyto faktory mohou indukovat oxidační stres a podporovat vznik zánětu. V Rusku (v regionu Kemerovo) byl proveden výzkum, zabývající se stupněm poškození DNA u horníků pracujících v podzemních uhelných dolech. K testování byl použit CBMN test (cytokinesis-block micronucleas), který zkoumá lymfocyty v periferní krvi. Testování probíhalo na skupině 143 uhelných horníků (průměrný věk: $50,11 \pm 7,36$ let, průměrná

délka služby v oblasti těžby uhlí: $23,26 \pm 9,66$ let). Ke srovnání byla použita kontrolní skupina 127 zdravých neexponovaných mužů (průměrný věk $47,67 \pm 8,45$ let). V exponované skupině bylo 56 kuřáků, 23 bývalých kuřáků a 64 osob nekouřilo. Horníci byli dále rozděleni podle toho, jakou práci v uhelném dole zastávali. Výsledky cytogenetického šetření exponovaných a neexponovaných skupin horníků prokázaly významné zvýšení hladiny cytogenetických markerů u exponovaných horníků. Vzhledem k tomu, že nelze vyčlenit jeden přední genotoxický faktor, autoři studie připouští, že DNA poškození u exponované skupiny může být důsledkem oxidativního poškození, vyplývajícího z vystavení směsi uhelných reziduí obsahujících stopy železa, síry, uhelného prachu, těžkých kovů, a vystavení ionizujícímu záření (radon, beta a gama záření). (Sinitsky et al., 2016)

De Souza et al. (2018) provedli studii, jejichž cílem bylo analyzovat uhelné minerály s ohledem na délku telomer a procento globální metylace DNA. Studie zahrnovala 82 osob: 55 pracovníků vystavených uhlí a 27 osob bez expozice. DNA byla izolována z periferní krve jedinců. Výsledkem studie bylo zjištění, že u exponovaných osob došlo ke zkrácení telomerů a zvýšení globální metylace DNA. Vzhledem ke složité povaze chemické expozice při těžbě uhlí je obtížné spojit genotoxické účinky se specifickým činidlem nebo sloučeninou. Nestabilita DNA, která byla pozorována u horníků, může být důsledkem oxidačního poškození, vyplývajícího z jejich vystavení komplexní směsi, zahrnující i anorganické látky.

Škodlivostí uhelného prachu se zabývali také Brodny a Tutak (2018). Analyzovali uhelný prach z černého uhlí, který představuje vážnou hrozbu pro život a zdraví horníků. Jedním z hrozeb je nebezpečí výbuchu uhelného prachu, dalším rizikem je negativní účinek dlouhodobého působení prachu na zdraví. Dnešní způsoby těžby produkují velké množství uhelného a kamenného prachu. Dlouhodobá expozice prachu může mít za následek chronická respirační onemocnění. Měření bylo provedeno v pěti černouhelných dolech ležících v povodí Horního Slezska na deseti různých místech, představujících pracovní pozice. Z výsledků studie jednoznačně vyplývá, že důlní těžba uhlí je spojena s extrémně těžkými pracovními podmínkami, a to z hlediska inhalace škodlivého prachu. Proces řezání a přeprava vytěženého uhlí vede k tvorbě velkého množství uhelného prachu, který se navíc díky systému větrání rozšíří do celého dolu. Studie prokázala, že koncentrace prachu v ovzduší závisí na pracovní pozici.

1.6.2 Přírodní radionuklidy v uhlí

Obsah přírodních radionuklidů v uhlí byl zkoumán v oblasti Appalachian, Illinois a Powder River v USA. Studie zahrnovala zjišťování obsahu ^{228}Ra , ^{238}U , ^{226}Ra a ^{210}Pb . Uhlí v oblasti Appalachian mělo aktivitu ^{228}Ra : 12-15 Bq/kg, ^{238}U : 18-21 Bq/kg, ^{226}Ra : 21-25 Bq/kg, ^{210}Pb : 17-23 Bq/kg. Uhlí z Illinois mělo aktivitu ^{228}Ra : 6-13 Bq/kg, ^{238}U : 23-43 Bq/kg, ^{226}Ra : 22-42 Bq/kg, ^{210}Pb : 22-37 Bq/kg. Vzorok uhlí z Powder River měly aktivitu v rozmezích ^{228}Ra : 11-19 Bq/kg, ^{238}U : 6-21 Bq/kg, ^{226}Ra : 7-23 Bq/kg, ^{210}Pb : 6-19 Bq/kg. (Lauer et al., 2015)

Přítomnost přírodních radionuklidů v uhlí byla testována také v Nigérii, v oblasti Maiganga. Bylo zkoumáno třicet tři vzorků uhlí pomocí HPGe gamma spektrometru (High-Purity Germanium) V uhlí byly naměřeny průměrné aktivity ^{226}Ra : $8,18 \pm 0,3$ Bq/kg, ^{232}Th : $6,97 \pm 0,3$ Bq/kg a ^{40}K : $27,38 \pm 0,8$ Bq/kg. Tyto hodnoty byly nižší než světové průměrné hodnoty udávané UNSCEAR (20, 20 a 50 Bq/kg). Vypočítaná efektivní dávka v důsledku vnější kontaminace byla v rozmezí od 0,14 do 0,41 $\mu\text{Sv/rok}$. Efektivní dávka při inhalaci se pohybovala v rozmezí od 2,26 do 12,28 $\mu\text{Sv/rok}$. A efektivní dávka po náhodném požití radionuklidů byla okolo 0,02 $\mu\text{Sv/rok}$. Celková roční efektivní dávka získaná třemi uvedenými cestami expozice, se pohybovala od $2,41 \times 10^{-3}$ do $1,27 \times 10^{-2}$ mSv/rok, s průměrnou hodnotou $7,69 \times 10^{-3}$ mSv/rok. Tato studie prokázala, že nejvýznamnější expozice při práci v uhelných dolech v oblasti Maiganga je z inhalace. Inhalace představovala asi 97 % celkové průměrné roční efektivní dávky. Průměrná roční efektivní dávka vypočítaná v této studii je nižší než limit, který udává Mezinárodní agentura pro atomovou energii, tedy 1,0 mSv/rok. (Kolo, et al., 2016)

Velikosti kolektivní dávky byly testovány také ve třech uhelných dolech v Číně. Testování bylo provedeno ve třech typech dolů: ty, které jsou v soukromém vlastnictví (TPCM), národní uhelné doly, klíčové pro čínskou ekonomiku (NKCM) a lokální (méně produktivní) uhelné doly (SLCM). Mezi lety 2005 až 2009 bylo v čínských dolech zaměstnáno na 5,1 mil horníků (NKCM=1 milion, SLCM=0,9 milionů, TPCM=3,2 milionů horníků). Obdržená kolektivní dávka v těchto letech činila 11335 manSv/rok (NKCM=280 manSv/rok, SLCM=495 manSv/rok, TPCM=10560 manSv/rok) V letech 2010-2014 to bylo celkem 4,7 milionů horníků (NKCM=1,4 milionů, SLCM=1,2 milionů, TPCM= 2,1 milionů horníků), a kolektivní

dávka činila 7982 manSv/rok (NKCM=392 manSv/rok, SLCM=660 manSv/rok, TPCM=6930 manSv/rok). Průměrná efektivní dávka byla pro každý typ uhelného dolu: NKCM=0,28 mSv/rok, SLCM=0,55 mSv/rok, TPCM=3,3 mSv/rok. Roční produkce v dolech NKCM v roce 2005 činila 35,7 % z celkové produkce v Číně, a v roce 2014 už 66,5 %. V dolech TPCM se produkce od roku 2005 naopak snížila z 38 % na 16 % v roce 2013. (Liu et al., 2017)

Vidic et al. (2011) zkoumali expozici pracovníků v uhelném dole Tusnica v Bosně a Hercegovině. Výsledky ukázaly zvýšenou aktivitu hnědého uhlí: 1060 ± 88 Bq/kg ^{238}U , 976 ± 30 Bq/kg ^{226}Ra a 118 ± 31 Bq/kg ^{232}Th . Naměřený dávkový příkon se pohyboval od 0,07 do 0,25 $\mu\text{Sv/h}$. Odhadované roční efektivní dávky pro vnější a vnitřní expozici by mohly činit až 1,6 mSv. Výsledky vedou k závěru, že uhelný důl Tusnica obsahuje hnědé uhlí s významnou radioaktivitou. Pracovní doba v tomto uhelném dole by měla být regulována.

1.6.3 Radon v uhelných dolech

Měření koncentrace radonu bylo prováděno v podzemních uhelných dolech Kozlu, Karadon a Üzülmez, v uhelné pánvi Zonguldak v Turecku. Koncentrace byla stanovována ve 42 bodech v těchto třech dolech. Měření v daných bodech ukázalo, že většina hodnot průměrných koncentrací radonu, se pohybovala mezi 500 a 1000 Bq/m³. Průměrná koncentrace radonu v dole Karadon byla 705 Bq/m³, v dole Kozlu 656 Bq/m³ a v dole Üzülmez 672 Bq/m³. Turecký úřad pro atomovou energii udává jako nejvyšší možnou koncentraci radonu 1000 Bq/m³. Koncentrace ve čtyřech bodech měření byla vyšší než úroveň udávaná úřadem. Efektivní dávka pro důl Kozlu byla 4,72 mSv/rok, pro důl Karadon 5,08 mSv/rok a pro důl Üzülmez 4,84 mSv/rok. (Fişne et al., 2005)

O množství radonu v uhelném dole v Turecku se zajímali také Baldik et al. (2006). Zkoumání probíhalo v uhelném dole Amasra po dobu 40 dnů, od listopadu 2004 do prosince 2004. Koncentrace radonu se pohybovala od 49 Bq/m³ do 223 Bq/m³. Průměrná koncentrace tedy dosahovala 117 Bq/m³. Efektivní dávka pracovníků v tomto uhelném dole odpovídala 3,4 $\mu\text{Sv/den}$ (asi 0,9 mSv/rok po vynásobení průměrným počtem pracovních dní za rok). (Baldik et al., 2006)

Měření koncentrace radonu v uhelných dolech, a následnému výpočtu dávek se věnovala

také studie, zaměřená na uhelné doly v Íránu. V uhelném dole Karsang byla zjištěna průměrná koncentrace radonu 290 Bq/m^3 . V dole Karmozed byla průměrná koncentrace radonu 150 Bq/m^3 . Celková roční efektivní dávka (od expozice radonem a gama zářením) v dole Karsang byla $0,8 \text{ mSv/rok}$ a v dole Karmozed $0,7 \text{ mSv/rok}$. (Fathabadi et al., 2006)

Tchorz-Trzeciakiewicz a Parkitny (2015) zkoumali ve své studii koncentraci radonu v podzemní turistické cestě „Coal Mine“ v Polsku. Tato cesta je součástí uhelného dolu ležícího v těžební oblasti Piast. V 90. letech byl tento důl uzavřen. (Kotarba, 2002 cit. podle Tchorz-Trzeciakiewicz, Parkitny, 2015) Tchorz-Trzeciakiewicz a Parkitny zaznamenali průměrnou koncentraci radonu v tomto zařízení. Ta byla 799 Bq/m^3 . Tato hodnota je v souladu s koncentracemi radonu zaznamenaných v polských dolech. Studie se také zabývala tím, zda se koncentrace radonu mění s ročním obdobím. Bylo zjištěno, že nejvyšší koncentrace radonu byly zaznamenány během letního období a nejnižší v období zim. Střední koncentrace byly naměřeny na jaře a na podzim (vyšší koncentrace byly na jaře než na podzim). Za změny koncentrací jsou dle studie odpovědné pohyby vzduchu v podzemní turistické cestě. Koncentrace radonu kolísaly také během dne. Nejnižší koncentrace byly naměřeny v období noci. Změny koncentrací ve dne a v noci byly dány kolísáním denní a noční teploty.

V polských podzemních dolech jsou zdrojem radiační expozice krátkodobé produkty rozpadu radonu a minerální vody, které obsahují radium ^{226}Ra a ^{228}Ra . Pro horníky jsou největším rizikem právě krátkodobé produkty rozpadu radonu. Studie v polských dolech probíhala na několika místech v podzemí. Pro měření koncentrací částic byly použity dva částicové spektrometry. Naměřená koncentrace okolních aerosolů v podzemních výkopech byla vysoká, hlavně při provozu těžebních strojů. Ultra jemné částice (velikost do $0,1 \mu\text{m}$) tvořily v průměru 65 % částic a 35 % všech částic byly částice jemné (velikost od $0,1$ do $2,5 \mu\text{m}$). Naměřená distribuce velikosti částic okolních aerosolů pomohla odhadnout pravděpodobnost tvorby radioaktivních aerosolů o určité velikosti, a zároveň i jejich distribuci. Dle měření byly radioaktivní aerosoly zastoupeny v ultra jemných částicích ve 45 % a v jemných částicích v 55 %. Celková expozice byla dána jako:

$$E = k_F \times C_\alpha \times t$$

k_F součinitel konverze

C_α koncentrace potenciální energie alfa

t čas

Při $k_F=1,4 \text{ Sv} \times \text{J}^{-1} \times \text{m}^3 \times \text{h}^{-1}$ je průměrná roční efektivní dávka 0,71 mSv, přičemž na některých měřicích bodech dosahovala hodnota až 1,7 mSv/rok. Výsledky prokázaly, že skutečná distribuce radioaktivních částic může výrazně ohrozit zdraví horníků. Ultra jemné a jemné částice jsou nebezpečné nejen z hlediska radioaktivity, ale i z hlediska negativního účinku na dýchací cesty, kde se usazují, a mohou proniknout až do orgánů. (Skubacz et al., 2016)

Radon byl zkoumán také v uhelných dolech v Brazílii. Koncentrací radonu v uhelných dolech ve státě Santa Catarina se zabývali ve své studii dos Santos et al. (2009). Průměrná efektivní dávka pro horníky ve třech zkoumaných uhelných dolech byla odhadnuta na 0,7 mSv/rok. Bylo také zjištěno, že koncentrace radonu je mnohem nižší než 500 Bq/m^3 . Koncentrace radia ve skalách a v minerálech, které tvoří tuto hornickou oblast, je nízká. Proto autoři spekulovali, že koncentrace radonu v uhelných dolech v této oblasti je dána nedostatečnou účinností ventilačního systému a uvolňováním radonu během různých výbuchů. (dos Santos et al., 2009)

Další výzkum provedený v Brazílii se týkal vysoké koncentrace radonu v uhelném dole Figueira na jihu státu. Celkový počet subjektů zařazených do této studie činil 2856 horníků (2024 podzemních horníků, 832 pracovníků na povrchu). V tomto dole nebyly použity dieselové agregáty, proto nepředstavují žádné riziko vzniku karcinomu z dieselových výparů. Hlavním cílem této studie bylo pozorování nárůstu rizika rakoviny plic u pracovníků v podzemí se zvyšující se dobou expozice. Významné riziko úmrtnosti bylo zjištěno při době expozice nad 10 let. Zvýšená úmrtnost na rakovinu plic z důsledku kouření zjištěna nebyla. Tyto údaje tedy naznačují, že kouření pravděpodobně neovlivňuje výsledky studie. Závěrem studie tedy je, že radon zodpovídá za zvýšené riziko rakoviny plic u podzemních horníků v tomto dole. (Veiga et al., 2006)

Dantas et al., (2007) prováděli studii v brazilském uhelném dole v Paraně. Zkoumali kumulaci ^{210}Pb v kostech, konkrétně v lebce a v kolenou, u horníků v uhelném dole. Tento důl byl zvolen z důvodu vysoké koncentrace radonu. Měření bylo provedeno u 32 podzemních uhelných horníků. U 6 z 32 horníků byla naměřena aktivita od 80 do 164 Bq, z čehož lze usoudit, že tito pracovníci byli významně vystaveni ^{222}Rn a jeho produktům rozpadu.

Koncentrace radonu byla měřena také v šesti uhelných dolech v Balúčistánu, v Pákistánu. Koncentrace se pohybovala v rozmezí od 121 do 408 Bq/m³. Při předpokladu, že horníci pracují v těchto uhelných dolech ročně 2880 hodin, je roční efektivní dávka v rozmezí od 1,38 do 4,67 mSv/rok. Pracovníci uhelných dolů v Balúčistánu však stráví v dolech ročně 4000 až 4500 hodin. Dávka přijatá pracovníky je proto až 1,5 krát větší než odhad. Pohybuje se tedy mezi 2,07 až 7,01 mSv/rok. (Qureshi et al., 2000)

Souhrn efektivních dávek z uvedených studií viz. tabulka 1.

Tabulka 1: Souhrn efektivních dávek u jednotlivých uhelných dolů

Uhelný důl (stát)	Roční efektivní dávky (mSv)	Zdroj
Důl v oblasti Maiganga (Nigérie)	0,01 mSv	Kolo, et al., 2016
Důl NKCM (Čína)	0,28 mSv	Liu et al., 2017
Důl SLCM (Čína)	0,55 mSv	Liu et al., 2017
Důl TPCM (Čína)	3,30 mSv	Liu et al., 2017
Důl Tusnica (Bosna a Hercegovina)	1,60 mSv	Vidic et al., 2011
Důl Kozlu (Turecko)	4,72 mSv	Fişne et al., 2005
Důl Karadon (Turecko)	5,08 mSv	Fişne et al., 2005
Důl Üzülmez (Turecko)	4,84 mSv	Fişne et al., 2005
Důl Amasra (Turecko)	0,90 mSv	Baldik et al., 2006
Důl Karsang (Írán)	0,80 mSv	Fathabadi et al., 2006
Důl Karmozed (Írán)	0,70 mSv	Fathabadi et al., 2006
Doly v Santa Catarina (Brazílie)	0,70 mSv	dos Santos et al., 2009
Doly v Balúčistánu (Pákistán)	2,07 – 7,01 mSv	Qureshi et al., 2000
Doly v Polsku	0,71 mSv	Skubacz et al., 2016

Zdroj: vlastní

1.7 Další rizika spojená s hornictvím

Riziko z radonu a jeho dceřiných produktů není jediným nebezpečím, které je spojeno s prací horníků. Inhalace uhelného prachu, který obsahuje uhlík a oxid křemičitý, způsobuje antracosilikózu. Antracosilikóza je převládající forma pneumokoniózy u horníků. (Volobaev et al., 2018). Volobaev et al. (2018) ve své studii zkoumali genotoxické účinky a některé varianty polymorfismu cytokinových genů u ruských horníků trpících antracosilikózou. Do studie bylo zařazeno 129 pacientů trpících antracosilikózou, kterým byly odebrány periferní leukocyty, a 164 horníků bez symptomů. V kultivovaných periferních lymfocytech byly hodnoceny genotoxické účinky pomocí analýzy chromozomálních aberací. Průměrná četnost chromatidové aberace a aberace chromozomů (konkrétně chromatidové zlomy a dicentrické chromozomy) u pacientů s antracosilikózou byla ve srovnání s kontrolní skupinou vyšší. Významné zvýšení úrovně určitých chromozomálních výkyvů u nemocných pacientů je typické pro radiační poškození a poškození způsobené akutním oxidačním stresem. (Volobaev et. al, 2018)

Vedle antracosilikózy je rizikem také uhlokopská pneumokonióza, kterou způsobuje uhelný prach obsahující SiO_2 . (Manuál prevence v lékařské praxi, 2003, 2004) Práce v dolech je také riziková z hlediska výskytu velmi nebezpečných plynů, jako jsou CO , CO_2 , CH_4 a NO_x . (Bezpečnost, © 2012) Mezi další rizika spojená s těžbou uhlí patří, podle vyhlášky č. 22/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí, požáry v dolech, přítomnost kysličníku uhelnatého, výskyt metanu, otřesy, závaly v dolech a další. Tato vyhláška také stanovuje hodnoty koncentrace kysličníku uhelnatého a metanu. Maximální koncentrace kysličníku uhelnatého po dobu osmihodinové pracovní směny je 0,013 %. Koncentrace metanu nesmí přesáhnout 1 %. V místě mimo účinný dosah větrného proudu je možná koncentrace metanu 2 %. (Vyhláška č. 22/1989 Sb.)

1.8 Radiační ochrana

1.8.1 Pracoviště s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu

Pracoviště, na kterých může dojít k významnému zvýšení ozáření osob z přírodních zdrojů (např. doly, jeskyně a jiná pracoviště v podzemí, pracoviště, kde se provádí těžba, zpracování a užití materiálů s obsahem thoria a uranu a další), je třeba při překročení

úrovně ozáření dané legislativou, přijímat opatření k ochraně pracovníků, kteří pracují se zdroji ionizujícího záření. (Přírodní zdroje, © 2019)

Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, uvádí pracoviště s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje záření jako „*pracoviště s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního materiálu a palubu letadla při letu ve výšce nad 8 km*“. Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje uvádí konkrétní pracoviště s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu. Jedná se o pracoviště, na kterém se provádí:

- a) *těžba, transport produktovody nebo zpracování ropy a plynu,*
- b) *těžba uhlí,*
- c) *těžba rud,*
- d) *zpracování niobové nebo tantalové rudy,*
- e) *zpracování suroviny obsahující vzácnou zeminu,*
- f) *primární výroba železa,*
- g) *tavení cínu, olova nebo mědi,*
- h) *výroba cementu, včetně údržby slínkových pecí,*
- i) *výroba fosfátových hnojiv, výroba kyseliny fosforečné nebo termická výroba fosforu,*
- j) *výroba pigmentu na bázi oxidu titaničitého,*
- k) *zpracování zirkonu nebo zirkonia,*
- l) *výroba, zpracování nebo užití materiálů s obsahem thoria a uranu,*
- m) *spalování uhlí v zařízení s tepelným výkonem nad 5 MW, včetně údržby kotlů,*
- n) *získávání geotermální energie,*
- o) *provoz zařízení na úpravu vlastností podzemní vody nebo nakládání s vodárenskými kaly z úpravy vody z podzemního zdroje,*
- p) *nakládání s materiálem, u kterého bylo prokázáno, že obsah přírodního radionuklidu v něm přesahuje uvolňovací úroveň nebo zvyšuje příkon prostorového dávkového ekvivalentu o více než 0,5 $\mu\text{Sv/h}$,*
- q) *hornická činnost,*
- r) *činnost prováděná hornickým způsobem v podzemí, nebo*
- s) *činnost související s nakládáním s těžebním odpadem.*

Tato vyhláška také určuje způsob, jakým se stanovují osobní dávky pracovníků, kteří

pracují s materiálem se zvýšeným obsahem přírodních radionuklidů na pracovišti s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu. Je nutné provádět měření příkonu prostorového dávkového ekvivalentu, měření průměrných objemových aktivit radionuklidů v ovzduší, měření povrchové kontaminace na pracovišti a evidenci doby pobytu. Na těchto pracovištích musí být dále dle vyhlášky provedeno měření k posouzení, zda nedošlo k překročení úrovně 300 Bq/m^3 pro průměrnou objemovou aktivitu radonu v ovzduší při výkonu práce, nebo 1 mSv za rok pro efektivní dávku, která nezahrnuje dávku obdrženou z přírodního pozadí a z ozáření radonem a z produktů jeho přeměny. V případě, že jsou na pracovišti s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu překročeny tyto úrovně, musí být dle vyhlášky na základě opakovaného měření a doby pobytu pracovníků stanoveny jejich osobní dávky. Dále musí být stanovena opatření k provedení optimalizace radiační ochrany, a to hlavně úprava pracoviště s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje záření, a to včetně úpravy ventilace. Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje uvádí také uvolňovací úrovně pro uvolňování pevných materiálů z pracoviště s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdrojů záření. Uvolňovacími úrovněmi dle této vyhlášky jsou:

- a) *hmotnostní aktivita přírodních radionuklidů z řady ^{238}U 1 kBq/kg,*
- b) *hmotnostní aktivita přírodních radionuklidů z řady ^{232}Th 1 kBq/kg, nebo*
- c) *hmotnostní aktivita ^{40}K 10 kBq/kg.*

Tato vyhláška také říká: „Uvolňovací úrovně se nepovažují za překročené, pokud průměrná hmotnostní aktivita žádného radionuklidu není větší než hodnota uvolňovací úrovně.“

1.8.2 Výpočet efektivní dávky u pracovníků

Výpočet efektivní dávky, kterou pracovníci obdrží, závisí na objemové aktivitě radonu (OAR) a na délce pobytu na místě jejich práce. K měření OAR se využívá metoda stanovení časového integrálu objemové aktivity radonu za jeden rok. Využívá se krátkodobé kontinuální měření OAR pomocí stopových detektorů. Měření může být ovlivněné např. prašností, odvětráváním, vlhkostí, nehomogenitou prostředí a dalším. (Švec, 2007)

Při inhalaci jiných přírodních radionuklidů, než je radon, se k výpočtu efektivní dávky

použije objemová aktivita přírodních radionuklidů ve vzduchu a doba expozice pracovníka. K výpočtu objemové aktivity přírodních radionuklidů se užívá odhadní výpočet, který se stanoví pomocí hmotnostní aktivity radionuklidů a prašnosti. Na pracovištích, kde se nakládá se surovinami a materiály se zvýšeným obsahem přírodních radionuklidů, může dojít také k zevnímu ozáření gama. V takovém případě se efektivní dávka vypočítá z naměřeného dávkového příkonu a doby expozice pracovníka. K ozáření pracovníků dochází také v důsledku kontaminace kůže prachem, obsahující přírodní radionuklidy. Výpočet efektivní dávky se stanovuje přes plošnou aktivitu radionuklidů na kůži a dobu expozice pracovníka. (Švec, 2007)

1.8.3 Radiační ochrana v ČR

Radiační ochranu definuje zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon jako „*systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření fyzické osoby a k ochraně životního prostředí před účinky ionizujícího záření.*“. Aby došlo ke správné úrovni zabezpečení radiační ochrany, je třeba definovat koncepci radiační ochrany. (Kunz, 2000)

Existuje několik principů radiační ochrany. Je to princip zdůvodnění činností, které vedou k ozáření, optimalizace radiační ochrany, dodržování dávkových limitů a zajištění bezpečnosti zdrojů ionizujícího záření. Princip zdůvodnění znamená, že jakákoliv radiační expozice musí být více užitečná než škodlivá. Jinak řečeno, způsobená újma musí být vyrovnána osobním či společenským prospěchem. Do způsobené újmy se nezapočítává pouze radiační expozice, ale např. i náklady na dané aktivity. Princip optimalizace radiační ochrany spočívá v tom, že ozáření by mělo být tak nízké, jak jen je toho rozumně možné docílit s tím, že musíme vzít v úvahu hospodářská a společenská hlediska. Třetím principem jsou dávkové limity. Dávkové limity jsou různé pro pracovníky a pro obyvatele při plánovaných expozičních situacích. Existují obecné limity pro obyvatele, limity pro radiační pracovníky a limity pro žáky a studenty. (Havránková et al., 2018)

Radiační ochrana je aplikována na každém pracovišti, kde se provádí činnosti vedoucí k ozáření. Princip dávkových limitů umožňuje, aby nedošlo k překročení těchto limitů u žádné činnosti. (Kunz, 2000) Součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření je u obecného limitu pro obyvatele 1 mSv/rok, u limitu pro radiační pracovníky 20 mSv/rok, a u limitů pro žáky a studenty 6 mSv/rok. (Havránková et al., 2018) Orgány radiační ochrany ustanovují pro různé typy činností

optimalizační meze, aby nedošlo k překročení obecného dávkového limitu. Různé druhy ozáření si vyžadují zajištění vhodných prostředků regulace. Na ozáření z přírodních zdrojů při práci se požadavky radiační ochrany stahují pouze v případě, že ozáření je přímou součástí práce (např. při podzemní těžbě surovin), nebo v případě, že usměrnění je v možnostech provozovatelů činností a dojde k překročení jistých hodnot (např. koncentrace radonu a jeho dceřiných produktů na pracovišti). (Kunz, 2000)

1.8.4 Radiační ochrana na mezinárodní úrovni

Problémy radiační ochrany na mezinárodní úrovni se zabývá několik organizací. Jedním z nich je Vědecký výbor OSN pro účinky atomárního záření (UNSCEAR). Tento výbor pravidelně vydává souhrnné práce o stavu ozáření obyvatelstva z odlišných zdrojů a o biologickém působení záření. Roku 1928 vznikla Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu (ICRP). Tato komise zkoumá biologické účinky ze široké škály zdrojů záření. Vydává publikace zabývající se působením záření na organismus a radiační ochranou. Doporučení ICRP respektuje většina států. Legislativa ČR týkající se radiační ochrany vychází z doporučení ICRP. Problematice radiační ochrany se věnuje také celá řada světových a regionálních vládních organizací. Patří mezi ně hlavně Mezinárodní agentura pro atomovou energii (IAEA), Světová zdravotnická organizace (WHO), Mezinárodní organizace pro potraviny a zemědělství (FAO). Mezinárodní organizace práce (ILO) a Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD). (Kunz, 2000)

1.9 BOZP

1.9.1 BOZP v České republice

Jak již bylo zmíněno, pracovat v hornictví je velmi náročná práce, která je provázána velkým množstvím rizik. Jedná se o práci, která se vykonává ve ztížených podmínkách, na rizikových pracovištích. Hornické práce probíhají v prostředí, které je stísněné, a hrozí zde nebezpečí výbuchu a radioaktivity. Mezi další nebezpečí patří např. důlní otřesy, ztížené mikroklima nebo přítomnost oxidu uhelnatého, metanu a oxidu křemičitého. (Zpráva o stavu bezpečnosti v hornictví za rok 2015, 2016)

BOZP a bezpečnost provozu (dále BP) v hornictví jsou převážně v gesci Českého báňského úřadu. Ten vydává právní předpisy, týkající se BOZP a BP, které vychází z několika zákonů. Jde hlavně o zákon č. 44/1998 Sb., o ochraně a využití nerostného

bohatství (horní zákon), ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 157/2009 Sb., o nakládání s těžebním odpadem a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a zákon č. 83/2013 Sb., o označování a sledovatelnosti výbušnin pro civilní použití, ve znění pozdějších předpisů. (Zpráva o stavu bezpečnosti v hornictví za rok 2015, 2016)

Vyhláška ČBÚ č. 22/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při dobývání nevyhrazených nerostů v podzemí se z hlediska radiačního zatížení zabývá měřením a odběry vzorků důlního ovzduší (měření radioaktivních škodlivin). Ostatní vyhlášky ČBÚ řeší celkovou bezpečnost při práci v dolech.

1.9.2 BOZP v Evropě a ve světě

Mezi tři nejdůležitější evropské orgány, které se zabývají BOZP, se řadí Poradní výbor pro bezpečnost a ochranu zdraví v Lucembursku, Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví, sídlící v Bilbao a Evropská nadace pro zlepšení pracovních a životních podmínek v Dublinu. Poradní výbor vznikl v roce 1974. Úzce spolupracuje s několika dalšími výbory, které se zabývají oblastí bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Mezi tyto výbory patří např. Výbor hlavních inspektorů práce (SLIC) a Vědecký výbor pro pracovní expoziční limity (SCOEL). Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci se zabývá získáváním a používáním technických, vědeckých a ekonomických informací týkajících se BOZP. Evropská nadace pro zlepšení životních a pracovních podmínek vznikla v roce 1975. Tento orgán Evropské unie udává politiku EU v oblasti pracovních a životních podmínek. Evropská unie podporuje BOZP hlavně prostřednictvím legislativy, a to formou směrnic a nařízení, které každý členský stát implementuje do své národní legislativy. (Evropská cesta BOZP, 2006)

Hlavní celosvětové organizace, které působí v oblasti BOZP, jsou Mezinárodní organizace práce (ILO) a Světová zdravotnická organizace (WHO). ILO vznikla v roce 1919 a sídlí v Ženevě. (Ševčík, 2010) Má 3 hlavní orgány: Mezinárodní konference práce, Správní rada a Mezinárodní úřad práce. ILO přijímá mezinárodní pracovní standardy hlavně formou úmluv a doporučení. Úmluvy jsou ratifikovány státy, a poté začnou být závazné. Mezi úmluvy ratifikované ČR důležité pro bezpečné pracovní podmínky v hornictví patří úmluva: č. 115, o ochraně pracovníků před ionizujícím zářením,

č. 124, o lékařském vyšetření způsobilosti mladistvých k zaměstnání pod zemí v dolech, č. 148, o ochraně pracovníků proti nebezpečím z povolání způsobeným znečištěním vzduchu, hlukem a vibracemi na pracovištích, č. 155, o bezpečnosti a zdraví pracovníků a pracovní prostředí a úmluva č. 176, o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci v dolech. (Lonsmín, 2010) ILO se podílí na zlepšení pracovních a životních podmínek, např. v oblasti mezd, pracovní doby nebo podmínek zaměstnání. Zabývá se také snižováním nezaměstnanosti, dodržováním lidských práv a bezpečností a ochranou zdraví při práci. Světová zdravotnická organizace byla založena roku 1948 podpisem Zakládací smlouvy v New Yorku. Základním cílem organizace je snaha o zlepšování kvality lidského života a péče o zdraví. (Ševčík, 2010) Zabývá se také problematikou ochrany zdraví při práci. Vydala proto Globální akční plán Světové zdravotnické organizace pro zdraví dělníků 2008-2017. Ten řeší hlavně to, jak zlepšit ochranu a podporu zdraví na pracovištích, tedy hodnocení a řízení zdravotních rizik. (Zdraví 2020, 2014)

2 Cíl práce a výzkumné otázky

2.1 Cíl práce

Cíl 1: Zmapovat radiační zatížení u horníků při těžbě uhlí.

Cíl 2: Zmapovat jaké povědomí mají horníci o rizicích jejich práce.

2.2 Výzkumné otázky

Pro tuto bakalářskou práci byly stanoveny tyto výzkumné otázky:

Výzkumná otázka 1: Do jaké míry dochází u horníků při těžbě uhlí k radiační expozici?

Výzkumná otázka 2: Uvažuje se u horníků při těžbě uhlí o radiační ochraně?

Výzkumná otázka 3: Jak horníci vnímají hrozby spojené s prací v uhelném dole?

Výzkumná otázka 4: S jakými riziky se horníci při těžbě uhlí ve své praxi setkali?

Výzkumná otázka 5: Jaké povědomí mají horníci při těžbě uhlí o radiačním zatížení?

3 Metodika

3.1 Metodika práce

Výzkumné šetření bylo zpracováno na základě studia literatury a na základě kvalitativního šetření. Pro sběr dat byl zvolen polostrukturovaný rozhovor. Výzkumný soubor tvořili horníci, kteří pracovali nebo ještě pracují v českých uhelných dolech v oblasti hornoslezské pánve. Výběh horníků proběhl za pomoci rodinného přítele, který dříve pracoval jako horník. Díky jeho stálým kontaktům s horníky, se kterými dříve pracoval, došlo k několika rozhovorům. Další rozhovory poté proběhly se známými, s bývalými, nebo se stálými kolegy horníků, se kterými byly uskutečněny první rozhovory. Dále došlo k rozhovoru s odborníkem, který se zabývá zdroji ionizujícího záření ve formě průmyslových aplikací, a to i v uhelných dolech.

Rozhovory byly realizovány v březnu 2019. Na začátku rozhovorů byly položeny otázky týkající se identifikačních údajů, tedy délka praxe horníka, důl, ve kterém horník pracuje nebo pracoval, příp. zda jich bylo více a jakou práci v dole horník vykonává nebo vykonával. Dále následovaly předem připravené otázky, týkající se tématu této bakalářské práce. Tyto otázky byly přizpůsobeny tomu, zda v době rozhovoru byl horník aktivní, či už ne. Horníkům bylo položeno sedm otázek a další doplňující otázky k upřesnění informací. Průměrná délka rozhovorů byla 10 minut. Výzkumné šetření bylo anonymní, a u respondentů, kteří souhlasili, byl rozhovor nahrán, jinak byl doslovně přepsán.

3.2 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor byl tvořen horníky, kteří pracují nebo pracovali v českých uhelných dolech, konkrétně v hornoslezské oblasti. Výzkumné šetření bylo provedeno s celkem 15 horníky. Rozhovory probíhaly s horníky dosud aktivními, ale i s horníky, kteří již nezastávají práci horníka. Důvodem k oslovení aktivních i již neaktivních horníků bylo porovnání, zda se v dolech mění rizika, jestli je horníci vnímají jinak, zda za dobu jejich praxí byli seznámeni s radiačním zatížením, a zda docházelo k jeho měření v uhelných dolech, ve kterých působili. Respondenti museli splnit kritérium doby praxe min. dva roky. Také byl uskutečněn rozhovor s odborníkem, který se zabývá zdroji ionizujícího záření ve formě průmyslových aplikací, a to i v uhelných dolech.

Tabulka č. 2 – Identifikační údaje horníků

Horník	Délka praxe	Důl	Pracovní pozice	Aktivní
H1	16 let	9. května, Darkov	důlní zámečník	NE
H2	28 let	9. května, Darkov	štajgr	NE
H3	36 let	Darkov	závodní inspektor BP	ANO
H4	24 let	9. květen, Darkov	dělník na ražbě	NE
H5	27 let	Mír, Darkov	technik	NE
H6	20 let	ČSM, 9. květen	na výrobě	NE
H7	32 let	9. květen, Darkov	specialista na údržbě důlních strojů	ANO
H8	37 let	Darkov	na údržbě důlních děl	NE
H9	30 let	Darkov	štajger	ANO
H10	30 let	9. květen, Darkov	technik	ANO
H11	38 let	Darkov	dělník na ražbě	ANO
H12	33 let	Mír, ČSA, Darkov	specialista u baňy	ANO
H13	28 let	9. květen, Darkov	horník v rubání	NE
H14	32 let	9. květen, Darkov	technik	NE
H15	22 let	Darkov	na údržbě důlních strojů	NE

Zdroj: vlastní

V tabulce č. 2 jsou uvedeny identifikační údaje dotazovaných horníků. Jsou zde vypsány informace o délce jejich praxe, důl, příp. doly, ve kterých horníci pracovali, pracovní pozice, které zastávali v době rozhovorů nebo jakou práci zastávali, když končili s prací v dole, a v posledním sloupci je uvedeno, zda ještě respondenti pracují jako horníci či

nikoliv. Základním kritériem bylo, aby délka praxe horníků byla alespoň dva roky. Všichni respondenti toto kritériem splnili. Nejkratší doba praxe byla 16 let a nejdelší 38 let. Většina horníků pracovala v dole 9. května a v dole Darkov. Pouze tři respondenti uvedli jiný důl. Pracovní pozice horníků byly různé. Někteří respondenti si za dobu své praxe prošli několika pracovními pozicemi. V tabulce jsou uvedeny jejich pracovní pozice v době rozhovorů. U respondentů, kteří už nepracovali jako horníci, jsou uvedeny jejich pracovní pozice při odchodu z praxe horníka.

4 Výsledky výzkumu

4.1 Kategorizace a výsledky rozhovorů

Informace, které byly získány z patnácti rozhovorů, byly logicky rozděleny do tří kategorií, které byly dále děleny na podkategorie. Z rozhovorů byly při zpracování použity přímé citace.

4.1.1 Kategorie 1: Pracovní pozice, délka a místo praxe

Tato kategorie byla dále rozdělena na 3 části: a) pracovní pozice horníka, b) délka praxe horníka, c) doly

a) pracovní pozice horníka

Pracovní pozice jednotlivých horníků byly různé. Ti, kteří ještě pracují na dole, zastávají následující pracovní pozice. Horník H3 odpověděl: „*Ted'ka už dělám závodního inspektora bezpečnosti práce.*“ Horník H7: „*Ted' jsem specialista na údržbě pro důlní stroje. Nedávno mě přeložili.*“ Horník H9 a H10 oba pracují jako technici. Horník H11 se k otázce, na jaké pracovní pozici pracuje, vyjádřil takto: „*Byl jsem 25 let technikem, pak jsem dělal dispečera, a ted' se změnila situace, a byl jsem převeden na dělníka na ražbu. A ted' čekám na důchod.*“ Horník H12 řekl: „*Jsem specialista u baňy.*“

Respondenti, kteří již nepracují, si většinou za dobu svých praxí prošli několika pracovními pozicemi. Nejobsáhleji se k této otázce vyjádřil horník H5: „*Dělal jsem tam skoro všechno. Začínal jsem po maturitě od píky, od té lopaty, pak jsem se dostal na technika, a pak na štajgra. Pak jsem šel zpátky do dělnického stavu, a posledních pět let jsem tam dělal technika.*“ Horník H8 se vyjádřil: „*Byl jsem 15 let na ražbě, potom jsem dělal v revizi, a potom na údržbě důlních děl.*“ Horník H6: „*Přešel jsem skoro všechny funkce. Dělal jsem přímo na výrobě.*“ I horník H14 uvedl, že pracoval na více pozicích. Otázku okomentoval takto: „*Začínal jsem jako dělník na ražbě. Za ty roky jsem toho dělal víc. Poslední roky jsem dělal technika.*“ Horník H15, jako výše uvedení, také pracoval na více pozicích. Na otázku odpověděl: „*Většinu let v dole jsem dělal na ražbě. Tam jsem skončil a začal jsem dělat na údržbě důlních strojů. Odsud jsem pak z dolu odcházel.*“ Horník H1 a H13 uvedli jednu pracovní pozici. Horník H1 řekl: „*Byl jsem důlní zámečnick.*“ Horník H13 pronesl: „*Pracoval jsem většinu roků jako horník*

v *rubání*.“ Horník H2 se vypracoval na nejvyšší pracovní pozici dělnické profese, tedy na štajgra. Horník H4 odpověděl na otázku o pracovní pozici takto: „*Pracoval jsem v rubání. Rubal jsem uhlí.*“

b) délka praxe horníka

Délka praxe respondentů byla stejně jako pracovní pozice různá. Dobu praxe v dole lze rozdělit do tří kategorií: délka praxe do 20 let, do 30 let a nad 30 let. Pouze dva respondenti pracovali na dole méně než 20 let, anebo přesně 20 let. Jedná se o horníky H1 a H6. H1 při rozhovoru uvedl: „*16 let jsem byl na šachtě, od osmnácti.*“ A horník H6: „*Já jsem dělal 20 roků na šachtě.*“ Do kategorie nad 20 let praxe spadají horníci H2, H4, H5, H13 a H15. Horník H4 na otázku, jak dlouho pracoval v dole odpověděl: „*24 let jsem pracoval v dole, než mě vyřadili na chorobu z povolání. Měl jsem zaprášené plíce.*“ Horníků pracujících v dole 30 a více let bylo celkem 8: horníci H3, H7, H8, H9, H10, H11, H12 a H14. Horník H3 se vyjádřil takto: „*36 let dělám na šachtě.*“ Horníci H7, H9 a H10 uvedli roky, od kterých pracují jako horníci. Horník H7: „*Od osmdesátého sedmého roku.*“ Horník H9 řekl: „*Od osmdesátého devátého. Po vyučení. Dejme tomu 30 let.*“ Horník H10: „*Od osmdesátého devátého roku.*“

c) doly

Počet dolů, které horníci uváděli jako svá pracoviště, bylo celkem 5. Skoro všichni respondenti pracovali nebo pracují na dole Darkov. Pouze jeden na tomto dole nepracoval. Jednalo se o horníka H6. Ten se v rozhovoru vyjádřil na otázku, na kterém dole pracoval takto: „*Já jsem robil na dvou šachtách, důl ČSM a důl 9. květen.*“ Několik horníků pracovalo dříve na dole 9. května. Jednalo se o horníky H1, H2, H4, H6, H7, H10, H13 a H14. Horník H4 uvedl: „*Důl 9. květen ve Stonavě. Pro tuto šachtu jsem se vyučil kdysi. Potom jsem přešel na důl Darkov, protože 9. květen byl vykopaný.*“ Horník H7 řekl: „*Tak kdysi jsem dělal na 9. květnu, teď jsem na dole Darkov.*“ Horník H10 na otázku, ve kterém dole pracuje, a zda jich za dobu své praxe vystřídal více, zareagoval takto: „*Teoreticky dva. Ten jeden se zavřel a přesunuli nás na druhý.*“ Na doplňující otázky, o jaké doly se jednalo řekl: „*9. květen a důl Darkov.*“ Horník H12 uvedl: „*Vystřídal jsem jich více. Bývalý důl Mír, to je důl Gabriela, pak 9. květen, pak jsem byl chvíli na armádě, důl ČSA a teď Darkov.*“ Celkem dva respondenti pracovali na dole Mír, horníci H5 a H12. Horník H5 uvedl: „*Důl Darkov. Ale začínal jsem na dole*

Mír, pak ho zavřeli a přendali nás na Darkov.“ Dalšími uvedenými doly byly důl ČSA, na kterém pracoval horník H12, a důl ČSM, na kterém pracoval horník H6.

4.1.2 Kategorie 2: Délka směn a jejich omezení

První část kategorie číslo dva charakterizuje, jak dlouhé směny měli či mají horníci v dole. Druhá část se zabývá tím, zda je praxe horníků nějakým způsobem omezena, a zda se to v průběhu jednotlivých praxí horníků měnilo. Kategorie dva je teda rozdělena na: a) délka směn a b) omezení praxe horníka.

a) délka směn v dole

Odpovědi horníků na otázku, jak byla či je dlouhá jedna směna v dole, byly velmi podobné. Horníci, kteří již nepracují v dole, tedy horníci H1, H2, H4, H5, H6, H8, H13, H14 a H15 odpovídali následovně. Horník H1 ve své odpovědi popsal i průběh směny. Odpověděl: *„No osm hodin. Normálně na šestou a do dvou. Ale nebylo to celejch osm. Musel jsi sfárat do šesti hodin. Jeli jsem na pracoviště vláčkem, záleželo, kde člověk dělal. My jsme jezdili třeba 3, 4 km. Přijeli jsme na překopy, vyšli jsme z mašinky, a pak jsme třeba ještě dva km šli. Ale člověk si na to zvykne.*“ Na doplňující otázku, zda se střídaly ranní a odpolední směny, řekl: *„To jo, ale já jako zámečník jsem chodil jenom na ranní. Když se likvidoval porub, tak jsme chodili na non stop. Na dvanáctou, na šestou a na půlnoc. A na ráno teda ještě. Takže 4.*“ Podobnou odpověď uvedl horník H13: *„Osm hodin. Tam bylo, že než jsme se dostali na pracoviště, tak to bylo třeba kilometr a víc, takže trvalo, než jsme došli na pracoviště. Pak jsme museli tou cestou zpátky. Celá práce pak trvala asi pět hodin.*“ Horník H4 svoji odpověď taky více rozvedl: *„Chodí se klasicky na osm hodin. Jenže to je takové, že člověk přijde do práce, musí se převlíknout do montérek, a v šest hodin byl sjezd dolů. Fáralo se třeba kilometr pod zem. Bud' se šlo pěšky na pracoviště, nebo tam byla kolejová doprava. Někdy trvalo třeba hodinu a více, než se člověk dostal na pracoviště po různých terénech. To samé zase zpátky. Samotná práce třeba trvala asi 4 hodiny z té celé směny.*“ Horník H5 v rozhovoru uvedl podobnou odpověď jako horník H1: *„No na klasické osmičky, ale bylo to sedm a půl hodiny. Byl čtyř směnný provoz. Ráno, pak na dvanáctou, na osmnáctou a na půlnoc.*“ Horník H8 reagoval na otázku takto: *„Normálně se dělaly osmi hodinové směny. Někdy mimořádně se tam zůstávalo přes čas.*“ Podobně odpověděl i horník H15: *„7,5 hodiny. Někdy když bylo potřeba, tak to bylo i dýl.*“

Respondenti, kteří ještě pracují v dole, horníci H3, H7, H9, H10, H11 a H12, na tuto otázku reagovali stejně. Některé odpovědi byly více obsáhlé. Například horník H3 odpověděl: „Podle zákoníku práce můžeme 37,5 hodin tejdně, takže 7,5 hodiny se píše. Ale nikdy to není 7,5 hodiny. Vždycky je to dyl. Jste třeba od třičtvrtě na 5 v práci a odcházíte ve třičtvrtě na 2. Ale pracovní doba je oficiálně 7,5 hodiny.“ Druhým příkladem je odpověď horníka H9: „7,5 hodiny po novém. Neděláme už osm hodin, ale těch 7,5. Když jdu ráno na šestou, tak tam ale musím být řekněme ve třičtvrtě na 5. V 5 hodin už je pro mě pozdě. Nikdo mi to nezaplatí. Nějaká hodinová pracovní směna v hornictví jako není.“ Horník H12 tuto otázku okomentoval následovně: „My to máme různé. Když je porucha, tak jsme tam třeba i 12 hodin. Když je běžná údržba, tak dejme tomu pět, šest hodin. A když je klasická směna, tak těch 7 hodin.“

b) omezení praxe horníka

Na otázku, zda je či byla praxe horníka omezena, a jakým způsobem, se velmi upřímně vyjádřil horník H1: „Podle toho, v jakém porubu jsi dělala, tak tam počítali prašnost. No a když jsi to naplnila na 100 %, tak tě propustili. Dali ti odstupné, ale to tak bývalo. Oni to pak nějak zrušili, oni s tím kombinovali. Prostě to bylo naplnění expozice. Já jsem měl asi 40 % za těch šestnáct let. Na tu expozici se jelo, nevím, jak je to teďka. Dřív to bylo, že když ji naplňoval, tak ho dali jinam. Šel jezdit s mašinkou, a tak. Oni vždycky někomu ty měřiče strčili podle těch pracovišť. Já jsem ho měl myslím jenom jednou.“ Vyčerpávající odpověď podal také horník H2: „Všude v Evropě je 25 let, a pak dostanete rentu automaticky, a měsíčně Vám platí. U nás v Česku to neexistuje. U nás v Česku je pouze limitovaná prašnost. A to je, když pracujete na nějakém pracovišti, kde je větší prašnost nebo menší prašnost. A podle směn potom se vypočítává osobní prašnost. Jde o naplnění expozice. Někdo třeba pracuje 15 let nebo třeba 30 let, záleží, na kterém tom pracovišti člověk pracuje. Jsou i pracoviště, kde je nulová prašnost. Měli jsme taky pracoviště, kde třeba 20 směn bylo jedno procento expozice, tak to tam naskakovalo strašně rychle. Když máte třeba 90 % té expozice v rubání nebo na čelbě, tak jste se mohl nechat přeřadit na nějaké jiné pracoviště, kde je nižší prašnost a mohl jste pracovat déle. Jenže tam potom ale zase hrozilo to, že odcházeli ti kvalifikovaní pracovníci rychleji, a už za ně nebyli další. Byl to tam takový kolotoč.“ O expozici mluvil také horník H5: „Ono to není jakoby omezení. Počítaly se nám procenta, expozička, kolik směn máme odpracovaných, když se naplnilo 100 %, tak se mohlo odejít. Ale s tím, že odejdete z té šachty po těch sto procentech, po té expoziční době. Ale bez peněz. Dostal jste

odstupné, a nashledanou.“ I horník H14 popsal expozici: „Doba praxe je omezená. Horníci končí, když mají sto procent expozice. Počítá se jim prašnost, a až mají těch sto procent, tak odchází. Stávalo se, že někteří byli přesunutí na jinou práci, ale většinou odcházeli.“ Horník H3 okomentoval otázku takto: „Víte co, první je zdravotní stav. Každý dva roky se chodí na preventivní prohlídky, a může to být omezeno i tím. Já tam dělám skoro 37 let, ale dělal jsem technický věci a tak, takže to nebylo až tak zátěžové. Ti lidé prostě odchází po naplnění prašné expozice. Jsou někteří, kteří vydrží na šachtě třeba 15 let a jsou někteří, kteří 25 let. Je to individuální. Jaký kdo má organizmus. Je to opravdu různé. Záleží na pozici, kde člověk pracuje. Nejčastěji odcházejí lidé z porubů a z příprav, z čeleb. Tam je to nejexponovanější.“ O nemocech z povolání hovořil v odpovědi horník H4: „Tady jde o ty choroby z povolání. Hlavně ty zaprášené plíce. Když pracujete v dole, tak se vám to měří, jak je máte zaprášené. A když dosáhnete sto procent, tak musíte skončit.“ Zaprášené plíce zmínil i horník H13: „Horníkům se počítá prašnost. Šlo o to, co v dole dělal. Na rubání je velká prašnost, a tak odsud horníci odchází dřív. Mají zaprášené plíce.“ Vyčerpávající odpověď byla od horníka H8: „Ta pracovní doba, to je záludná věc. Oni ti tam počítají, tomu se říká expozice. Dovršení určitých směn. Na určitých pracovištích tam se prostě počítá prašnost, a podle toho může ten horník odpracovat těch směn. Dneska je to myslím 3200 směn. Já, když jsem šel do důchodu, tak jsem měl těch směn asi 11 000. Na tři důchodu už. Za komunistů se chodilo v padesáti, a po převratě se to zrušilo všechno. Ted'ka oni zase uzákonili dřívější odchod do důchodu asi o 3 roky. Já měl aji roky, aji počet směn. No některá pracoviště jsou prostě víc exponovaná a některá míň. Takže někde můžeš bejt 100 let a na expozici nedosáhneš. Za nás pak byly ještě rehabilitace. To se chodilo na bazén, masáže a takové ty procedury, a tam se odepisovaly ty expozičky. Mně třeba ji odepsali třikrát.“ Podobně se vyjádřil horník H15: „Počítala se nám expozice. Na každém pracovišti byla jiná prašnost, a tam se mohlo dělat jenom určitý počet směn. Po dosažení expozice, těch počtů směn, tak se přecházelo na jinou práci, nebo se končilo.“

4.1.3 Kategorie3: Hrozby a rizika

Kategorie číslo 3 je rozdělena na dvě části. První část se zabývá tím, jak horníci vnímají hrozby spojené s těžbou uhlí. Část druhá popisuje, s jakými riziky se horníci při své práci v dole setkávají.

a) vnímání hrozeb

V této podkategorii jsou uvedeny odpovědi na otázku, jak horníci vnímají hrozby spojené s jejich prací. Horník H1 a H3 mluvili o tom, že hrozby jako takové už nevnímají. Berou to jako součást své práce. Horník H1 uvedl: „*Na to si zvykneš (smích). Člověk si jde normálně na šichtu a nějak tě to nebere. Děláš to, co musíš.*“ Respondent H3 se vyjádřil takto: „*Tam jsou různé vlivy. Od klimatických podmínek po otřesy. Já už se nebojím asi ničeho. (smích) Je to rutina, zvyk.*“ Horník H14 hovořil podobně: „*Jako čeho jsem se bál? No za ty roky. (smích) Asi závaly. Ty se nedají předpovídat.*“

Zbytek respondentů uvedl konkrétní hrozby. Horníci H2, H8, H9, H11 a H15 ve svých odpovědích zmínili jako hrozbu, kterou vnímají metan. Horník H2 řekl: „*No tak počínaje otřesama, protržení tý horniny, voda může někde něco protrhnout, ale to se nestávalo. A potom plyny, že. Jak to bylo třeba teď na tom ČSM.*“ Horník H8 otázku komentoval takto: „*Tak samozřejmě metan, což je výbušná směs. To se musí odvětrávat. Jsou tam indikátory.*“ O tom, že se metan v dole kontroluje, mluvil i horník H11. Ten pronesl: „*Tak asi metan, ale to se tam všude měří.*“ Podobně řekl i horník H15: „*Metan. To bylo velký nebezpečí. Mohlo dojít k výbuchu. Ale ten se v dole skoro všude měřil. To se hlídalo.*“ Respondent H9 odpověděl stručně: „*Dejme tomu metan samozřejmě.*“

Horníci H5, H7 a H10 hovořili o úrazech, jako o hrozbách, které vnímají. Horník H5 pronesl: „*Když lidi nedávali pozor sami na sebe. Úrazy byly jenom z nedbalosti. Bylo to tak z devadesáti osmi procent.*“ Respondent H7 odpověděl následovně: „*Tak člověk se tam setkává s otřesy. Ten tam nějaký byl, co tam pracuju. Úrazy, smrtelný úraz. Za ty roky se toho nasbíralo.*“ Horník H10 otázku okomentoval: „*Tak úrazy, ale to se nedá přesně specifikovat jaký přesně úrazy.*“

Horník H4 hovořil o závalech a výbuších. Pronesl: „*Tak může přijít výbuch, může tam být oheň a taky zával. Je to dneska sice všechno hlídané, ale otřes je nejhorší, co se může stát. Je nepředvídatelný. Z ničeho nic to s váma tak zatřepe, že jsou potom různé úrazy.*“ Horníci H6, H12 a H13 uvedli odlišné hrozby od ostatních respondentů. Horník H6 otázku okomentoval takto: „*Veškeré choroby z povolání.*“ Horník H12 odpověděl: „*Pád břemene. Nebo pád horniny. Utržení lana při zvedání materiálu. To jsou asi největší ohrožení mé profese.*“ Horník H13 pronesl: „*Asi tu prašnost.*“

b) rizika

Na otázku, s jakými riziky se horníci při své práci setkávají, byly odpovědi různé. Horník H1 odpověď na tuto otázku nejvíce rozvedl. Odpověděl: „*No to jsou závaly, že. Pak takové úrazy, že někde strčíš prsty, spadl na tebe kámen, otřesy. Prstíčkové úrazy. Něco na tebe spadlo, přivalilo tě to. Víš co. Viděl jsem smrťáky taky. Kluky to tam zavalilo. Já pamatuju myslím 4 smrťáky. Hned, jak jsem přišel. Dva nebo tři byly na Darkově. Mě trefilo železo. Jsem stál a tady mi rozbilo pusy, že (ukazuje na velkou jizvu na krku).*“ Horník H3 uvádí mimo jiné i to, že některé úrazy způsobuje také nepozornost: „*Tak vliv na to zdraví má samozřejmě teplota, vedra a těžké podmínky v zimě. Pak prach, sem tam nějaká rána, otřes. Ale dneska ty stroje, všechno je větší, těžší, silnější. I to lze vnímat jako nějakou hrozbu. Úrazy jsou způsobovány při špatné manipulaci se stroji, při nepozornosti.*“ Úrazy zmínil i horník H15: „*Tak viděl jsem hodně úrazů. Sám jsem jich pár měl za ty roky. Nějaký otřesy tam byly. Závaly. Uvolňovaly se kameny.*“

Respondenti H2, H5 a H12 neuvedli konkrétní rizika. Horník H2 na otázku, s jakými riziky se při své práci setkával, odpověděl, že i samotný vstup do dolu je riziko. Konkrétně řekl: „*Rizika. No riziko je samotný to, že jedete do toho dolu. Vy vlezete do štoly, a už jste ohrožení.*“ Horník H5 se vyjádřil takto: „*Lidi o těch rizicích vědí a prostě jdou do toho. Já taky. Někdy to nešlo dělat bez těch rizik, ale to tak je.*“ Horník H12 uvedl, že rizika jsou různá. Řekl: „*To těžko říct. Tam jsou různá rizika u toho. Člověk už tam dělá tak dlouho, že už si je neuvědomuje, dokud k něčemu nedojde.*“

Otřes zmiňuje horník H9: „*Prašnost a v neposlední řadě otřesy. Ten jev je nevyzpytatelný. To je nejhorší. Jinak všechno se dá předvídat. Metan můžete měřit. Při otřese můžete provést prevenci, ale stejně. Z toho já mám největší strach.*“ Respondent H7 řekl: „*Na dole, všude se může něco stát. Rizika tam jsou určitě. Otřesy, výbuchy.*“ Horník H13 odpověděl, že rizik bylo na dole hodně: „*Tak rizik jsme tam měli hodně. Metan, otřesy, závaly. Ty byly nejhorší.*“

Horník H4 jako největší riziko vnímá nemoc z povolání: „*Nejhorší riziko, co je v dole je nemoc z povolání. Zaprášené plíce. To hodně chlapů má, kteří tam třeba dělají 15 let a více. Pak nemoc na povolání jako vibrace, třeba u chlapů, co dělají s těma strojema. Tomu se málokdo vyhne.*“

Horník H8 při otázce, s jakými riziky se v dole setkával, široce popsal riziko, které představuje metan. Dokonce upřímně popsal praktiky, které sám v dole viděl.

Odpověděl: „Ten metan je nejhorší. Dneska je to všechno modernější. My jsme měli jenom takový ruský měřiče. Říkalo se tomu Sputnik. Potom se nosily příruční a plyn se vyhledával. Pak se tam přidávaly ventilátory, aby se to rozfoukalo nebo se to zastavilo, a šli tam záchranáři, a ti to řešili. Dneska jsou všude čidla. Když dosáhneš jednoho procenta metanu, tak ti vypnou všechno elektrozařízení. A pak se tam poslal technik a začlo se to odvětrávat. Jak byl ten výbuch na ČSM teď, tak oni tvrdí, že to nedělali, ale já jsem to viděl na vlastní oči, jak se to přikrejšvalo ta čidla. Oficiálně to ale nikdo neřekne. To ti nikdo nepodepíše. Svede se to na ty mrtvé, a ti už nic říkat nebudou.“

O metanu se zmínil i horník H10. Ten řekl: „Výbuch metanu, uhelného prachu. To jsou rizika v hornictví asi běžné. Může k něčemu takovému dojít. Proto se dělá nějaká prevence. Nemělo by se to podceňovat. To není dobré.“ I horník H14 hovořil o metanu: „Tak bylo tam pár závalů. Měli jsme tam plyny, jako metan. Ten byl nebezpečný, že to mohlo vybuchnout.“

Respondent H6 uvedl tato rizika: „Tak to byly vibrace, prach, teplo, no a hluk.“ Horník H11 zmiňoval podobná rizika: „Máme tam prašnost, máme tam hluk, je tam fyzická zátěž a vibrace.“

4.1.4 Kategorie 4: Radiační zatížení

Tato kategorie je dále dělena na podkategorie popisující, zda si respondenti uvědomují riziko radiačního zatížení, jestli byli s touto hrozbou seznámeni za dobu svých praxí v dolech, a zda se setkali s tím, že by se radiace v dolech měřila.

a) povědomí o radiačním zatížení

Na otázku, zda si horníci uvědomují riziko, které pro ně představuje radiační zatížení, byla většina odpovědí jednoznačná. Vůbec nevěděli, že by nějaké radiační zatížení v uhelných dolech hrozilo. Pouze dva respondenti odpověděli kladně. Horníci H6 a H12 se za dobu svých praxí někdy setkali s radiačním zatížením v uhelném dole. Oba hovořili o radiačním zatížení spojeném s vodou ve vodovodním potrubím. Horník H6 podal nejobsáhlejší odpověď, a s radiačním zatížením byl seznámen ze všech respondentů nejvíce: „Tam je radioaktivita jenom v potrubí, kde teče voda. Ta je trochu radioaktivní. A potom, je zde radioaktivní, když záchranáři dělají takzvané hráze a zaplavuje se to popílkem, tak ten je taky radioaktivní. A potom jsou zářiče, ty úplně jednoduché, ale že by na to někdo dostával choroby z povolání to ne.“ Horník

H12 se vyjádřil následovně: „Potkal jsem se s tím. Po nějakých třiceti letech odpracovaných na dolech jsem se dozvěděl, že některé potrubí dokonce nevykoupí ani železářny, protože obsahují vysoké koncentrace radioaktivity.“

Horníci H2 a H8 řekli, že se s radioaktivitou setkali pouze ve formě umělých zdrojů. Horník H2 odpověděl: „Tady u nás na Karvinsku jako černouhelná pánev, tak víceméně tady radiace není. Tady jsou akorát nějaké pracoviště, kde se hlídalo množství uhlí tou radiací. To bylo jediný radioaktivní. Tam se nesmělo vstupovat. Hlídala se hladina uhlí, aby se to nepřecherpallo. To bylo jediný, kde byla nějaká radioaktivita. Ale bylo to technicky oddělený.“ Horník H8 si také radiační zatížení spojil pouze s měřiči hladiny skladovaného uhlí. Pronesl: „Radiační zatížení? To jaksi v černouhelném dole moc nehrozí. Tam jsou akorát radiační články v bunkru. Tam se natěžené uhlí v dole skladuje, a pak se to vyváží nahoru. Jsou to takové sýpky. Tam jsou radiační válečky. To je jediná radiace. Jsou tam u toho značky tý radioaktivity.“

Respondenti H1, H4, H10, H13 a H15 zamítli, že by na černouhelném dole radioaktivita byla. Horník H1 odpověděl: „Tam žádná radiace nebyla.“ Horníci H4 a H10 uvedli, že se to týká pouze uranových dolů. Horník H4 se vyjádřil takto: „U nás na dole radioaktivita jako taková není. To spíš uranové doly.“ A odpověď horníka H10 na otázku, zda si uvědomoval riziko radiačního zatížení, zněla: „No tak určitě, ale ne v černouhelných dolech. To je v uranových dolech. Já si myslím, že u nás nic takového není. Horniny, které u nás jsou, určitě nejsou radioaktivní.“ Horník H15 také tvrdil, že v uhelném dole radioaktivita není. Uvedl: „Jako tady na Karvinsku? Co vím, tak tady v dolech žádná radioaktivita není. Ne v uhelných.“ Stejně tak horník H13: „Radiační zatížení? To tady nemáme.“

Zbytek respondentů jasně uvedl, že si riziko radiačního zatížení neuvědomují, nebo neuvědomovali, v době, kdy pracovali jako horníci, příp. o tom nic neví. Horník H3 se vyjádřil stručně: „O tom vím kulové.“ Stejně tak horník H5: „Na dole radiace? To ne.“ A také horník H7: „Neslyšel jsem o tom.“ Horník H9 si také neuvědomoval riziko radiačního zatížení. Řekl: „Ne, to určitě ne.“ Respondent H11 podal tuto odpověď: „O tom jsem neslyšel. Nevím, že by na těch pracovištích toto bylo.“ Horník H14 odpověděl: „Ne. Nikdy jsem neslyšel o tom, že by u nás na dole byla nějaká radiace. Ani nevím, kde by se tam vzala. Uhlí nemá žádnou radioaktivitu.“

b) informovanost o radiačním zatížení

Horníkům byla dále položena otázka, zda byli s rizikem radiačního zatížení obeznámeni v průběhu jejich praxe. Horník H1 se vyjádřil: „*Ne, my jsme tam měli akorát plyny, takže my jsme neměli nic takového. Teda aspoň o tom nevím. Plyny jo, ale jestli tam bylo nějaké to radiační zatížení, to nevím.*“ Horník H7 také o ničem nevěděl. Řekl: „*Ne to ne. Na to nás nikdo neupozorňoval.*“ Horník H14 též pronesl, že o radiačním zatížení v uhelných dolech nikdy neslyšel: „*Nikdy jsem o tom neslyšel. Chodili jsme na školení a nevím, že bych o tom někdy něco slyšel.*“ Horník H4 dokonce uvedl, že v dolech, kde on pracoval žádná radiace nehrozí. Otázku okomentoval takto: „*Tady na ostravsku karvinsku nám to nehrozí ta radiace.*“ Horník H2 též odpověděl negativně. Ve své odpovědi se odvolával na uranové doly. Uvedl: „*Tady u nás nic nebylo. To byly uranový doly v Jáchymově a tam. Tady na Karvinsku ne.*“ Horník H5 ve své odpovědi mluvil o uranových dolech také. Pronesl: „*Nevím, že by tam něco takového bylo. Možná na uranových dolech, to jo, ale jako na černouhelných dolech asi ne.*“ I horník H13 věděl pouze o radioaktivitě v uranových dolech. Na otázku odpověděl: „*Ne. O tom jsem nikdy neslyšel. Vím, že radioaktivita je v uranových dolech, ale tady u nás v černouhelných dolech toto nemáme.*“

Horník H6, který v minulé otázce uvedl, že radioaktivita je v dole pouze v potrubí, nyní odpověděl: „*Věděl jsem jenom tady o tomhle.*“ Respondent H3 uvedl na otázku, zda byl o riziku radiačního zatížení informován odpověď, ve které také zmínil potrubí. Respondent H3 tedy řekl: „*O tomhle s náma nikdy nikdo nemluvil. Já jen vím, že některé materiály se nevyváží už na povrch. Třeba potrubí se dneska už nevyváží. Zůstává to v dole.*“ O potrubí hovořil i horník H8: „*Co jsem kdysi zaslechl na školení by mohla být radiace ve starém potrubí. Když se to demontovalo. Ale nevím, že by to bylo nějak životu nebezpečný.*“ Respondent H9 mluvil také o potrubí a zmínil uranové doly. Řekl: „*Neinformuje nás nikdo o tom, že bysme měli tady na karvinsku nějaké radioaktivní problémy nebo takového něco. To je na uranových dolech. Ale vím, že tu bylo nějaký potrubí, který obsahovalo radiační materiál. Víc nevím.*“ Horník H10 uvedl, že jediné, o čem slyšel, je také potrubí. Jeho odpověď zněla: „*Jediné, co jsem slyšel, tak staré potrubí, které se používalo kdysi, tak se muselo nějak likvidovat. Ani se nevyváží na povrch. Likviduje se v dole. To je jediné, co jsem slyšel tady u nás.*“

Horníci H11, H12 a H15 se zmínili, že slyšeli pouze o umělých zdrojích záření. Horník H11 řekl: „*Vím, že nějaká radiace je na skipech, tam, kde se uhlí skladuje, a pak jede nahoru.*“ O skipech hovořil i horník H15. Řekl: „*Ne, vůbec. Akorát co si pamatuju,*

tak byly nějaký upozornění na radiaci na skipech. Tam se nějak ta radiace používala k měření. Ale co přesně to nevím. Tam já jsem nechodil.“ Horník H12 mluvil také ještě o potrubí: *„Popravdě o tom s náma nikdy nikdo nemluvil. Třebas vím, že na starých skipech něco bylo napsané, pozor radiace, a teď v poslední době asi poslední tři roky vím, že se likvidovalo nějaké staré potrubí, a to jsem byl zaražen, že po tak dlouhé době jsem se to dozvěděl. Jak jsem říkal, po třiceti letech na dolech jsem se dozvěděl, že to potrubí nevykoupí ani železářny. Je to už nebezpečný odpad. Ani nevím, jak se to likviduje. Ale potkal jsem se s tím.“*

c) měření radiace

Odpovědi na otázku, zda dochází v dolech, kde horníci pracují k pravidelnému měření radiace, byly prakticky vždy negativní. Horníci H3, H7, H9, H10 a H14 uvedli jasné odpovědi. Horník H3 se k tomu vyjádřil následovně: *„To opravdu nevím toto. Já osobně o tom nic nevím. Zatím jsem to ani nezažil.“* Odpověď horníka H7 byla podobná: *„S tím jsem se nikde na dole nesetkal, ani jsem neslyšel o tom.“* Velmi stručná byla odpověď horníka H9 a H10. Horník H9 řekl: *„Nevím o tom, že by docházelo.“* A horník H10 pronesl: *„Já si myslím, že ne.“* Respondent H14 uvedl: *„To si myslím, že ne. Ani jsem se o to nezajímal nikdy. Jako nikdy nám o tom nikdo neřekl nic.“*

Respondenti H1, H5, H11, H13 a H15 zmínili, že se setkali pouze s měřením metanu a dalších plynů. Horník H1 se vyjádřil takto: *„To nevím. Ani jsem se o to nějak nezajímal. Možná to je, ale to já vůbec nevím tohle. Jestli tam byly nějaký přístroje nevím vůbec. Ale radiačního nic jsme neměřili. Jenom plyny. To, co teďka bouchlo vlastně, tak to někde chytlo jiskru. Tam bouchl metan.“* Horník H5 uvedl, že pracoval jako technik, a že v tom případě by o tom měl něco vědět, ale nikdy o tom neslyšel. Řekl tedy: *„Radiaci určitě ne. Já jako technik jsem měl na starost veškerou bezpečnost, tak bych o tom musel něco vědět. Tam šlo hlavně o plyny.“* Respondent H11 jasně řekl, že k měření radiace nedocházelo. Vyjádřil se takto: *„Nenene, vůbec. Tam se měří plyny, ale radiace ne.“* Horník H13 otázku okomentoval následovně: *„Nevím o tom. U nás na dole se měřily jenom plyny, ale radioaktivita ne.“* Respondent H15 uvedl podobnou odpověď: *„Měřily se tam plyny. Ale radiace, to asi ne. Plyny ty se hlídaly, ale o tomhle jsem nic neslyšel.“*

Jediní horníci, kteří odpověděli na otázku měření radiace jinak než záporně, byli respondenti H4, H6 a H8. Horník H4 uvedl, že uhlí prochází kontrolou, kde se měří koncentrace různých prvků. Konkrétně se vyjádřil k měření takto: *„Na povrchu jsou*

vzorkárny. *Tam pracují vesměs ženy, a to uhlí, jak vyjede na povrch, tak se z něho berou vzorky. Ty jdou potom do laboratoře. Tam se zjišťuje kvalita toho uhlí a zjišťují tam samozřejmě i složení toho uhlí, a kdyby tam náhodou něco bylo, tak by se to řešilo. Tady nikdy nic ale nebylo u nás.*“ Na dodatečnou otázku, zda tedy v těch vzorcích ty radioaktivní prvky nikdy nebyly v takovém množství, aby se to muselo regulovat, odpověděl: *„Přesně tak. To jsou všechno uranové doly, Tady jde hlavně o ten metan.“* Horník H8 mluvil ve své odpovědi o radiaci, která je na dole z měřičů množství uhlí v sýpkách, o kterých se zmínil v odpovědi na otázku, zda si uvědomoval radiační zatížení v dole. Řekl: *„Vím, že lidi, co dělají na dopravě do těch sýpek chodí, ale že by měli u sebe nějaký ten dozimetr, tak nic takovýho tam není. Na dole jsou akorát ty články. Ty se používají k měření. Výška té uhelné hmoty. Tam to ani nepodléhá nějakému zvláštnímu režimu, nic.“* Avšak na dodatečnou otázku, jestli dochází k měření radiace i jinde na dole, odpověděl: *„Nenenenenene. To se neměří. Já jsem o tom nikdy neslyšel, na žádném školení nikde.“*

Horník H6 jako jediný uvedl, že se radioaktivita v dolech někde měří. Dokonce řekl, že v dole funguje nějaká radiační ochrana. Jeho odpověď zněla takto: *„Tam prakticky neměříte radioaktivitu, ale pouze v potrubích, kde jde voda, ta je trošku radioaktivní. Ale řeší se to. Pracovníci, kteří s tím přichází do styku na těch šachtách, tak jsou dohlížející pracovník nad radiační ochranou a potom pracovníci, kteří pracují s touto radiační ochranou. Ten dohlížející pracovník musí mít zkoušky na státním úřadě, že může tuto práci vykonávat, teda toho dohlížejícího pracovníka nad radiační ochranou. Pod ním jsou třeba další čtyři, kteří musí mít včetně dohlížejícího pracovníka každý rok školení radiačních pracovníků. Nejsou to ale přímo horníci. Vedou tento dozor nad všemi doly OKD.“* Odpověď na dodatečnou otázku, zda tedy dochází k nějaké radiační ochraně zněla: *„Jo. Pracovníci pro radiační ochranu tam jsou.“*

Respondent H12 na otázku měření radiace neodpověděl přímo. Avšak z jeho odpovědi je patrné, že nad celou problematikou přemýšlel již dříve. Rozčarovane řekl: *„Vím akorát, že to potrubí, které bylo delší dobu na dole, ale nechápu, jak to může být radioaktivní. My tam pracujeme, nejsme ohroženi, a přitom tam máme nebezpečný odpad.“* Horník H2 podal tuto odpověď: *„Ne. Tady na Karvinsku žádná radioaktivita není v dole. Uhlí je uhlí. To nemá žádnou radioaktivitu. Tady ne.“* Poté na dodatečnou otázku, zda se setkal např. s měřením radonu, odpověděl: *„Ne, ne, ne. Všechno uhlí je obložené kamenem, je z přesliček, to nemá nic společného s radioaktivitou. Když jsi dáte uhlí do sklepa, tak tam*

taky nebudete mít žádnou radioaktivitu. Já mám prolezlé doly horem dolem a nikde jsem na to nenarazil. Byl jsem v dolech i v Polsku a v Německu a nikde jsem se s tím nesetkal.“

5 Diskuze

Tato bakalářská práce se zabývá tématem radiačního zatížení horníků při těžbě uhlí. Její zpracování bylo provedeno na základě studia literatury a výzkumného šetření, a to za pomoci polostrukturovaných rozhovorů s horníky, kteří v době rozhovorů stále pracovali jako horníci, nebo naopak už tuto profesi nevykonávali. Výzkumný soubor tedy tvořilo patnáct horníků. Podmínkou, kterou museli všichni respondenti splnit, byla doba praxe. Ta musela být minimálně dva roky. K upřesnění informací došlo také k rozhovoru s odborníkem, který se zabývá zdroji ionizujícího záření ve formě průmyslových aplikací, a to i v uhelných dolech na karvinsku.

Pro potřeby této bakalářské práce byly stanoveny dva cíle. Prvním cílem bylo zmapovat radiační zatížení u horníků při těžbě uhlí. Druhým cílem bylo zmapovat, jaké povědomí mají horníci o rizicích jejich práce. Aby bylo těchto cílů dosaženo, bylo pro tuto práci položeno pět výzkumných otázek. Ty zněly následovně: Do jaké míry dochází u horníků při těžbě uhlí k radiační expozici? Uvažuje se u horníků při těžbě uhlí o radiační ochraně? Jak horníci vnímají hrozby spojené s prací v uhelném dole? S jakými riziky se horníci při těžbě uhlí ve své praxi setkali? Jaké povědomí mají horníci při těžbě uhlí o radiačním zatížení?

První kategorie byla nazvána pracovní pozice, délka a místo praxe. Byla dále rozdělena na tři podkategorie: pracovní pozice horníků, délka jejich praxí, místo jejich praxí. Pracovní pozice horníků byly různé. Většina z dotazovaných si během své praxe prošla několika pracovními místy. Tato otázka byla položena proto, aby došlo k porovnání, zda se respondenti na různých pracovních pozicích setkali s měřením radiačního zatížení, či o něm alespoň byli informováni. Dále pracovní pozice hraje roli v tom, že na různých místech v dolech dochází k odlišnému zatížení, jak také uvádí teoretická část této bakalářské práce. Ať už se jedná o zatížení v důsledku vysoké prašnosti, nebo v důsledku radiace. Studie, jejichž autorem jsou Brodny a Tutak (2018) zkoumala škodlivost uhelného prachu. Výsledkem studie bylo, že koncentrace v ovzduší závisí na pracovní pozici horníka v dole. K podobnému závěru došla také studie Skubacz et al. (2016). Tato studie uvádí, že naměřená koncentrace škodlivých částic byla nejvyšší při provozu těžebních strojů. Otázka na délku praxí hraje ve výzkumu také velkou roli. Je odrazem toho, že i za velmi dlouhou praxi někteří respondenti vůbec nebyli informováni o riziku radiačního zatížení. Tím se práce následně zabývá ve čtvrté kategorii. Délky praxí byly

v rozpětí od šestnácti do třiceti osmi let. Třetí podkategorie řeší doly, ve kterých horníci za léta svých praxí působili. Důvod, proč byla položena otázka na doly, ve kterých horník pracoval, je zjevný. Opět šlo o porovnání, zda se horníci, kteří pracovali na více dolech, na některém z nich setkali s radiačním zatížením, a s jeho měřením. Horníci uvedli celkem pět různých dolů. Jednalo se o doly: 9. května, Darkov, ČSM, Mír, ČSA. Jeden z respondentů za dobu své praxe působil na třech těchto dolech. Ani on nebyl o radiačním zatížení na žádném dole informován. Někteří respondenti pracovali na dvou a někteří pouze na jednom dole.

Druhá kategorie nese název délka směn a jejich omezení. Je dále logicky členěna na dvě části: délka směn v dole, omezení praxe horníka. Do první části této kategorie byly zahrnuty odpovědi na otázku, jak dlouhá je jedna směna v dole. Tato otázka byla položena proto, že z hlediska radiační expozice je důležitá doba pobytu v prostředí, kde se nachází radiační zatížení. To mimo jiné uvádí i vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. V této vyhlášce je zmíněno, že je nutné provádět evidenci doby pobytu na pracovištích s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu, což pracoviště, kde se těží uhlí beze sporu i podle této vyhlášky je. Druhá část této kategorie obsahuje odpovědi na otázku, zda je doba praxe u horníků při těžbě uhlí omezena. Tato otázka byla jistě také na místě. Práce v hornictví je velmi náročná. Odpovědi na tuto otázku dokazují, že existuje omezení praxe horníka. Horníkům je za dobu jejich praxe počítána expozice prašnosti. To znamená, že po naplnění sta procent expozice prašnosti, musejí s prací horníka skončit. Někteří respondenti uváděli i možnost, že pokud se expozice jednotlivce blížila k vysokému číslu, mohl být přeložen na méně exponované pracoviště. O tom, že dochází ke sledování a řízení expozice horníka pomocí stanovování nejvyšší přípustné expozice, ve svém článku hovoří Urbanec et al. (2008) Uvádí, že je důležité, aby docházelo k jejímu důslednému uplatňování v případě pracovního zařazování. Dále se autoři zmiňují, že pro rubání je přípustný expoziční limit respirabilní frakce prachu $2,0 \text{ mg/m}^3$, a pro ražbu je to hodnota $1,0 \text{ mg/m}^3$.

Třetí kategorie s názvem hrozby a rizika je dělena na dvě podkategorie: vnímání hrozeb, rizika. Pod podkategorií vnímání hrozeb se skrývají odpovědi na otázku, jaké hrozby spojené s prací v uhelných dolech horníci vnímají. Z odpovědí jasně vyplývá, že ani jeden z respondentů nevnímá jako hrozbu radiační zatížení. Hrozby uváděné horníky byly např. přítomnost metanu, různé úrazy, závaly, výbuchy, otřesy a v neposlední řadě také

nemoci z povolání. Někteří respondenti však uvedli, že žádné hrozby už za ty roky praxe nevnímají. Do nemocí z povolání v hornictví se řadí antracosilikóza, tedy ukládání minerálních látek z uhelného prachu do plic. Jedná se o jeden z nejhorších typů uhlokopské pneumokoniózy. Studie Volobaeva et al. (2018) jasně dokazuje negativní vliv této nemoci na lidský organizmus. Požáry v dolech, přítomnost kysličníku uhelnatého, výskyt metanu, otřesy a závaly v dolech a další negativa spojená s prací v dolech uvádí i vyhláška č. 22/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí. Druhá podkategorie se zabývá odpověďmi na otázku, s jakými riziky se horníci setkávali při práci v dolech. Nejčastěji bylo udáváno jako riziko výbuch metanu a možné otřesy. Jako další rizika byly uváděny závaly, pády kamene, teplota v dolech, přítomnost prachu a vibrace. Jeden z horníků považoval za riziko samotný vstup do dolu. Další odpověďel, že i přes rizika, se kterými se jako horník setkával, šel do toho.

Čtvrtá kategorie je dělena na tři podkategorie: povědomí o radiačním zatížení, informovanost o radiačním zatížení, měření radiace. V první podkategorii jsou uvedeny odpovědi na otázku, zda si horníci uvědomují riziko, které pro ně představuje radiační zatížení. Odpovědi byly naprosto jednoznačné. Ne. Riziko radiačního zatížení si většina z nich vůbec neuvědomovala. Jenom dva respondenti uvedli, že věděli o přítomnosti radioaktivity ve vodovodním potrubí, tedy ve vodě. Avšak z jejich odpovědí vyplynulo, že to neberou jako riziko jejich povolání. Tři respondenti uvedli, že vnímali pouze přítomnost umělých zdrojů radioaktivity. Konkrétně ve formě měřičů hladiny množství uhlí v sýpkách. Použití těchto přístrojů ve své studii popisuje Jirkovský (1973). Jedná se o radiometrické hladinoměry. Jejich funkce je bodová kontrola stavu hladiny uhlí v sýpkách. Podkategorie číslo dva shrnuje odpovědi na dotaz, zda byli horníci během svých praxí o riziku radiačního zatížení informováni. Odpovědi byly také jednoznačné. Nikdy je nikdo neinformoval. Někteří respondenti dokonce zamítli, že by radiace na uhelných dolech hrozila. Jiní se zase odvolávali na uranové doly. Tvrdili, že radiační zatížení hrozí pouze při těžbě uranu, nikoliv uhlí. Někteří horníci hovořili o tom, že věděli již o dříve zmiňované radiaci v potrubí. Respondenti byli na počátku rozhovorů tázáni, na jakých pracovních pozicích pracují, příp. pracovali, v jakých dolech působili či působí a kolik let praxe jako horníci mají. Ze všech odpovědí tedy plyne, že informovanost horníků o radiačním zatížení nezávisí na době praxe, na pracovní pozici a ani na dole, ve kterém horník pracuje nebo pracoval. Rozpětí dob praxí bylo od 16 do 38 let.

Ani respondent s nejdelší dobou praxe nikdy nebyl informován o radiačním zatížení. Většina tázaných horníků si prošla za dobu svých prací několika pracovními pozicemi i několika doly. Jeden z respondentů vystřídal za dobu své praxe horníka dokonce tři doly. Ani v jednom z nich nebyl informován o radiačním zatížení. Poslední podkategorie této kategorie nese název měření radiace. V této části jsou shrnuty odpovědi na otázku, zda dochází v dolech k pravidelnému měření radiace. Odpovědi na tuto otázku byly téměř vždy negativní. Někteří respondenti uváděli, že se za dobu svých prací setkali pouze s měřením metanu a dalších plynů. Jeden z respondentů uvedl, že se zkoumají vzorky uhlí. Tyto vzorky jsou testovány na kvalitu, ale i na množství stopových prvků. Tento horník dále uvedl, že za dobu své praxe se neseťkal s tím, že by v uhlí byly radioaktivní prvky v takovém množství, že by bylo nutné měření radiace na dolech.

V rámci doplnění informací k této bakalářské práci, konkrétně k informacím o umělých zdrojích, došlo k rozhovoru s odborníkem, jehož firma, i on osobně, se zabývá zdroji ionizujícího záření ve formě průmyslových aplikací. V případě uhelných dolů, se jeho firma zabývá umělými zdroji pro měření veličin, např. hustoty, vlhkosti, indikace materiálu nebo kontroly množství různých surovin v zásobnících. V rozhovoru mu byla položena otázka, zda dochází k nějakému radiačnímu zatížení horníků z těchto umělých zdrojů. Jeho odpověď byla, že tyto zařízení obsluhují pouze osoby s odbornou způsobilostí. Ti mohou kolem těchto zařízení v dolech chodit a využívat je. Tito pracovníci jsou z hlediska radiační ochrany sledovanou skupinou. Odborník dále uvedl, že k radiačnímu zatížení horníků, kteří v dole fárají, z těchto umělých zdrojů nedochází. Osoby, které jsou ve styku s umělými zdroji v dolech, jsou proti těmto zdrojům chráněni časem a vzdáleností. Dále byla tomuto odborníkovi položena otázka, zda se setkal také s tím, že by docházelo k měření radiačního zatížení v uhelných dolech z přírodních zdrojů, např. z radonu. Uvedl, že ne. Jeho argumenty zněly, že důl je dvacet čtyři hodin odvětráván, a nemůže tedy dojít k hromadění. Celý rozhovor viz. příloha 2.

Shrnutí a odpovědi na výzkumné otázky

Po prostudování všech odpovědí lze jasně konstatovat, že horníci se při své práci setkávají s celou řadou rizik. V rozhovorech udávali několik příkladů, počínaje úrazy a konče rizikem výbuchu metanu. Nikdo z respondentů však neuvedl jako riziko radiační zatížení.

První výzkumná otázka zní „Do jaké míry dochází u horníků při těžbě uhlí k radiační expozici?“. Z nastudované literatury o přírodních zdrojích lze uvést tyto informace.

UNSCEAR udává typický rozsah ročních efektivních dávek pro podzemní uhelné doly od 0,5 do 4 mSv/rok (průměrně 2,4 mSv/rok). Odhad roční kolektivní efektivní dávky je asi 16 560 manSv pro uhelné doly (6 900×10³ monitorovaných pracovníků). (Sources and effects of ionizing radiation, 2010) Odhad průměrného rizika nádorového onemocnění u pracovníků (18-64 let), tedy nominální koeficient rizika vztažený na újmu pro rakoviny, je 4,1×10⁻² na Sv. (Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany 2007, 2009) To znamená, že průměrné riziko úmrtí z radiačně indukovaného nádoru pro pracovníky v uhelných dolech je 2,4×4,1×10⁻⁵ = 1:10 000 za rok nebo cca 1:200 za 45 let působení. Toto riziko je relativně nízké, ale ne zanedbatelné ve srovnání s rizikem úmrtí v jiných profesích. Je např. pětkrát menší než riziko úmrtí při práci ve stavebnictví. (Hess, 2011)

Co se týče radiační zátěže horníků v České republice, bohužel neexistuje studie, která by obsahovala podrobná data o kolektivních nebo individuálních dávkách. Množstvím stopových prvků v uhlí v karvinské oblasti se ale zabýval Pešek et al. (2010). Z výsledků studie plyne, že např. množství uranu v karvinském souvrství je 34,5 ppm, přičemž průměrná hodnota je okolo 2 ppm, a množství stroncia je 238 ppm. Množství stroncia v uhlí se pohybuje v rozmezí od 15 do 500 ppm. Karvinské souvrství má dle této studie zvýšené koncentrace hliníku, železa, rtuti, manganu, thalia a titanu. Z tohoto lze usoudit, že množství uranu v uhlí z karvinského souvrství je vyšší než průměr. Koncentrace stroncia naopak zvýšená není. Lze tedy odhadnout, že riziko úmrtí z radiačně indukovaného nádoru zapříčiněného radiační zátěží z přírodních zdrojů je pro české horníky spíše vyšší než světový průměr. V případě umělých zdrojů, z rozhovoru s odborníkem je možné usoudit, že radiační zatížení z těchto zdrojů není pro horníky v dole rizikem. U těch, kteří s těmito zdroji přicházejí do styku, dochází ke sledování a k radiační ochraně.

Tato bakalářská práce se zabývá i tím, jaké povědomí mají o radiačním zatížení sami horníci. Tedy zda o tomto riziku vědí. Proto byla položena výzkumná otázka „Jaké povědomí mají horníci při těžbě uhlí o radiačním zatížení?“. Na ni je možné odpovědět, že někteří z horníků věděli, že radiace se nachází ve vodě, která protéká v dolech v potrubí. Z jejich odpovědí ovšem vyplývá, že radiační zatížení nevnímají jako riziko spojené s jejich prací v dole. Většina horníků však neměla tušení o tom, že radiační zatížení v uhelných dolech existuje. Další výzkumnou otázkou byla otázka „Uvažuje se u horníků při těžbě uhlí o radiační ochraně?“. Na to lze odpovědět, že na radiační

ochranu se z hlediska umělých zdrojů pomýšlí u osob, které s těmito zdroji přichází přímo do styku. Jsou chráněny časem a vzdáleností. Z vyhlášky č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje plyne, že je nutné provádět měření průměrných objemových aktivit radionuklidů v ovzduší u pracovišť s materiálem se zvýšeným obsahem přírodních radionuklidů, což dle této vyhlášky pracoviště, kde se provádí těžba uhlí je. V případě, že dojde k překročení úrovní, které udává tato vyhláška, musí být stanoveny osobní dávky pracovníka pomocí opakovaného měření a doby pobytu na pracovišti. Z odpovědí horníků a odborníka však plyne, že k žádnému pravidelnému měření radiace v uhelných dolech nedochází. Lze z toho tedy vyvodit, že v dolech, ve kterých respondenti pracovali, nedochází k překročení úrovní, které udává vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. Nebo se tímto nikdo nezabývá, což naznačuje i rozhovor s odborníkem pro radiační aplikace.

Na stanovenou výzkumnou otázku „Jak horníci vnímají hrozby spojené s prací v uhelném dole?“, lze konstatovat, že někteří je vnímají velmi a jiní je už nevnímají vůbec. Většina horníků uvedla konkrétní příklady hrozeb, které osobně vnímají, např. závaly, otřesy, přítomnost plynů, úrazy, nemoci z povolání a přítomnost uhelného prachu. Jiní horníci uváděli, že hrozby spojené s prací v dolech za léta praxe už nevnímají a ohrožení, které doly představují, berou jako součást své práce. Na další výzkumnou otázku „S jakými riziky se horníci při těžbě uhlí ve své praxi setkali?“, lze odpovědět několika příklady. Horníci se setkávali s rizikem výbuchu metanu, s proměnlivými teplotami, s přítomností uhelného prachu, vibrací a hluku, a z nich plynoucí možnosti nemocí z povolání, dále riziko závalů, otřesů, pádu kamene, a jako poslední lze uvést rizika úrazů.

6 Závěr

Tématem této bakalářské práce byla radiační zátěž horníků při těžbě uhlí. Teoretická část popisuje vlastnosti uhlí a jeho ložiska ve světě i v ČR. Dále se zaměřuje na přírodní radionuklidy, tedy jejich výskyt v horninách, jejich členění a konkrétněji se zabývá problematikou radonu. Další část uvádí informace o samotné radiační zátěži horníků a jiných rizicích souvisejících s prací v uhelném dole. Poslední úsek se zabývá radiační ochranou v České republice, radiační ochranou na mezinárodní úrovni a bezpečností a ochranou zdraví při práci u nás i ve světě.

Pro tuto práci byly stanoveny dva cíle. Prvním cílem bylo zmapovat radiační zatížení u horníků při těžbě uhlí. Pro splnění tohoto cíle pak byly stanoveny tři výzkumné otázky: Do jaké míry dochází u horníků při těžbě uhlí k radiační expozici? Uvažuje se u horníků při těžbě uhlí o radiační ochraně? Jaké povědomí mají horníci při těžbě uhlí o radiačním zatížení? Odpovědi na tyto otázky bylo dosaženo pomocí studia literatury, analýzou odpovědí respondentů z rozhovorů, a také porovnáním takto získaných informací. K radiační expozici u horníků při těžbě uhlí dochází, jak ve světě, tak i v České republice. Množství uranu v uhlí z karvinského souvrství je vyšší než průměrné. Těžba černého uhlí v České republice aktivně probíhá už pouze na území Karvinska. I když je množství uranu v karvinském uhlí zvýšené, jeden z respondentů uvedl, že v uhlí, které prochází pravidelnou kontrolou, nikdy nebylo množství radioaktivních prvků tak významné, aby muselo docházet k radiační ochraně. Někteří horníci uváděli, že radiační zatížení v uhelných dolech nehrozí, protože uhlí nijak radioaktivní není. O radiační ochraně v uhelných dolech se dle platné legislativy ČR uvažuje. Těžba uhlí dle legislativy spadá do kategorie pracovišť s materiálem se zvýšeným obsahem přírodních radionuklidů. Na těchto pracovištích musí docházet k měření průměrných objemových aktivit radionuklidů v ovzduší. V případě překročení úrovně, které udává legislativa, musí docházet k pravidelnému měření. Většina respondentů však uváděla, že k pravidelnému měření radiace v uhelných dolech nedochází. Z toho lze vyvodit, že v dolech, ve kterých respondenti pracovali, nedochází k překročení úrovně uváděných v legislativě. Nebo se tímto nikdo nezabývá, což plyne i z rozhovoru s odborníkem pro radiační aplikace. Na výzkumnou otázku „Jaké povědomí mají horníci při těžbě uhlí o radiačním zatížení?“ je možné odpovědět, že velmi malé. Většina horníků uváděla, že o radiačním zatížení v uhelných dolech neslyšeli. Někteří respondenti hovořili o tom, že vědí pouze

o přítomnosti radioaktivity ve vodě, která protéká potrubím v dolech, anebo zmínili jen umělé zdroje radioaktivity, nacházející se v uhelných dolech.

Druhým cílem bylo zmapovat, jaké povědomí mají horníci o rizicích jejich práce. Aby mohl být splněn tento cíl práce, byly stanoveny dvě výzkumné otázky: Jak horníci vnímají hrozby spojené s prací v uhelném dole? S jakými riziky se horníci při těžbě uhlí ve své praxi setkali? Někteří horníci hrozby spojené se svojí prací vnímali více, jiní méně. Někteří respondenti uváděli konkrétní hrozby, které osobně vnímali. Byly to např. závaly, otřesy, přítomnost plynů jako je metan, úrazy a přítomnost uhelného prachu. Zbylí respondenti hovořili o tom, že hrozby jako takové už nevnímali, a brali je za součást práce, kterou vykonávali. Rizik, spojených se svou prací, uváděli horníci několik. Byly to např. možnost závalů a otřesů, možnost pádu kamene, proměnlivost teplot v dole, přítomnost uhelného prachu, a z nich plynoucí nemoci z povolání, možnost výbuchu metanu, dále hluk a vibrace.

Téma této práce pro mě bylo velmi zajímavé. Osobně mě nejvíce zajímalo, jak jsou o rizicích radiačního zatížení informováni samotní horníci v uhelných dolech. Z výsledků rozhovorů vyplynulo, že jsou o této problematice velmi mále informováni. Toto zjištění mě osobně překvapilo. Proto by tato práce mohla být zdrojem informací pro horníky, kteří pracují v uhelných dolech.. Dále by mohla sloužit i jako studijní materiál, zabývající se např. přírodními radionuklidy, konkrétně radonem.

7 Seznam literatury

BALDIK, R., AYTEKIN, H., ÇELEBI, N., ATAKSOR, B., TAŞDELEN, M., 2006. Radon concentration measurements in the AMASRA coal mine, Turkey. *Radiation Protection Dosimetry*. Vol. 118, No. 1, pp. 122-125. DOI: 10.1093/rpd/nci374. ISSN 1742-3406. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/rpd/article/118/1/122/1597119>.

Bezpečnost: Ochranné pomůcky, ©2012. OKD [online]. [cit. 2019-02-07]. Dostupné z: <https://www.okd.cz/cs/bezpecnost/ochranne-pomucky>

BIAN, Z., INYANG, H.I., DANIELS, J.L., OTTO, F., STRUTHERS, S., 2010. Environmental issues from coal mining and their solutions. *Mining Science and Technology*. Vol. 20, pp. 215-223. DOI: 10.1016/S1674-5264(09)60187-3. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674526409601873>

BRODNY, J., TUTAK, M., 2018. Exposure to Harmful Dusts on Fully Powered Longwall Coal Mines in Poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 15. DOI: 10.3390/ijerph15091846. ISSN 1660-4601. Dostupné také z: <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/9/1846>

BUCHTELE, J., ROUBÍČEK, V., 2002. *Uhlí: zdroje, procesy, užití*. Ostrava: Montanex. Odborná publikace. ISBN 80-7225-063-9.

DANTAS, A. L. A., DANTAS B. M., LIPSZTEIN J. L., SPITZ H. B., 2007. In vivo measurements of ²¹⁰Pb in skull and knee geometries as an indicator of cumulative ²²²Rn exposure in a underground coal mine in Brazil. *Radiation Protection Dosimetry*. Vol. 125, No. 1-4, pp. 568-571. DOI: 10.1093/rpd/ncl387. ISSN 0144-8420. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/rpd/article-lookup/doi/10.1093/rpd/ncl387>.

DE SOUZA, M. R., KAHL, V. F. S., ROHR, P., KVITKO, K., CAPPETTA, M., LOPEZ, W. M., DA SILVA, J., 2018. Shorter telomere length and DNA hypermethylation in peripheral blood cells of coal workers. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. Vol. 836, pp. 36-41. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383571817301870?via%3Dihub>.

DOPITA, M., HAVLENA, V., PEŠEK J., 1985. *Ložiska fosilních paliv*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury.

Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany 2007. Přeložili Klener, V., Thomas, J., Tomášek, L., 2009. Praha: Státní ústav pro jadernou bezpečnost

DOS SANTOS, C.E.L., VIGNOL, M.L., CONCEIÇÃO, R.V., XAVIER, A.M., GOUVEA, V., MACACINI, J.F., 2009. Estimate of radiation doses to workers in underground mines of coal and fluorite in the Brazilian state of Santa Catarina and considerations on the optimisation of radiation protection. *INAC 2009: International nuclear atlantic conference, Brazil*. Dostupné z: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=reportnumber:%22INIS-BR--6511%22

Evropská cesta BOZP: Základy, instituce, výzvy, 2006. Belgie: Evropský odborový institut pro výzkum, vzdělávání a bezpečnost a ochranu zdraví při práci. ISBN 2-87452-011-X.

FATHABADI, N., GHIASSI-NEJAD, M., HADDADI, B., MORADI, M., 2006. Miners' exposure to radon and its decay products in some Iranian non-uranium underground mines. *Radiation Protection Dosimetry*. Vol. 118, No. 1, pp. 111-116. DOI: 10.1093/rpd/nci324. ISSN 1742-3406. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/rpd/article/118/1/111/1597000>.

FIŞNE, A., ÖKTEN, G., ÇELEBI, N., 2005. Radon concentration measurements in bituminous coal mines. *Radiation Protection Dosimetry*. Vol. 113, No. 2, pp. 173-177. DOI: 10.1093/rpd/nch449. ISSN 1742-3406. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/rpd/article/113/2/173/1597320>.

HÁLA, J., 1998. *Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie*. Brno: Konvoj. ISBN 80-85615-56-8.

HAVRÁNKOVÁ, R., FREITINGER SKALICKÁ, Z., HAVRÁNEK, J., ZÖLZER, F., KUNA, P., 2018. *Základy radiobiologie*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta. ISBN 978-80-7394-696-8.

HESS, J. Th., 2011. *Schutzziele im Umgang mit Naturrisiken in der Schweiz*. Doctoral Thesis. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich. DOI: 10.3218/3390-8

HŮLKA, J., VLČEK, J., FOJTÍK, P., 2000. Inventář terestrálních radionuklidů v prostředí. *Principy a praxe radiační ochrany*. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost. s. 505-509. ISBN 80-238-3703-6.

JIRKOVSKÝ, R., 1973. *Efektivní využití radioizotopů a ionizujícího záření v hornictví*. Ostrava, Praha, Most: Vysoká škola báňská v Ostravě, Hornický ústav ČSAV v Praze, Výzkumný ústav hnědého uhlí v Mostě a Závody automatizace v Ostravě.

KOLO, M. T., KHANDAKER, M. U., AMIN, Y. M., ABDULLAH W. H. B., 2016. Quantification and Radiological Risk Estimation Due to the Presence of Natural Radionuclides in Maiganga coal, Nigeria. *PLOS ONE*. DOI: 10.1371/journal.pone.0158100. ISSN 1932-6203. Dostupné také z: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0158100>.

KROUL, J., KUBICA, J., 2013. *Geotechnika 2: Dobývání ložisek nerostů*. Karviná: Střední průmyslová škola, Karviná. Centrální vzdělávací středisko OKD, a.s.

KUKAL, Z., REICHMANN, F., 2000. *Horninové prostředí České republiky: jeho stav a ochrana*. Praha: Český geologický ústav. ISBN 80-7075-413-3.

KUNZ, E., 2000. Principy a kritéria radiační ochrany. *Principy a praxe radiační ochrany*. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost. s. 235-284. ISBN 80-238-3703-6.

LAUER, N.E., HOWER, J.C., HSU-KIM, H., TAGGART, R.K., VENGOSH, A., 2015. Naturally Occurring Radioactive Materials in Coals and Coal Combustion Residuals in the United States. *Environmental Science and Technology*. Vol. 49, No. 18, pp. 11227-11233. DOI: 10.1021/acs.est.5b01978. Dostupné také z: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021%2Facs.est.5b01978>

LIU, Fu-dong, PAN, Zi-qiang, LIU, Sen-lin, CHEN, Ling, CHEN, Lu, WANG, Chun-hong, 2017. The estimation of the number of underground coal miners and normalization collective dose at present in China. *Radiation Protection Dosimetry*. Vol. 174, No. 3, pp. 302-307. DOI: 10.1093/rpd/ncw146. ISSN 0144-8420. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/rpd/article/174/3/302/2527781>.

LONSMÍN, J., 2010. BOZP z pohledu mezinárodní organizace práce. BOZPPROFI [online]. [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: https://www.bozpprofi.cz/33/bozp-z-pohledu-mezinarodni-organizace-prace-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox_Z3SWi5xqBkFB6UEB1MEdqRE/

Manuál prevence v lékařské praxi, 2003, 2004. Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-942-4

PEŠEK, J., SÝKOROVÁ, I., JELÍNEK, E., MICHNA, O., FORSTOVÁ, J., MARTÍNEK, K., VAŠÍČEK, M., HAVELCOVÁ, M., 2010. *Major and minor elements in the hard coal from the czech upper paleozoic basins*. Prague: Czech Geological Survey. Czech Geological Survey Special papers. ISBN 978-80-7075-741-3

Přírodní radioaktivita a problematika radonu, ©2019. SÚRO [online]. [cit. 2019-01-13]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/prirodnioz>

Přírodní zdroje, ©2019. SÚRO [online]. [cit. 2019-01-13]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/prirodni-zdroje>

QURESHI, A. A., KAKAR, D. M., AKRAM, M., KHATTAK, N. U., TUFAIL, M., MEHMOOD, K. J., KHAN, H. A., 2000. Radon concentrations in coal mines of Baluchistan, Pakistan. *Journal of Environmental Radioactivity*. Vol. 48, pp. 203-209. DOI: 10.1016/S0265-931X(99)00065-X. Dostupné také z: https://www.researchgate.net/publication/223215352_Radon_concentrations_in_coal_mines_of_Baluchistan_Pakistan

Radon. Přeložil Karel Markvart. 1997. Praha: Fortuna. Radiation [Fortuna]. ISBN 80-7071-066-7

SINITSKY, M.Y, MININA, V.I., GAFAROV, N.I., ASANOV, M.A., LARIONOV, A.V., PONASENKO, A.V., VOLOBAEV, V.P., DRUZHININ, V.G., 2016. Assessment of DNA damage in underground coal miners using the cytokinesis-block micronucleus assay in peripheral blood lymphocytes. *Mutagenesis*. Vol. 31, pp. 669-675. DOI: 10.1093/mutage/gew038. ISSN 0267-8357. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/mutage/article/31/6/669/2468961>

SKUBACZ, K., WOJTECKI, Ł., URBAN, P., 2016. The influence of particle size distribution on dose conversion factors for radon progeny in the underground excavations of hard coal mine. *Journal of Environmental Radioactivity*. Vol. 162-163, pp. 68-79. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X16301643?via%3Dihub>

Sources and effects of ionizing radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR 2008 report to the General Assembly, with scientific annexes, 2010. New York: United Nations. ISBN 978-92-1-142274-0.

Surovinové zdroje České republiky: nerostné suroviny 2017: (statistické údaje do roku 2016), 2017. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky. ISBN 978-80-7075-932-5.

ŠEVČÍK, J., 2010. *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci*. Praha. Diplomová práce. Právnická fakulta, Univerzita Karlova v Praze.

ŠVEC, Jiří, 2007. Cesty ozáření pracovníků na pracovištích se zvýšeným ozářením z přírodních radionuklidů. *Spektrum*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, roč. 7, č. 2, s. 10-12. ISSN 1211-6920.

TCHORZ-TRZECIAKIEWICZ, D.E., PARKITNY, T., 2015. Radon as a tracer of daily, seasonal and spatial air movements in the Underground Tourist Route „Coal Mine“ (SW Poland). *Journal of Environmental Radioactivity*. Vol. 149, pp. 90-98. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2015.07.006. ISSN 0265931X. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X15300485?via%3Dihub>.

Uhlí. © 2013. *Vitejtenazemi* [online]. [cit. 2018-11-12]. Dostupné z: <http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/?p=uhli&site=energie>

URBANEC, J., GROMNICA, R., KUBINA, J., 2008. Z historie organizační ochrany horníků OKR před následky rizika fibrogenního prachu. *Pracovní lékařství*. Vol. 60, pp. 117-121

VEIGA, L.H.S., AMARAL, E.C.S., COLIN, D., KOIFMAN, S., 2006. A retrospective mortality study of workers exposed to radon in a Brazilian underground coal mine. *Radiation and Environmental Biophysics*. Vol. 45, pp. 125-134. DOI: 10.1007/s00411-006-0046-3. ISSN 0301-634X. Dostupné také z: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00411-006-0046-3>

VIDIC, A., ILIC Z., DELJKIC D., ADROVIC F., 2011. Exposure of workers in Tusnica coal mine. *Radiation Protection Dosimetry*. Vol. 144, No. 1-4, pp. 672-674. DOI: 10.1093/rpd/ncq310. ISSN 0144-8420. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/rpd/article/144/1-4/672/1612134>.

VOLOBAEV, V.P., LARIONOV, A.V., KALYUZHAYAYA, E.E., SERDYUKOVA, E.S., et al., 2018. Associations of polymorphisms in the cytokine genes *IL1 β* (rs16944), *IL6* (rs1800795), *IL12b* (rs3212227) and growth factor *VEGFA* (rs2010963) with

anthracosilicosis in coal miners in Russia and related genotoxic effects. *Mutagenesis*. Vol. 33, pp. 129-135. DOI: 10.1093/mutage/gex047. ISSN 0267-8357. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/mutage/article/33/2/129/4825180>

Vyhláška č. 22/1989 Sb., vyhláška Českého báňského úřadu o bezpečnosti a ochraně zdraví a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti hornickým způsobem v podzemí, 1989. [online]. [cit. 2019-02-12]. In: Sbíрка zákonů Československé socialistické republiky, částka 5. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1989-22/zneni-20110701>

Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, 2016. [online]. [cit. 2019-02-12]. In: Sbíрка zákonů České republiky, částka 172, s. 6618-6903. ISSN 1211-1244. Dostupné z: https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=422/2016&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy

WHO handbook on indoor radon: a public health perspective, 2009. Geneva, Switzerland: World Health Organization. ISBN 978-924-1547-673.

Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, 2016. [online]. [cit. 2019-02-12]. In: Sbíрка zákonů České republiky, částka 102, s. 3938-4060. ISSN 1211-1244. Dostupné z: https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=263/2016&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy

Zdraví 2020: národní strategie ochrany a podpory zdraví a prevence nemocí, 2014. Praha: Ministerstvo zdravotnictví České republiky ve spolupráci se Státním zdravotním ústavem. ISBN 978-80-85047-47-9

ZIELINSKI, R.A., 1997. Radioactive Elements in Coal and Fly Ash: Abundance, Forms, and Environmental Significance. *U.S. Geological Survey*. DOI: 10.3133/fs16397. Dostupné také z: <https://pubs.er.usgs.gov/publication/fs16397>

Zpráva o stavu bezpečnosti v hornictví za rok 2015, 2016. [online]. [cit. 2019-02-21]. Státní báňská správa České republiky. Dostupné z: <http://www.cbusbs.cz/index.php/tiskovy-servis/item/1043-k-materialu-pro-informaci-clenum-vlady-s-nazvem-zprava-o-stavu-bezpecnosti-v-hornictvi-za-rok-2015.html>

8 Seznam příloh

Příloha 1 – Struktura otázek k rozhovoru

Příloha 2 – Přepisy rozhovorů (CD)

Příloha 1 – Struktura otázek k rozhovoru

Identifikační údaje:

Pracuje nebo již nepracuje jako horník

Délka praxe horníka

Důl, ve kterém horník pracuje, příp. pracoval

Pracovní pozice

1. Jak dlouhá je jedna směna v dole? / Jak dlouhá byla jedna směna v dole v době, když jste pracoval jako horník?
2. Je omezena doba praxe v dole? / Byla omezena doba praxe v dole, když jste pracoval jako horník?
3. Jaké hrozby spojené s prací v dole při těžbě uhlí vnímáte? / Jaké hrozby spojené s prací v dole při těžbě uhlí jste vnímal, když jste pracoval jako horník?
4. S jakými riziky se setkáváte při práci v dole? / S jakými riziky jste se setkával při práci v dole v době, kdy jste pracoval jako horník?
5. Uvědomujete si také riziko, které pro horníky představuje radiační zatížení? / Uvědomoval jste si také riziko, které pro horníky představuje radiační zatížení?
6. Byl jste s touto hrozbou nějakým způsobem obeznámen v průběhu Vaší praxe v dole?
7. Dochází v dole, kde pracujete k pravidelnému měření radiace? / Docházelo v dole, kde jste pracoval k pravidelnému měření radiace?

Zdroj: vlastní

9 Seznam zkratek

$\mu\text{Gy/h}$	mikro gray za hodinu
μm	mikro metr
^{210}Pb	izotop olova 210
^{210}Po	izotop polonia 210
^{214}Bi	izotop bismutu 214
^{214}Pb	izotop olova 214
^{214}Po	izotop polonia 214
^{218}Po	izotop polonia 218
^{219}Rn	izotop radonu 219
^{220}Rn	izotop radonu 220
^{222}Rn	izotop radonu 222
^{226}Ra	izotop radia 226
^{228}Ra	izotop radia 228
^{232}Th	izotop thoria 232
^{235}U	izotop uranu 235
^{237}Np	izotop neptunia 237
^{238}U	izotop uranu 238
^{40}K	izotop draslíku 40
BOZP	bezpečnost a ochrana zdraví při práci
BP	bezpečnost provozu
Bq/kg	becquerel na kilogram
Bq/m ³	becquerel na metr krychlový

C	uhlík
CBMN	cytokinesis-block micronucleas
CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
ČBU	Český báňský úřad
ČR	České republika
DNA	deoxyribonukleová kyselina
důl ČSA	důl Československé armády
důl ČSM	důl československé mládeže
et al.	et alii (a kolektiv)
EU	Evropská unie
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Mezinárodní organizace pro potraviny a zemědělství)
H	vodík
HPGe	High-Purity Germanium (vysoce čisté germánium)
CH ₄	methan
IAEA	International Atomic Energy Agency (Mezinárodní agentura pro atomovou energii)
ICRP	International Commission on Radiological Protection (Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu)
ILO	International Labour Organization (Mezinárodní organizace práce)
JAR	Jihoafrická republika
kBq/kg	kilo becquerel na kilogram
mg	mili gram

mg/m ³	mili gram na metr krychlový
mGy/rok	mili gray za rok
mSv/rok	mili sievert za rok
Mt	mega tuna
nGy/h	nano gray za hodinu
NKCM	national key coal mines (klíčově národní uhelné doly)
NO _x	oxidy dusíku
O	kyslík
OAR	objemová aktivita radonu
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development (Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj)
OKD	Ostravsko-karvinské doly
OSN	Organizace spojených národů
SCOEL	Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (Vědecký výbor pro pracovní expoziční limity)
SiO ₂	oxid křemičitý
SLCM	station-owned local coal mines (lokální uhelné doly)
SLIC	Senior Labour Inspectors Committee (Výbor hlavních inspektorů práce)
SZO	Světová zdravotnická organizace
TPCM	town-ownership and private-ownership coal mines (uhelné doly v soukromém vlastnictví)
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (Vědecký výbor OSN pro účinky atomového záření)
USA	Spojené státy americké

WHO World Health Organization (Světová zdravotnické organizace)