

VYSOKÁ ŠKOLA EVROPSKÝCH A REGIONÁLNÍCH
STUDIÍ, Z. Ú., ČESKÉ BUDĚJOVICE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

EKONOMICKÉ A SOCIÁLNÍ DŮSLEDKY
JADERNÝCH KATASTROF

Autor práce: Peterková Karolína

Studijní obor: Bezpečnostně právní činnost ve veřejné správě

Forma studia: Prezenční

Vedoucí práce: doc. Ing. Jaroslav Slepecký, Ph. D

Katedra: Katedra právních oborů a bezpečnostních studií

2020

VYSOKÁ ŠKOLA EVROPSKÝCH A REGIONÁLNÍCH STUDIÍ, z. ú.
Žižkova tř. 6, 370 01 České Budějovice

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení studenta: Karolína Peterková
Studijní program: Bezpečnostně právní činnost
Studijní obor: Bezpečnostně právní činnost ve veřejné správě
Forma studia: Prezenční
Místo studia: České Budějovice

Název bakalářské práce: Sociální a ekonomické důsledky jaderných katastrof

Název bakalářské práce v anglickém jazyce: The social and economics consequences of nuclear disasters

Katedra: Katedra právních oborů a bezpečnostních studií
Vedoucí bakalářské práce (jméno a příjmení, titul): doc. Ing. Jaroslav Slepecký, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce (měsíc, rok): duben 2019

Cíl bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je provést analýzu na téma problematiky jaderných katastrof vzniklých selháním v jaderné energetice. Jednotlivé aspekty jaderných katastrof jsou orientovány na Černobylskou havárii na Ukrajině. Praktická část se zabývá průzkumem dopadu Černobylské havárie jak na tamní obyvatelstvo, tak na obyvatele okolních zemí. Praktická část se dále zaměřuje na Temelín a názory odborníků pracujících v jaderné elektrárně.

Student: Karolína Peterková	29.04.2019	Peterková
Vedoucí práce: doc. Ing. Jaroslav Slepecký, Ph.D.	25.11.2019	AS

Schvaluji zadání bakalářské práce:

Vedoucí katedry: doc. JUDr. Roman Svatoš, Ph.D.	10.6.2019	RS
Prorektorka pro studium a vnitřní záležitosti: RNDr. Růžena Ferebauerová	10.6.19	Ferebauerová
Pověřený rektor: doc. Ing. Jiří Dušek, Ph.D.	10.6.2019	J. Dušek



Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně, na základě vlastních zjištění a s použitím odborné literatury a materiálů uvedených v seznamu použitých zdrojů. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce v elektronické podobě ve veřejně přístupné části infodisku VŠERS, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky vedoucího a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce systémem na odhalování plagiátů.

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing Jaroslavovi Slepeckému, Ph. D za cenné rady, připomínky, metodické vedení práce a vřelý přístup.

Poděkování dále patří paní Ljubě Kavaljuk za překlad dotazníkového šetření do ruského jazyka, paní Světlaně Hořejší za překlad do ukrajinského jazyka. Rodině, přátelům a známým za pomoc při distribuci dotazníkových šetření k cílovým respondentům.

ABSTRAKT

PETERKOVÁ K., *Ekonomické a sociální důsledky jaderných katastrof: Bakalářská práce*, České Budějovice: Vysoká škola evropských a regionálních studií, Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jaroslav Slepecký, Ph. D

Klíčová slova: Radioaktivita, Jaderné havárie, Jaderná energetika

Bakalářská práce pojednává o jaderných katastrofách a jejich vlivu působícím na životní prostředí, obyvatelstvo a ekonomiku státu.

Cílem práce je provést analýzu na téma problematiky jaderných katastrof vzniklých selháním v jaderné energetice. Jednotlivé aspekty jaderných katastrof v teoretické části jsou převážně orientovány na Černobylskou havárii na Ukrajině.

Praktická část se zabývá průzkumem dopadu Černobylské havárie jak na tamní obyvatelstvo, tak na obyvatele okolních zemí. Vyhodnocení průzkumu dopadu Černobylské havárie probíhalo na základě dotazníkového šetření.

Praktická část byla dále realizována na základě strukturovaných rozhovorů s paní plk. RNDr. Helenou Majzlíkovou – vedoucí oddělení ochrany obyvatelstva, HZS JČK) a panem Ing. Milanem Vlčkem – odborníkem na výstavbu JE.

ABSTRACT

PETERKOVÁ, K. *The social and economics consequences of nuclear disasters Bachelor Thesis*. České Budějovice: The College of European and Regional Studies, Supervisor: doc. Ing. Jaroslav Slepecký, Ph. D

Key words: Radioactivity, Nuclear accidents, Nuclear energy

The Bachelor thesis deals with nuclear disasters and their impact on the environment, population and economy of the state.

The aim of the work is to analyze the issue of nuclear disasters caused by failure in nuclear energy. Individual aspects of nuclear disasters in the theoretical part are mainly oriented to the Chernobyl accident in Ukraine.

The practical part deals with the survey of the impact of the Chernobyl accident on both the local population and the inhabitants of neighboring countries. The evaluation of the Chernobyl accident impact survey continued on the basis of a questionnaire survey. The practical part was based on structured interviews with Mrs. col. RNDr. Helena Majzlíková – Head of the Department of Population Protection, Fire department South Bohemia region, and Ing. Milan Vlček – expert in the construction of NPP.

1 Obsah

Úvod.....	9
1 Cíl a metodika bakalářské práce	10
TEORETICKÁ ČÁST	11
2 Definice a kategorizace katastrof.....	11
2.1 Přírodní katastrofy	12
2.2 Antropogenní katastrofy.....	13
3 Obecná charakteristika jaderné energetiky a vzniklých jaderných katastrof.....	15
3.1 Historické souvislosti předcházející vzniku jaderné energetiky	15
3.2 Počátek jaderné energetiky	18
3.3 Současnost jaderné energetiky.....	20
4 Posouzení míry závažnosti jaderných havárií dle INES	21
4.1 Jaderná elektrárna Černobyl Ukrajina	22
4.2 Jaderná havárie Majak, Kyštym Rusko.....	22
4.3 Jaderná elektrárna Three Mile Island USA.....	23
4.4 Jaderná elektrárna Jaslovské Bohunice – A1 Československo	24
4.5 Jaderná elektrárna Saint Laurent – A1 Francie	25
4.6 Jaderná elektrárna MIHAMA 2 Japonsko.....	26
4.7 Jaderná elektrárna Dukovany ČR	26
4.8 Jaderná elektrárna Temelín ČR	27
5 Příčiny a prevence vzniku jaderných havárií.....	28
5.1 Příčiny havárie JE Černobyl	29
5.2 Příčiny havárie jaderné elektrárny Fukušima Daiiči.....	30
6 Krizový postup řešení havárie.....	32
6.1 Jaderná bezpečnost	32
6.2 Systém ochrany jaderných zařízení.....	32
7 Dopady jaderných havárií na životní prostředí	35
7.1 Dopady jaderné havárie Černobyl na životní prostředí	35
7.2 Dopady jaderné havárie Fukušima Daiiči na životní prostředí.....	36
8 Zdravotní a psychické následky působící na obyvatelstvo.....	36
8.1 Akutní nemoc z ozáření.....	36
8.2 Akutní lokální změny.....	38
8.3 Nenádorová pozdní onemocnění.....	38
8.4 Zhoubné nádory.....	39
9 Ekonomické dopady jaderných katastrof	39

9.1	Omezení odpovědnosti za škody	40
9.2	Legislativa odpovědnosti za jaderné škody.....	40
10	Jaderná elektrárna Temelín (ČR).....	41
10.1	Havarijní připravenost JE Temelín	42
	PRAKTICKÁ ČÁST	43
1	Výzkumné šetření	43
1.1	Shrnutí výzkumného šetření	54
2	Rozhovory	54
	Závěr	63
	Seznam použitých zdrojů a literatury	65
	Seznam obrázků	70
	Seznam grafů	70
	Seznam příloh	70
	Přílohy	71

Úvod

Problematika jaderné energetiky a jaderných havárií je v dnešní době stále diskutovaným tématem. Mnoho lidí si jistě při výrazu jaderná havárie ihned vybaví dvě nejvýznamnější havárie, jež měli obrovský negativní dopad jak na životní prostředí, tak na obyvatelstvo, a to sice jadernou havárii Černobyl na Ukrajině a jadernou havárii Fukušima v Japonsku.

Výskyt jaderných havárií je poměrně častý, nicméně se jedná spíše o anomálie či malé nehody, jež nejsou široké veřejnosti příliš známi. V teoretické části této práce, konkrétně v kapitole 4.1–4.8 jsou tyto události popsány o trochu blíže.

Blízká budoucnost jaderné energetiky se však bude potýkat s poněkud zásadnějším problémem, než jsou ne příliš často se vyskytující jaderné havárie velkého rozsahu. Provozovatelé jaderných zařízení se příliš nezaobírají otázkou likvidace jaderných zařízení. Likvidace jaderného zařízení, které je vysoce kontaminované štěpnými produkty je velmi obtížné a finančně i časově náročné. Další problém představují jaderné odpady, které je sice možné přepracovat a dále využít, nicméně přepracování vyhořelého radioaktivního paliva je aktuálně schopno jen malé procento jaderných zařízení.

1 Cíl a metodika bakalářské práce

Jak je již zmíněno v úvodu, tato práce je zaměřena na jadernou energetiku, především na jaderné havárie a jejich vliv na životní prostředí, obyvatelstvo a ekonomiku.

Cílem bakalářské práce je analyzovat a shrnout problematiku jaderných katastrof. Problematiku jaderných havárií nám přiblíží jednotlivé kapitoly této bakalářské práce.

V první kapitole budou definovány jaderné katastrofy, dělení katastrof, konkrétně přírodní katastrofy biotické a abiotické, antropogenní katastrofy technogenní, sociogenní vnější, sociogenní vnitřní a agrogenní. Druhá kapitola bude obsahovat historický vývoj jaderné energetiky až po její současnost. Ve třetí kapitole bude pozornost věnována jaderným haváriím a jejich klasifikací dle Mezinárodní stupnice pro jaderné havárie INES. Uvedeny budou příklady havárií: JE Černobyl, JE Three Mile Island, JE Jaslovské Bohunice, JE Saint Laurent, JE MIHAMA, JE Dukovany, JE Temelín. Čtvrtá kapitola bude řešit příčiny a prevenci vzniku jaderných havárií. Příčiny jaderných havárií budou uvedeny na konkrétních příkladech havárie JE Černobyl na Ukrajině a JE Fukušima v Japonsku. Krizový postup řešení bude v páté kapitole uveden na systému ochranných bariér jaderných zařízení. Šestá kapitola se bude zabývat dopady jaderných havárií na životní prostředí. Následující sedmá kapitola se bude věnovat zdravotním a psychickým následkům jaderných havárií působících na obyvatelstvo. Osmá kapitola shrne ekonomické aspekty jaderných havárií a odpovědnost za škody při jaderných haváriích. Poslední kapitola bude zaměřena na JE Temelín a její havarijní připravenost.

Praktická část bakalářské práce bude tvořena dotazníkovým šetřením a strukturovanými rozhovory s odborníky z oblasti jaderné energetiky a ochrany obyvatelstva. Prostřednictvím dotazníkového šetření budou obyvatelé Ukrajiny, Ruska a Běloruska dotazováni na problematiku spojenou s jadernou energetikou, a především s jadernou havárií JE Černobyl, jež tyto Země nejvíce zasáhla v roce 1986 a negativní dopady jak na životní prostředí, tak na obyvatelstvo přetrvávají do dnes. Rozhovory budou realizovány prostřednictvím systematických otevřených otázek. První rozhovor bude zaměřený na ochranu obyvatelstva, ochranu hasičského sboru jaderných elektráren, názor na jadernou bezpečnost, problematiku jaderných odpadů. Druhý rozhovor bude orientovaný na zásadní kroky při výstavbě jaderných elektráren, na bezpečnost při stavbě jaderných elektráren a bezpečnost zařízení na ukládání jaderného odpadu.

TEORETICKÁ ČÁST

2 Definice a kategorizace katastrof

„Původ slova katastrofa pochází z řeckého *kata-strofé*, jehož význam je zvrát, převrat, zničení. K pojmu katastrofa se váže mnoho různých definic. Lze je definovat buďto v širším, nebo užším smyslu, viz. níže.

Katastrofou se rozumí určitá událost, jež nastává v důsledku lidské nebo přírodní činnosti a ničivě postihuje přírodu nebo společnost. Jedná se o nečekanou náhlou událost velkého rozsahu, která negativním způsobem pozměňuje předchozí stav prostředí.

Charakteristickým prvkem, který definuje katastrofu je dle Interpolu buďto velký počet lidských obětí, anebo takový rozsah škod, který není možné zvládnout běžnými a místními prostředky. (Jiří Štětina a kol., 2014)

S. W. A. Gunn považuje katastrofu za výsledek rozsáhlého ekologického zhroucení vztahů mezi člověkem a jeho životním prostředím. Za závažnou, náhle anebo i pomalu vzniklou událost takového rozsahu, že postižené společenství jí musí čelit mimořádným úsilím, často s vnější, nadregionální i mezinárodní pomocí. (Jiří Štětina a kol., 2014)¹

Právní systém ČR užívá pojem mimořádná událost. Dle zákona č. 239/2000 Sb. „Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů“ ve znění pozdějších předpisů, se mimořádnou událostí rozumí „škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací.“²

Z výše uvedených definic lze říci, že pro katastrofu je velmi typický rychlý a nepředvídatelný vznik, velký počet obětí a velký rozsah postižené oblasti. Pohled na klasifikaci katastrof se různí, níže si uvedeme několik možných variant členění katastrof.

¹ ŠTĚTINA JIŘÍ a kol., *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*, Grada, 2014, s. 44,46

² ČESKO, Zákon č. 239/2000 Sb. „Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů“ ve znění pozdějších předpisů, § 2

Dle názoru pana doc. Ing Jaroslava Slepického, PhD. a pana Ing. Jozefa Ristveje, PhD. je toto dělení katastrof nedostatečné a je potřeba do členění zahrnout i další aspekty charakterizující současný stav. Dělení katastrof tedy vypadá následovně:

- Přírodní katastrofy
 - Zemětřesení
 - Hurikány, tornáda, tajfuny
 - Povodně
 - Požáry
 - Výbuchy sopek, přílivové vlny
 - Sesuvy
 - Klimatické změny
- Následky závažných teroristických útoků
- Nehody, selhání techniky
- Katastrofy ekonomického charakteru
 - Manipulace s účetními daty
 - Finanční krize
 - Postupné vyčerpání zdrojů apod.³

S o něco podrobnějším výčtem dělení mimořádných událostí přichází Institut ochrany obyvatelstva, katastrofy dělí do dvou základních skupin (přírodní katastrofy a antropogenní katastrofy)

2.1 Přírodní katastrofy

„Přírodní katastrofa je rychlým přírodním procesem mimořádných rozměrů, který má na svědomí lidské oběti a velké materiální škody. Tento proces je způsoben účinkou gravitace, zemské rotace či rozdílu teplot. Katastrofy postihují pevnou Zemi, vodstvo i atmosféru.“⁴(Zdeněk Kukul, 2005).

Abiotické

„Pro abiotické katastrofy je typické, že jsou způsobeny neživou přírodou. Vznik abiotických katastrof zpravidla nelze nijak ovlivnit. Jejich výskyt je většinou rychlý,

³ SLEPECKÝ JAROSLAV, RISTVEJ JOSEF, *Ekonomické důsledky katastrof*, s. 33-34

⁴ KUKAL ZDENĚK, *Přírodní katastrofy a rizika*, edice PLANETA, 2005, s 3,4

náhlý a neočekávaný a bez lidského přičinění. Existují však názory, které říkají, že některé katastrofické procesy mohou být vyvolány předchozí lidskou činností. Mezi abiotické katastrofy jsou řazeny například:⁵

- Kosmické záření
- Radioaktivita přírodního prostředí
- Únik radonu
- Zemětřesení
- Geomagnetické anomálie
- Pád kosmických těles“

Biotické

Biotické katastrofy jsou oproti abiotickým katastrofám charakteristické tím, že jsou způsobeny živou přírodou. Katastrofa může vzniknout během několika desítek minut, avšak následné konsekvence bývají dlouhodobé a mají velký ničivý dopad.⁶

- „Epifylie (rozsáhlá nákaza rostlin)
- Epizootie (rozsáhlá nákaza zvířat)
- Epidemie (velká nákaza lidí)
- Rychlé vymírání druhů
- Genové a biologické manipulace“⁷

2.2 Antropogenní katastrofy

„Antropogenní katastrofy jsou katastrofy způsobené člověkem. O katastrofu způsobenou člověkem se jedná tehdy, je-li děj vyvolán přímou činností člověka.“⁸ Antropogenní katastrofy lze klasifikovat podle jejich původu do 4 kategorií:

⁵ KUKAL ZDENĚK, *Přírodní katastrofy a rizika*, edice PLANETA, 2005, s. 4

⁶ SVĚT GEOLOGIE, *Přírodní katastrofy*, [online]. [cit.28.12.2019]. Dostupné z:>
<http://www.geology.cz/svet-geologie/poznej-geologii/geologicka-temata/prirodni-katastrofy>

⁷ Modrá kniha – MV – GRŘ HZS ČR – Institut ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč RNDr. Ivan Veverka CSc.

Vybrané kapitoly krizového řízení, Policejní akademie Praha, 2003, [online], [cit.28.12.2019], dostupné z:> http://www.mesto-vlasim.cz/data/usr_001_novy_adresar_vlasim/zakladni_deleni_mim_udalosti.pdf

⁸ ŠTĚTINA JIŘÍ a kol., *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*, Grada, 2014, s. 46

Technogenní – „havárie vznikající při provozu infrastruktury nebo havárie spojené s infrastrukturou:

- Radiační havárie velkého rozsahu
- Technologické havárie spojené s výronem nebo únikem nebezpečných látek
- Mechanické a statické poruchy staveb a zařízení
- Technické a technologické havárie – požáry, exploze, destrukce
- Znečištění životního prostředí rozsáhlými haváriemi
- Nepříznivé působení člověka na životní prostředí (ekologické havárie).“⁹

Sociogenní vnitřní – „vnitrostátní společenské, sociální a ekonomické negativní jevy:

- Narušení dodávek elektrické energie, plynu a tepla
- Narušení funkčnosti systémů pro varování a vyrozumění obyvatelstva
- Totální zhroucení ekonomiky státu
- Psychosociální negativní jevy
- Záměrné šíření poplašných a nepravdivých zpráv, vyvolávání stavu paniky
- Působení toxických odpadů na okolí
- Použití zbraní hromadného ničení jaderných, chemických a biologických“¹⁰

Sociogenní vnější – „vojenské mimořádné události:

- Hospodářské sankce a hospodářský nátlak
- Rozsáhlé ekologické havárie, přesahující hranice států
- Politický nátlak
- Přenos hospodářských krizí z důvodů propojení ekonomik“¹¹

⁹ Modrá kniha – MV – GŘ HZS ČR – Institut ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč RNDr. Ivan Veverka CSc., *Vybrané kapitoly krizového řízení*, Policejní akademie Praha, 2003, [online], [cit.28.12.2019], dostupné z:> http://www.mesto-vlasim.cz/data/usr_001_novy_adresar_vlasim/zakladni_deleni_mim_udalosti.pdf

¹⁰ Modrá kniha – MV – GŘ HZS ČR – Institut ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč RNDr. Ivan Veverka CSc., *Vybrané kapitoly krizového řízení*, Policejní akademie Praha, 2003, [online], [cit.29.12.2019], dostupné z:> http://www.mesto-vlasim.cz/data/usr_001_novy_adresar_vlasim/zakladni_deleni_mim_udalosti.pdf

¹¹ Modrá kniha – MV – GŘ HZS ČR – Institut ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč RNDr. Ivan Veverka CSc., *Vybrané kapitoly krizového řízení*, Policejní akademie Praha, 2003, [cit.29.12.2019], [online], dostupné z:> http://www.mesto-vlasim.cz/data/usr_001_novy_adresar_vlasim/zakladni_deleni_mim_udalosti.pdf

Agrogenní:

- „Degradace kvality půdy
- Zhutňování půd z důvodů používání těžké mechanizace
- Vysychání a znehodnocování vodních zdrojů“¹²

3 Obecná charakteristika jaderné energetiky a vzniklých jaderných katastrof¹³

3.1 Historické souvislosti předcházející vzniku jaderné energetiky

Převratný objev v oblasti radioaktivity učinil Wilhelm Conrad Rontgen. Tomu se v roce 1895 podařilo během pokusů s katodovými paprsky objevit nový druh záření. Záření, které při svých pokusech objevil nazval paprsky X. Paprsky X byly zajímavé především díky svým vlastnostem. Paprsky X měly schopnost ionizovat vzduch a jejich nejvýznamnější schopností byla pronikavost různými materiály. To byl důvod, proč se paprsky x začaly využívat ve vědeckém výzkumu a technice. Další pozoruhodná vlastnost paprsků x, kterých si Rontgen povšimnul, byla schopnost pronikavosti lidským tělem. Tato unikátní schopnost začala být od roku 1896 využívána v medicíně. Wilhelmu Conradu Rontgenovi byla za objev paprsků X udělena v roce 1901 Nobelova cena za fyziku.

V roce 1896 objevil Antoine Henri Becquerel přírodní radioaktivitu. K objevu přírodní radioaktivity došlo díky zjištění, že uranové soli produkují radioaktivní záření. Při pokusu v laboratoři položil Bacquel fotografické desky do zásuvky, která obsahovala úlomky minerálu obsahující uran a všiml si, že fotografie byly vystaveny záření. Tento jev, kterého byl při pokusu svědkem pojmenoval přírodní radioaktivitou. Přírodní radioaktivita je přítomna všude kolem nás. V přírodě se nachází několik radionuklidů. Radionuklidy jsou prvky, které mají schopnost samovolně se rozpadat a při tomto rozpadu vyzařovat radioaktivní záření. Tyto prvky jsou běžně přítomny například v potravinách, ve vodě, vzduchu. Díky přítomnosti těchto radionuklidů má každý člověk

¹² Modrá kniha – MV – GR HZS ČR – Institut ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč RNDr. Ivan Veverka CSc., *Vybrané kapitoly krizového řízení*, Policejní akademie Praha, 2003, [cit.8.01.2020]. [online], dostupné z:> http://www.mesto-vlasim.cz/data/usr_001_novy_adresar_vlasim/zakladni_deleni_mim_udalosti.pdf

¹³ TEREM PETER, *Jadrová energia v štruktúre svetových energetických zdrojov: Medzinárodné súvislosti*, Zvolen: Bratia Sabovci, 2005

v těle přibližně 0,01 % radioaktivního izotopu draslíku ^{40}K .¹⁴ Výčet složek rizika ozáření lidí je uveden v tabulce č. 1.

Tabulka 1 Složky rizika ozáření lidí

SLOŽKY RIZIKA OZÁŘENÍ LIDÍ	%
Radon a produkty jeho rozpadu	41,8
Záření gama z geologických zdrojů	14,8
Kosmické záření	12,6
Lékařská diagnostika	10,6
Lékařská terapie	8,9
Radionuklidy v lidském těle	7,4
Zkoušky jaderných zbraní	3,5
Průmyslové vypouštění radionuklidů, jaderné havárie	0,4

Zdroj dat: KUKAL ZDENĚK, Přírodní katastrofy a rizika, edice PLANETA, 2005, s. 34



Graf 1 Složky rizika ozáření lidí a jejich porovnání (zdroj: Kukul ZDENĚK, Přírodní katastrofy a rizika, s.34)

Zdroj dat: viz. tabulka výše

„Přírodní ozáření je způsobeno dvěma přírodními zdroji záření, kosmickým zářením přírodním zářením.

¹⁴ Program OSN pro ochranu životního prostředí, *Ionizující záření účinky a zdroje*, [cit.21.01.2020], [online], Dostupné z: > https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/dokumenty/Radiation-InsidePart-Czech-Feb_2017-1.pdf

SÚRO, *Přírodní radioaktivita*, [cit. 21.01.2020], [online], Dostupné z: <http://spolky.csvts.cz/cns/news11/radio2.pdf>

SÚRO, *Přírodní radioaktivita a problém radonu*, [cit. 21.01.2020], [online], Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/prirodnioz>

Kosmické záření

Kosmické záření dopadá na Zemi z vesmíru. Člověk je ozářen zejména externě v závislosti na nadmořské výšce a poloze na Zemi. Lety letadlem ve velkých výškách 7–13 km (civilní lety).

Přírodní záření

Podle původu přírodní radionuklidy rozdělujeme na kosmogenní radionuklidy, Primordiální radionuklidy nebo radionuklidy vznikající sekundárně. Přírodní radionuklidy se běžně vyskytují v životním prostředí.

- Kosmogenní radionuklidy

Tyto přírodní radionuklidy vznikají průběžně jadernými reakcemi. Dochází k tomu při interakci kosmického záření se stabilními prvky.

- Primordiální radionuklidy

Jedná se o radionuklidy, které vznikly v raných stádiích vesmíru a díky velmi dlouhému poločasu přeměny ($>10^8$ roků) se dosud vyskytují na Zemi ve významném množství (např. ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , $^{40}\text{K}\dots$),

- Radionuklidy vznikající sekundárně

Sekundárně vznikající radionuklidy vznikají z původních radionuklidů tvořících přeměnové řady. Jedná se o čtyři přeměnové řady, konkrétně uran-radiové řady, thoriové řady, aktiniové řady a neptuniové řady. V přírodě se setkáváme s uran-radiovémi, thoriovémi a aktiniovými řadami.¹⁵

V roce 1899 objevil Ernest Rutherford dva typy záření. Jedná se o radioaktivní záření, které pojmenoval zářením alfa a zářením beta.¹⁶

¹⁵ Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Ozáření z přírodních zdrojů záření*, 2020, [cit. 19.01.2020], [online], Dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/prirodni-zdroje-ionizujiciho-zareni/ozareni-z-prirodnich-zdroju-zareni/>

¹⁶ Program OSN pro ochranu životního prostředí, *Ionizující záření účinky a zdroje*, [cit. 22.01.2020], [online], Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/dokumenty/Radiation-InsidePart-Czech-Feb_2017-1.pdf

Alfa (α) – proud alfa částic.

Nejběžnější označení, které se v částicové fyzice pro alfa částici používá je jádro helia. Alfa záření je nejslabší druh jaderného záření, to je dáno především velikostí částic. Alfa částice jsou velmi málo pohyblivé a mají nízkou pronikavost různými materiály. Díky tomu je možné alfa záření odstínit listem papíru.

Záření Beta (β)

Záření beta jsou částice, které jsou vysílány radioaktivními jádry prvků při beta rozpadu. Pohybují se velmi rychle. Nesou kladný nebo záporný elektrický náboj a jejich pohyb může být tedy ovlivňován elektrickým polem. Částice beta jsou elektrony nebo pozitrony (kladně nabitě elektrony). Jejich pronikavost je větší než u alfa částic, mohou pronikat materiály s nízkou hustotou nebo malou tloušťkou. K jejich zastavení stačí vrstva vzduchu silná 1 m nebo kovu o šířce 1 mm. Záření alfa a beta jsou korpuskulární, to znamená, že se nejedná o elektromagnetické záření.

Ernestovi Rutherfordovi se společně s Edwardem Andradem v roce 1914 podařilo dokázat, že záření gama je druh elektromagnetického záření. Tento objev se jim podařil díky změření vlnové délky záření. Ke změření vlnové délky tehdy použily rentgenovou krystalografii.

Záření Gama (γ)

Ernest Rutherford a Edward Andradem si povšimnuli, že při radioaktivních dějích vzniká energetické elektromagnetické záření. Toto záření je označováno jako záření gama. Jeho specifická je v tom, že velmi dobře proniká přes různé materiály. Jedná se o nejnebezpečnější druh záření. Při vystavení lidského organismu tomuto záření velmi často vznikají genové mutace, rakovina nebo těžké popáleniny na kůži.¹⁷

3.2 Počátek jaderné energetiky

Základ jaderné energetiky se datuje od roku 1954, tehdy byla do provozu uvedena první malá jaderná elektrárna. Obninská elektrárna využívala reaktor takzvané I. generace o výkonu 5 MW. Elektrárna měla dvouokruhové uspořádání, které fungovalo tak, že voda o tlaku 10 MPa cirkulovala reaktorem AM-1 z prvního okruhu do okruhu druhého,

¹⁷ AUTOR NEUVEDEN, *Radioaktivita*, [cit. 21.01.2020], [online], dostupné z:>
<http://www.malloc.cz/chemie/radioaktivita.pdf>

příčemž tato voda o tlaku 10 MPa v parogenerátoru odevzdávala své teplo vodě z druhého okruhu o tlaku 1,25 MPa a měnila se tak na páru, která poháněla turbogenerátor. Účel jaderné elektrárny byl nejen ve výrobě elektrické energie, ale i v neutronově fyzikálním výzkumu, jež vnesl do budoucnosti jaderné energetiky významné poznatky. Od roku 1959 elektrárna přestala úplně vyrábět elektrickou energii a byla využívána pouze pro výzkumné účely. Reaktor AM-1, byl díky své skladbě předchůdcem reaktorů RBMK – Reaktor RBMK I. generace byl použit například v JE Černobyl viz. kapitola 3.4¹⁸

V roce 1956 byla ve Spojených státech amerických spuštěna jaderná elektrárna Calder Hall. Hlavní účel elektrárny představoval produkci plutonia. Výroba plutonia sloužila pro výzkum britskému programu atomových zbraní. Elektrárna měla 2 jaderné reaktory, a vedle produkce plutonia vyráběla i elektřinu pro komerční účely. 24 km vzdálené město Workington se tak stalo vůbec prvním městem, které využívalo elektřinu vyrobenou v jaderné elektrárně.¹⁹

Roku 1961 byla v USA uvedena do provozu elektrárna která měla jeden tlakovodní reaktor. Jaderná elektrárna Yankee je považována za první komerční elektrárnu na světě. Na rozvoji jaderné energetiky se tehdy výrazně podepsala vidina zlepšení životního prostředí především díky omezování spalování fosilních paliv. Dále možnost zužitkování dosavadních zásob uranových rud, a z hlediska ekonomiky podstatné snížení nákladů na dopravu paliva.²⁰

Největší četnost výstavby reaktorů I. generace byla v letech 1960–1970. Rychlý nárůst technického rozvoje jaderných reaktorů ukončil poptávku reaktorů I. generace a po roce 1970 začaly vznikat reaktory generace II.

Reaktory II. generace jsou převážně tlakovodní reaktory PWR (Pressurized light-Water moderated and cooled Reactor). Vývoje tohoto typu reaktoru se chopily v roce 1970 Spojené státy americké. V polovině 60 let 20. století Rusko převzalo koncepci USA a začalo vyrábět typ reaktoru označovaný jako VVER (Vodo-Vodjanov Energetičeskij

¹⁸ Ing. RATAJ JAN, *ČESKÁ ENERGETIKA, OBNINSK 1954 -první jaderná elektrárna na světě*, [cit. 14.01.2020], [online], Dostupné z:> http://www.ceskaenergetika.cz/nezarazene_clanky/obninsk_1954_prvni_jaderna_elektrarna_na_sвете.html

¹⁹ Institution of Civil Engineers, *Calder Hall nuclear power station*, [cit. 22.01.2020], [online], Dostupné z:> <https://www.ice.org.uk/what-is-civil-engineering/what-do-civil-engineers-do/calder-hall-nuclear-power-station>

²⁰ Doc. Ing. RAČEK JIŘÍ, CSc., *Jaderné elektrárny, Ústav elektroenergetiky*, Brno, 2002, s. 11

Reaktor). Reaktory II. generace používají jako palivo obohacený uran. Obohacený uran se v reaktorech II. generace uspořádává do palivových tyčí formou speciálně vyvinutých tabletek UO_2 . Využití tlakovodních reaktorů, jejichž zdroj chladiva je voda, se stalo velmi atraktivním, především díky její lehké dostupnosti.²¹²²

3.3 Současnost jaderné energetiky

V současné době mají tlakovodní reaktory II. generace největší četnost využití, jedná se zhruba o 60 % ze všech typů reaktorů používaných ve světě.

Snaha o oddálení obtížné likvidace starých reaktorů z finančního hlediska a zároveň také významné časové bariéry při výstavbě nových reaktorů spustily vlnu prodlužování životnosti starších reaktorů. Účel prodlužování životnosti starších reaktorů je zejména kvůli udržení dosažených hodnot jaderných zařízení na výrobu elektřiny. Při výstavbě reaktorů II. generace se jejich možná doba provozu odhadovala maximálně na dobu 40 let. Díky novým poznatkům, které dokážou životnost těchto reaktorů prodloužit, se jejich doba provozu odhaduje na čtyřicet, někdy dokonce i osmdesát let. Díky tomu došlo k značnému poklesu budování nových reaktorů.

Přesto, že prodloužení životnosti reaktorů klidně až o 40 let je velmi lákavé z důvodu možnosti dlouhodobějšího udržení co největšího zisku, proces stárnutí reaktorů si vybírá svou daň. Po určitém časovém intervalu dochází u použitého materiálu k poklesu jeho kvality.

Docílení včasné prevence před degradací materiálu je téměř nemožné, neboť vliv stárnutí se projevuje ve vnitřní struktuře materiálu a tam je velmi těžko identifikovatelný. Na projevy stárnutí materiálu se tak často přichází až v momentu, kdy dojde k jeho závažnému porušení. Proces stárnutí jaderných zařízení přitom přichází už po dvaceti letech od uvedení reaktoru do provozu. Je tedy zřejmé, že prodlužování životnosti reaktorů přináší vysokou míru četnosti vznikajících závad a v důsledku různých negativních změn podstatně ovlivňují bezpečnost reaktoru.²³

²¹ IVÁNEK JAKUB, *Generace jaderných reaktorů*, [cit. 17.01.2020], [online], Dostupné z:>
<https://atominfo.cz/2016/03/generace-jadernych-reaktoru-jake-generace-mame-cim-se-navzajem-lisi/>

²² ČEZ, *Základní typy jaderných reaktorů*, [cit. 17.01.2020], [online], Dostupné z:>
<https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/jaderna-energetika/je-ve-svete/zakladni-typy-jadernych-reaktoru>

²³ SEDLÁK MARTIN, *JADERNÁ ENERGETIKA S RUČENÍM OMEZENÝM, Pravidla odpovědnosti za škody při případné havárii atomových elektráren*, hnutí DUHA, 2008, s. 10-11

4 Posouzení míry závažnosti jaderných havárií dle INES

V roce 1991 zavedla Mezinárodní agentura pro atomovou energii (IAEA) a agentura pro Jadernou energii při Organizaci pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD/NEA), mezinárodní stupnici, která hodnotí vzniklé jaderné události. Oficiální název je Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí, nebo-li INES (The International Nuclear Event Scale).

Cílem vytvoření stupnice bylo především to, aby byli lidé dostatečně informováni o závažnosti událostí, ke kterým dochází na jaderných zařízeních. Prvotní zaměření stupnice bylo pouze na hlášení událostí v jaderných elektrárnách. Toto zaměření se však zanedlouho podstatně rozvinulo a stupnice dnes zahrnuje veškerá zařízení, ve kterých je nakládáno s radioaktivními látkami a události jež jsou spojovány s radiací. Velmi často se jedná o události z oblasti zdravotnictví a výzkumných laboratoří. Stupnice obsahuje celkem 7 stupňů, které určují míru závažnosti jaderné události.²⁴ Stupně jsou řazeny vzestupně, od nejméně závažného po nejzávažnější viz. obr. č.1



Obrázek 1 Mezinárodní stupnice Jaderných havárií ²⁵

²⁴ SÚJB, INES, *Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí, Uživatelská příručka*, 2001, [cit.18.01.2020], [online], Dostupné z:>

<https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/INES.pdf>

²⁵ AUTOR NEUVEDEN, *Mezinárodní stupnice jaderných havárií*, [cit.12.01.2020], [online], Dostupné z:>https://cs.wikipedia.org/wiki/Mezin%C3%A1rodn%C3%AD_stupnice_jadern%C3%BDch_ud%C3%A1lost%C3%AD#/media/Soubor:INES_cs.svg

4.1 Jaderná elektrárna Černobyl Ukrajina

1986

Jedna z největších havárií v jaderné energetice se stala dne 26. dubna 1986. Na havárii jaderné elektrárny se podílelo mnoho faktorů. Obsluha jaderného reaktoru se během plánovaného experimentu dopustila obrovského profesního pochybení a porušila bezpečnostní pravidla a postupy. A především postupně povypínala veškeré bezpečnostní okruhy, které by proces experimentu zastavily, aby k takovéto havárii nedošlo. Destrukce čtvrtého bloku jaderné elektrárny byla způsobena mohutným výbuchem reaktoru v důsledku nesprávné manipulace ze strany pracovníků elektrárny.

Svou roli při tomto neštěstí sehrála i fyzikálně nestabilní konstrukce aktivní zóny reaktoru. Následkem výbuchu reaktoru typu RBMK se spustila nekontrolovatelná štěpná reakce v uranovém palivu. Do okolí elektrárny uniklo obrovské množství radioaktivních látek a havárie si vyžádala na stovky lidských životů. Havárie byla dle Mezinárodní stupnice jaderných havárií hodnocena **stupněm INES 7**.

Podrobnějšímu popisu této jaderné havárie se věnuje kapitola 3.4.

4.2 Jaderná havárie Majak, Kyštym Rusko

1957

V Čeljabinské oblasti došlo v ranních hodinách dne 29. září k jaderné havárii, která se v historii jaderných havárií řadí mezi doposud třetí nejvážnější jadernou událost. Při běžném provozu závodu na zpracování radioaktivního materiálu došlo k selhání chladicího zařízení reaktoru. V důsledku odpaření vody a nemožnosti chlazení reaktoru a došlo k jeho přehřátí, a to následně vedlo k destrukci zásobníku. Vlivem obrovského tlaku byl betonový uzávěr, o váze 160 tun vymrštěn do prostoru. Z otevřeného uzávěru začaly okamžitě unikat radioaktivní látky. Odhady celkového úniku chemické směsi obsahující acetáty, nitráty sodné a nitráty různých radionuklidů z nádrže se pohybují v rozmezí 70 až 80 tun. Do ovzduší nad elektrárnou uniklo během několika minut po explozi velké množství nebezpečných radioaktivních látek a nad elektrárnou byl vytvořen obrovský radioaktivní mrak. Statistické údaje uvádějí, že kontaminace okolí

přesahovala plochu větší, než 1000 km². Událost byla Mezinárodní stupnicí jaderných havárií vyhodnocena **stupněm INES 6**.^{26 27 28}

4.3 Jaderná elektrárna Three Mile Island USA

1979

V roce 1979 se stala velmi významná havárie na jaderné elektrárně Three Mile Island ve Spojených státech Amerických. Při běžném provozu jaderné elektrárny náhle odešlo čerpadlo sekundárního potrubí. Díky tomu se ihned automaticky vypnula turbína, která byla na čerpadlo napojena a elektrárna přestala vyrábět elektrárnu. Přesto, že již elektrárna nevyráběla elektřinu, jaderný reaktor i nadále pracoval na plný výkon. Výkon reaktoru vedl ke značnému nárůstu teploty a v hlavním chladicím potrubí se tak začal tvořit obrovský tlak. Na tyto situace byla jaderná elektrárna samozřejmě vybavena ochrannými systémy, které okamžitě zareagovaly. Bezpečnostní systém JE, který se spustil jako první byl pojistný přetlakový ventil, který se otevřel a umožnil tak snížení tlaku v potrubí. Problém nastal ve chvíli, kdy se pracovníci elektrárny po dostatečném snížení tlaku v reaktoru pokoušeli přetlakový ventil opět uzavřít. Během uzavírání pojistného ventilu se ventil v otevřené poloze zablokoval. To mělo za důsledek neustálé snižování tlaku v potrubí a přeplnění nádrže, do které tlak proudil. Radioaktivní voda obsažená v nádrži zaplavila veškerý prostor kolem reaktoru. Jaderná elektrárna měla pro takové případy připraveny náhradní čerpadla, jenže ta byla z důvodu probíhající údržby odstaveny, a nebylo tak možné okamžité chlazení reaktoru. Tlak zbylé chladicí vody v reaktoru velmi rychle klesal a reaktor se potýkal s velkými problémy. Během několika minut se však spustila havarijní čerpadla, které do reaktoru hnala obrovské množství chladicí vody. Poté přišlo kolosální personální pochybení, pracovníci elektrárny chybně vyhodnotili nastalou situaci a rozhodli se, že jedno z havarijních čerpadel zastaví. Díky tomuto kroku ze strany pracovníků začala voda v reaktoru prudce stoupat, palivové tyče začaly prskat a reaktor se začal tavit.

²⁶ MORAVEC ZDENĚK, *V sovětském závodu Majak došlo k explozi a úniku radioaktivního materiálu*, 2010, [cit. 23.01.2020], [online], Dostupné z:> <http://www.neaktuality.cz/zahranici/v-sovetskem-zavodu-majak-doslo-k-explozi-a-uniku-radioaktivniho-materialu/>

²⁷ AUTOR NEUVEDEN, *Sovětská jaderná havárie před 55 lety zamořila na 1000 kilometrů čtverečních*, 2012, [cit. 24.01.2020], [online], Dostupné z:> <https://atominform.cz/2012/09/sovetska-jaderna-havarie-pred-55-lety-zamorila-na-1000-kilometru-ctverecnich/>

²⁸ POKORNÝ VÁCLAV, *Kyštym 1957: Svět neměl vědět o největší jaderné katastrofě*, 2017, [cit. 24.01.2020], [online], Dostupné z:> <https://www.extrastory.cz/kystym-1957-svet-nemel-vedet-o-nejvetsi-jaderne-katastrofe.html>

Z reaktoru začaly unikat radioaktivní plyny, které se dostaly do okolí elektrárny. Tato událost byla dle Mezinárodní stupnice jaderných havárií vyhodnocena **stupněm INES 5**.²⁹

4.4 Jaderná elektrárna Jaslovské Bohunice – A1 Československo

1976

V roce 1976, v tehdejší Československé republice došlo k havárii v jaderné elektrárně. Jaderná elektrárna nesla název A1 JE Jaslovské Bohunice a jednalo se o první Československou jadernou elektrárnu. V jaderném bloku byl vyměňován palivový soubor, přičemž během této výměny došlo k neplnohodnotnému uzamčení souboru. Nesprávné uzamčení souboru mělo za následek vznik obrovského tlaku, v jehož důsledku byl otevřen kanál a bylo vymrštno chladivo z primárního okruhu a do prostoru začal okamžitě unikat oxid uhličitý. Pracovníci jaderné elektrárny neprodleně pomocí těžké techniky uzavřeli otevřený kanál a úniku oxidu uhličitého tak zamezili. I přes jejich včasnou reakci však v důsledku otravy oxidem uhličitým zemřeli dva zaměstnanci jaderné elektrárny. Vzhledem k tomu, že se jednalo o čerstvý palivový soubor, na kterém se ještě nepodepsalo působení štěpné reakce, nedošlo k výraznému úniku radioaktivních produktů štěpení do životního prostředí.

1977

K významnější nehodě JE Jaslovské Bohunice došlo hned o rok poté, v roce 1977. V jaderném bloku byl dle standartního postupu vyměňován palivový soubor. Během výměny souboru si pracovníci jaderné elektrárny všimli, že sáček se silikagelem, je poškozený. Silikagel je v jaderném průmyslu používán při skladování jaderného paliva k absorpci vlhkosti. Z poškozeného sáčku unikl silikagel, který se dostal na palivový soubor, a proto bylo nutné kontaminaci palivového souboru silikagelem odstranit. Pracovníci v domněnku, že silikagel řádně odstranili pokračovali ve výměně palivových souborů. V okamžiku, kdy zavedli palivový soubor, v jehož distančních mřížkách se i přes předchozí pokus pracovníků o odstranění silikagelu z palivového souboru malé množství usadilo, nebylo chladivu umožněno volně proudit. Nemožnost volného proudění chladiva zapříčinila obrovské přehřátí

²⁹ AUTOR NEUVEDEN, *THREE MILE ISLAND 1976, Největší jaderná havárie na západě*, [cit.25.01.2020], [online], Dostupné z: <http://radioaktivita.cz.sweb.cz/mileisland.htm>

a následné částečné natavení těžkovodní nádoby a úplné roztavení palivových proutků. V důsledku toho došlo k výrazné kontaminaci primárního okruhu, do kterého se dostaly štěpné produkty. A zároveň došlo i ke kontaminaci sekundárního okruhu, v důsledku vadného těsnění na parogenerátoru. Po úspěšném zvládnutí a vyhodnocení této události byl provoz bloku A1 JE ukončen. Událost byla Mezinárodní stupnicí jaderných havárií vyhodnocen jako **stupeň INES 4**.³⁰

4.5 Jaderná elektrárna Saint Laurent – A1 Francie

1969

V jaderné elektrárně Saint Laurent došlo k havárii reaktoru. Reaktor jaderné elektrárny je kanálového typu s grafitovým blokem. Grafitový blok se nachází uvnitř betonové nádoby s velmi tlustými stěnami. Reaktor obsahuje celkem 3 200 palivových článků. K výměně palivových článků slouží dálkově ovládaný manipulátor, který se nachází přímo na víku betonového bloku. Při zahájení výměny palivových článků pomocí manipulátoru došlo k jeho zastavení. Pracovník jaderné elektrárny převzal iniciativu a pomocí ručního ovládnutí stroj navedl k jiné přihrádce. Problém byl však v tom, že tato přihrádka nebyla určena pro grafitové články, nýbrž pro grafitové zátky. Nesprávné umístění grafitových článků způsobilo okamžité zastavení průtoku vody a zbývající články v reaktoru se začaly tavit. Během několika sekund byla kontaminována voda štěpnými produkty a jakmile se dostala do primárního okruhu, reaktor byl bezpečnostními systémy automaticky odstaven. Přesto, že palivové články byli částečně roztaveny, nebyl zaznamenán únik radioaktivních látek do životního prostředí. Tato událost byla Mezinárodní stupnicí pro jaderné havárie klasifikována **stupněm INES 4**.

1980

V roce 1980 nastala velmi podobná situace jako v roce 1969. V jaderné elektrárně Saint Laurent opět došlo k roztavení palivového článku. Uvnitř jaderného reaktoru došlo k zablokování chlazení jednoho z palivových kanálů, a to mělo za následek roztavení palivového článku a částečné poškození aktivní zóny reaktoru. K úniku radioaktivních látek do životního prostředí stejně tak, jako v roce

³⁰ PÍSEK VÁCLAV, *ATOMINFO, Aktuálně o jádru, Jaslovské Bohunice A1*, [cit.17.01.2020], [online], Dostupné z:> <http://atominfo.cz/2015/04/jaslovske-bohunice-a1/>

1969 nedošlo. Znatelné ztráty však vznikly na jaderném zařízení. Poškozené technické vybavení reaktoru způsobilo roční výpadek výkonu elektrárny a výrazné finanční ztráty. Událost byla hodnocena dle Mezinárodní stupnice jaderných havárií **stupněm INES 4**.³¹

4.6 Jaderná elektrárna MIHAMA 2 Japonsko

1991

Porucha na jaderné elektrárně MIHAMA nastala díky prasklé trubce v parním generátoru. Elektrárna disponuje tlakovodním reaktorem, proto prasklá trubka zapříčinila výrazný pokles tlaku v reaktoru. Pokles tlaku měl za následek automatické odstavení reaktoru a spuštění havarijních čerpadel. Trhlina v trubce o velikosti 2 cm² způsobila únik přibližně 20 tun radioaktivního chladiva. Tato radioaktivní voda se dostala na sekundární stranu parního generátoru a kontaminovala tak čistou vodu druhého okruhu. Během nehody se postupovalo podle bezpečnostních postupů a pravidel, díky tomu byla havárie po celou dobu pod kontrolou a nedošlo tak k závažnější události. Havárie jaderné elektrárny MIHAMA 2 byla dle mezinárodní stupnice jaderných havárií hodnocena **stupněm INES 2**.

4.7 Jaderná elektrárna Dukovany ČR

2008

V roce 2008 se pracovníci JE Dukovany potýkali s rychlým odstavením reaktoru během jeho náběhu po odstávce.

Reaktor 4. bloku JE Dukovany byl standartně odstaven. Po odstávce 4. bloku se postupovalo podle operativního programu, který slouží k bezpečnému náběhu bloku. Standartní náběh bloku byl narušen chybnou manipulací personálu jaderné elektrárny, který zapříčinil rychlé odstavení bloku. Při automatickém odstavení bloku byli spuštěny veškeré systémy přesně podle projektu JE. K nehodě byla přivolána šetřící skupina, která zjišťovala příčinu havárie a dle provozních předpisů společně se zaměstnanci

³¹AUTOR NEUVEDEN, *Havárie jaderných elektráren*, [cit. 26.01.2020], [online], Dostupné z:>
https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/03/havarie_7.html

tuto situaci řešila. Tato událost na JE Dukovany byla hodnocena dle Mezinárodní stupnice jaderných havárií INES **stupněm INES 0**.³²

4.8 Jaderná elektrárna Temelín ČR

2007

V jaderné elektrárně Temelín proběhla v roce 2007 standartní odstávka reaktoru. Po odstávce byl na reaktoru postupně zvyšován jeho výkon. Při tomto zvyšování výkonu však došlo k výpadku čerpadla. Jednalo se o výpadek jednoho ze čtyř hlavních cirkulačních čerpadel, jež je označováno jako čerpadlo HCČ4. Výpadek čerpadla způsobil falešný signál elektrické ochrany, kterými jsou čerpadla v JE chráněna. Spuštění signálu elektrické ochrany způsobilo automatické převedení bloku na nižší výkonovou hladinu. Reaktor se tak dostal na hodnoty výkonu pod 55 %. Kompenzátor objemu a hlavní cirkulační čerpadlo jsou umístěni na stejné smyčce, proto bylo nutné prostřednictvím pádu klastrů (regulačních tyčí) reaktor odstavit úplně. Následné šetření dokázalo, že signál ochranného systému čerpadla, který způsobil odstavení reaktoru byl neoprávněný. Na základě chybného zapůsobení ochranného elektrického signálu čerpadla bylo rozhodnuto o nutnosti výměny všech ochran na hlavních cirkulačních čerpadel. Událost, byla hodnocena jako provozní odchylka a dle Mezinárodní stupnice jaderných havárií INES byla klasifikována **stupněm INES 0**.³³

2008

Druhý hlavní výrobní blok JE Temelín byl odstaven z důvodu výměny paliva. Po výměně paliva byl na bloku opět zvyšován výkon, aby postupně došlo k jeho náběhu. V průběhu náběhu bloku bylo zjištěno pomocí kontroly parametrů chybné nastavení přívodu vody z budovy aktivních pomocných provozů. Na základě tohoto zjištění vznikli obavy, že armatura – 2TB30S18 je nesprávně nastavena. Proto byl strojník, který měl na starosti zařízení primárního okruhu neprodleně pověřen, aby tuto armaturu zkontroloval. Po následném zjištění stavu armatury – 2TB30S18 jí strojník okamžitě uzavřel a dále zkontroloval technologii zařízení primárního okruhu v celém rozsahu.

³² Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Události na JE*, [cit. 10.01.2020], [online], dostupné z:> <https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/ines/udalosti-na-je-hodnocene-ines-0-a-vyse/udalosti-na-jadernych-elektrarnach-archiv/rychle-odstaveni-4bloku-edu/>

³³ Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Události na JE*, [cit. 10.01.2020], [online], dostupné z:> <https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/ines/udalosti-na-je-hodnocene-ines-0-a-vyse/udalosti-na-jadernych-elektrarnach-archiv/udalost-na-1-bloku-ete-z-2642007/>

Z bezpečnostních důvodů vyhodnotil vzorek z výtlaku 2TQ22D01 a došel k závěru, že průnik čistého kondenzátoru do primárního okruhu nenastal. Při této události nebyla ohrožena bezpečnost personálu ani životního prostředí. Stav armatury byl na základě vnitřní kontroly vyhodnocen tak, že je v rozporu s požadavky Limitů a Podmínek Jaderných zařízení. Tato událost ze dne 14.06. 2008 byla vyhodnocena dle Mezinárodní stupnice jaderných havárií **stupněm INES 1.**³⁴

2009

Na druhém bloku JE Temelín probíhala plánovaná odstávka. Odstávka druhého bloku byla z důvodu standardní výměny paliva a opravy palivového souboru. V průběhu výměny paliva a opravy palivového souboru označovaným jako BE24 došlo k poškození palivového proutku. V důsledku poškození palivového proutku museli být přerušeny práce na mobilním standu inspekcí a oprav a v kontejnmentu. K události byl přivolán vyšetřovací tým, který okamžitě navrhl jednotlivé kroky, jak postupovat při bezpečném uložení poškozeného palivového proutku. Palivový proutek byl dle bezpečnostních pokynů uložen do koše v kontejnmentu, a dotčený palivový soubor byl bezpečně uložen do ochranného hermetického pouzdra. V jaderné elektrárně bylo z bezpečnostních důvodů provedeno měření, které potvrdilo, že ani v kontejnmentu a ani ve výpustech jaderné elektrárny nebyla zaznamenána zvýšená aktivita a nedošlo k úniku radioaktivních látek do životního prostředí. Tato událost byla vyhodnocena na základě klasifikace jaderných havárií jako anomálie a dle Mezinárodní stupnice jaderných havárií jako **stupeň INES 1.**³⁵

5 Příčiny a prevence vzniku jaderných havárií

Příčiny a prevence vzniku jaderných havárií se vždy vyhodnocují na základě konkrétní nastalé situaci. Proto je postup řešení vždy individuální. V této kapitole zmíníme dvě doposud nejzávažnější havárie na jaderných zařízeních. Některé méně závažné události jsou popsány v kapitole 3.3.

³⁴ Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Události na JE*, [cit. 11.01.2020], [online], dostupné z:> <https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/ines/udalosti-na-je-hodnocene-ines-0-a-vyse/udalosti-na-jadernych-elektrarnach-archiv/neobvykla-udalost-na-ete-ze-dne-14cervna/>

³⁵ Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Události na JE*, [cit. 11.01.2020], [online], Dostupné z:> <https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/ines/udalosti-na-je-hodnocene-ines-0-a-vyse/udalosti-na-jadernych-elektrarnach-archiv/k-poskozeni-palivoveho-proutku-na-je-temelin/>

5.1 Příčiny havárie JE Černobyl³⁶

O příčinách havárie se polemizovalo a polemizuje neustále. Havárie 4. bloku JE Černobyl byla nepochybně souhrnem mnoha faktorů.

Hned na úvod je třeba podotknout, že havárii elektrárny V. I. Lenina zapříčinil v první řadě onen plánovaný experiment. Záměrem experimentu bylo vyzkoušet, v jakém časovém intervalu dokáže turbogenerátor napájet hlavní cirkulační čerpadlo pomocí vlastní setrvačnosti. Proto byl výkon reaktoru snížen na 700–1000 MW_t, a byla odpojena soustava havarijního dochlazování. Při snížení výkonu reaktoru byla zároveň snížena i jeho ovladatelnost a reaktor měl být odstaven. K odstavení reaktoru však nedošlo a nadále se pokračovalo v postupném snižování jeho výkonu. Výkon reaktoru byl snížen na hodnotu 200 MW_t, při kterém je trvalý provoz reaktoru zakázán. Pracovníci elektrárny však přesto i v pokusu pokračovala. Při následující nesprávné manipulaci s čerpadly došlo k přesáhnutí limitů průtoků napájecí vody. Po několika minutách byl průtok vody prudce snížen, a to při odpojených havarijních signálech odvozených od hladiny vody a tlaku v separátorech páry. Z údajů, které měli pracovníci elektrárny k dispozici věděli, že provozní zásoba reaktivity je polovinou minimální dovolené hodnoty, což pro ně mělo znamenat povinnost okamžitě odstavit reaktor. V momentě, kdy pracovník elektrárny na poslední chvíli zmáčkl tlačítko havarijního odstavení, reaktor už na pokyn nereagoval. Nekontrolovatelné zahřívání a nemožnost odstavení reaktoru způsobilo, že se hodnoty výkonu vyšplhali až na stonásobek povolené hranice a v 1:23:44 hod moskevského času došlo k explozi.³⁷ Ihned po explozi byl na místo svolán místní hasičský tým, aby uhasil vzniklý požár. Nikdo z hasičské jednotky tehdy netušil, že byl ozářen. Po několika hodinách odklizení radioaktivního grafitu museli být pracovníci hasičského sboru převezeni do nemocnice, jelikož se u nich začala projevovat akutní nemoc z ozáření. Několik mužů z hasičské jednotky do několika dní od výbuchu reaktoru zemřelo bolestivou smrtí.³⁸

³⁶ MEDVEDEV GRIGORY, *Truth about Chernobyl*, First American Edition, 1991, s. 65-71,

³⁷ BARAN VÁCLAV, *Jaderná energetika a další problémy moderní civilizace*, 2002, s. 32–33,

³⁸ SVĚTLANA ALEXIJEVIČ, *Modlitba za Černobyl*, 2017,

5.2 Příčiny havárie jaderné elektrárny Fukušima Daiiči³⁹

Dne 11. března 2011 Japonsko zasáhlo zemětřesení obrovských rozměrů. Zaznamenané hodnoty síly zemětřesení vykazovaly stupeň 8,9 RichtEROVY škály. Ničivé zemětřesení způsobilo mnohočetné škody a stonásobné ztráty na životech. Epicentrem zemětřesení byla oblast Severního pobřeží, poblíž kterého leží jaderná elektrárna Fukušima Daiiči. Jaderná elektrárna byla pro případ zemětřesení vybavena antiseismickými systémy. Jaderná elektrárna Fukušima Daiiči měla v roce 2011 celkem šest jaderných reaktorů. Z důvodu pravidelné údržby reaktorů jaderné elektrárny byly bloky čtyři, pět a šest během zemětřesení a následného tsunami v odstávce. V provozu tedy zůstaly zbylé tři reaktory elektrárny. Při prvním otřesu detektory prvního, druhého a třetího bloku ihned ohlásily problém a řídicí tyče byly automaticky vytaženy z reaktoru. A automaticky byly spuštěny havarijní tyče k pohlcení neutronů. Tím byla sice řetězová reakce uvnitř reaktoru zastavena, ale uvnitř reaktoru pořád zůstávala termální energie. K ochlazení rozežhátého paliva uvnitř reaktoru byla zapotřebí voda a elektřina. Ovšem v důsledku zemětřesení bylo poškozeno elektrické vedení a elektrárna tak musela použít své záložní dieselové generátory. Díky záložním generátorům bylo možné chladit reaktory a situace v elektrárně tak byla pod kontrolou.

Ovšem samotné zemětřesení nebylo jedinou vážnou událostí, která jadernou elektrárnou otřásla. Po necelé čtvrt hodině od začátku zemětřesení byli obyvatelé Japonska upozorněni, že se na pobřeží řítí vlna Tsunami. Původní informace o blížící se vlně Tsunami uváděli, že její výška by měla být pouze 3 m, tato informace však byla zanedlouho po děsivém zjištění změněna, a odhadovaná výšky vlny byla 10 m. Vlna tsunami, která se přiřítla na jadernou elektrárnu dosahovala výšky přes 10 m. Jaderná elektrárna na tak obrovskou vlnu nebyla připravena a voda se přes bariéry dostala dovnitř komplexu. Jaderný komplex byl zatopen asi 15 metry vody, která způsobila značné materiální škody. Největší problém představovaly zatopené diesel generátory, které přestaly vyrábět elektřinu. Bez elektřiny a bez chlazení reaktorů uvnitř stoupala teplota, hromadil se tlak a stoupala pára. Taková situace by zanedlouho jistě vedla k explozi, proto pracovníci elektrárny spustily poslední bezpečnostní systém, který byl schopný fungovat i bez elektřiny, a to sice kondenzátor. Kondenzátor shromažďoval vodní páry uvnitř reaktoru a prostřednictvím vodních nádob se studenou

³⁹ WAGNER VLADMÍR, *Fukušima I Poté, Cesta od havárie k rekonstrukci, důsledky a dopady pro Japonsko i svět*, Novela Bohemica, 2015

vodou vyvolal tepelný šok. Tepelný šok měl za následek přeměnu páry na vodu. Tato přeměněná voda pak proudila zpět do reaktoru a tím ho ochlazovala. Nevýhodou kondenzátoru bylo, že takto pracovat dokázal pouze po dobu 8 hodin. Do jaderné elektrárny proto byla prostřednictvím kamionů dovážena voda, kterou se jaderné reaktory chladily. Nicméně tlak v hadicích s vodou nebyl dostatečný a nebylo tak možné chladivo dostat až do nitra reaktoru. Teplota v reaktoru se neustále zvyšovala, a aby nedošlo k roztržení obalu reaktoru, bylo potřeba z reaktoru uvolnit tlak. Na základě toho se pracovníci jaderné elektrárny rozhodly otevřít výpustě. Protože stále nefungovala elektřina, výpustě bylo potřeba otevřít ručně. Pro ruční otevření výpustě byli vytvořeny dvě skupiny z řad zaměstnanců elektrárny, kteří měli za úkol otevřít výpust'. První pověřené skupině se kvůli poškození budovy nepodařilo k výpustím dostat. Druhá skupina proto zvolila jinou cestu a podařilo se jim dostat se až k výpustím. Když dorazily k výpustím, otevřely je a tím snížily tlak v reaktoru. Do ovzduší byla přes výpustě vypuštěna radioaktivní pára.

Pracovníci elektrárny se domnívali, že tím, že snížili tlak v reaktoru měli vše pod kontrolou. Jenže otevřením výpustí pouze oddálily nevyhnutelné. Uvnitř reaktoru bylo radioaktivní palivo, u kterého pořád stoupala teplota, a při dosažení teploty 2800 stupňů vyvolalo jev zvaný korium. Vlivem korionu a dalších fyzikálních jevů uvnitř reaktoru se vytvořil vodík (vodík je při kontaktu se vzduchem hořlavý). Vzniklý vodík se v 15:36 dostal do kontaktu se vzduchem a došlo k explozi reaktoru č.1.

Aby pracovníci elektrárny zabránili výbuchu zbylých dvou reaktorů, byli nuceni improvizovat a rozhodli se pro chlazení reaktorů vodou z oceánu. Nicméně na chlazení již bylo pozdě a 15. března 2011 v ranních hodinách došlo k výbuchu reaktoru č. 2 a za nedlouho poté i reaktor č.3.

Po třetí explozi se vyskytl další problém. Nechlazený reaktor č. 4 obsahující radioaktivní materiál se začal přehřívat. Běžná teplota v reaktoru pohybující se okolo 30 stupňů stoupla na 80 stupňů a při této teplotě se začala vypařovat. Postupně vypařování vody zapříčinilo další stoupaní teploty. Během následujících dní se podařilo reaktor č. 4

ochladit. Pracovníci elektrárny, kteří pracovali na zvládnutí situace, byli zasaženi úrovní radiaci pohybující se okolo 11 930 Msv/h.^{40 41}

6 Krizový postup řešení havárie

6.1 Jaderná bezpečnost

Hovoříme-li o jaderné bezpečnosti, máme na mysli určitou schopnost jaderného zařízení a osob, které zařízení obsluhují zabránit tomu, aby nedošlo k štěpné reakci, která by nemohla být dostatečně kontrolována. Dalším faktorem, definujícím jadernou bezpečnost je zamezení úniku radioaktivních látek do okolí jaderného zařízení. A v případě jaderné události bezpečně odstranit její škodlivé následky.

V oblasti jaderné bezpečnosti bylo s ohledem na jadernou havárii Černobyl a jadernou havárii Fukušima Daiiči učiněno několik nových bezpečnostních opatření.

6.2 Systém ochrany jaderných zařízení

K zamezení úniku radioaktivních látek do životního prostředí slouží v jaderných elektrárnách bezpečnostní systém čtyř ochranných technických bariér. Mezi čtyři ochranné technické bariéry patří: palivová matrice, pokrytí paliva, primární okruh a systém ochranné obálky. Oficiální název používaný pro technické a organizační opatření jaderných zařízení je „defence in depth“ („ochrana do hloubky“). Ochrana do hloubky slouží jako prevence možného poškození jaderných zařízení a zahrnuje celkem 5 úrovní ochrany. Jednotlivé úrovně ochrany do hloubky jsou odstupňované, to znamená, že pokud z nějakého důvodu dojde k selhání jedné úrovně, systém automaticky přechází na následující úrovně.

Ochrana první úrovně

První úroveň ochrany je zaměřená na rozpoznání a zachycení možného selhání provozních systémů. První úroveň ochrany obsahuje zásady, které jsou uplatňovány ve veškerých úkonech spojených s realizací jaderného zařízení.

⁴⁰ *Fukušima: Jaderná Tsunami*, Dokumentární seriál, 2016, [cit. 22.02.2020], [online], Dostupné z:> <https://www.youtube.com/watch?v=AY6I7LQhwmI>

⁴¹ JURANOVÁ EVA, HANSLÍK EDUARD, *Havárie jaderné elektrárny Fukušima Daiiči a její vliv na životní prostředí*, VTEI, ročník 54, 2012, s. 1, [cit. 22.02.2020], [online], dostupné z:> https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2015/08/vtei_2012_6.pdf

Druhá úroveň ochrany

Pokud dojde ke vzniku abnormálního stavu, přichází druhá úroveň ochrany, která vyhodnotí příčinu abnormálního stavu a zajistí jeho korekci. K zajištění korekce abnormálních podmínek může sloužit například pojišťovací ventil, který v primárním a sekundárním okruhu slouží k vypuštění tlaku v případě jeho převýšení. Dále spadá do druhé úrovně ochrany systém limitování maximálního výkonu reaktoru, nebo systém kontrolující teplotu chladiva reaktoru.

Třetí úroveň ochrany

Třetí ochrana má za úkol zvládnutí méně pravděpodobných nehod. Možné nehody jsou většinou uvedeny v projektu jaderného zařízení a k jejich zvládnutí jsou připravena různá technická opatření. Do třetí úrovně ochrany může spadat například zajištění chladiva v případě jeho ztráty při havárii. Ochrana by měla být schopná zajistit dostatečné chlazení aktivní zóny, aby při jejím nedostatečném chlazení nedošlo k přehřátí jaderného paliva a v důsledku toho k dalším možným komplikacím.

Čtvrtá úroveň ochrany

Hlavním cílem ochrany čtvrté úrovně je zajistit, aby z jaderného zařízení nedošlo k úniku štěpných radioaktivních produktů do okolí. K zabránění úniku radioaktivních látek do životního prostředí má pomoci ochranná obálka, nazývána též kontejnment. Opatření čtvrté úrovně by tedy mělo chránit jak samotný reaktor, tak i kontejnment před jeho případným porušením.

Ochrana v případě radiační havárie

Ochranná opatření jaderných zařízení v případě radiační havárie vycházejí především z vnitřních a vnějších havarijních plánů. Cílem havarijních plánů jaderných zařízení je zajistit maximální možnou ochranu pracovníků jaderného zařízení a obyvatelstva.

Prvotní riziko, které ohrožuje pracovníky jaderných zařízení je riziko vnějšího či vnitřního ozáření. Pracoviště, kde se nachází určitý zdroj ionizujícího záření mají své vlastní principy ochrany zaměstnanců. Úroveň efektivní dávky pracovníků je pečlivě sledována a udržována na co nejnižších hodnotách. V jaderném zařízení je zpravidla každý měsíc u každého pracovníka monitorována efektivní dávka. Při jednotlivých činnostech se u pracovníků monitoruje celkové rozložení dávky. U pracovníků zajišťujících různé údržby, opravy a jiné činnosti vedoucí k ozáření se musí přihlížet k faktu, že tyto činnosti vykonávají i na jiných jaderných zařízeních, a proto je nezbytné věnovat velkou pozornost usměrňování jejich osobních dávek. Pracovníci jsou monitorováni na celotělovém počítači, kteří vyhodnocuje přítomnost radionuklidů v jejich těle. To, do jaké míry jaderné zařízení ovlivňují obyvatelstvo a životní prostředí záleží na technologické kvalitě.

Provozovatel jaderného zařízení je povinen monitorovat výpustě. K monitorování výpustí je používáno bilanční měření, které odhaluje veškeré radionuklidy, jež by mohly vést k možnému ozáření obyvatelstva. V případě i jen možnosti překročení efektivní dávky u kritické skupiny obyvatel je nezbytné provést optimalizaci radiačních ochranných opatření jaderného zařízení.

Provozovatel jaderného zařízení musí průběžně ověřovat možné mimořádné události, které by mohli při provozu zařízení nastat. Havarijní připravenost musí provozovatel dokládat prostřednictvím vnitřního havarijního plánu zařízení.⁴²

⁴² Státní ústav radiační ochrany, *Jaderné elektrárny, Radiační ochrana*, 2020, [cit. 24.02.2020], [online], dostupné z: > <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/usmernovani-ozareni-pri-cinnostech/jadernoelektrarny>

7 Dopady jaderných havárií na životní prostředí

7.1 Dopady jaderné havárie Černobyl na životní prostředí

Bezprostředně po výbuchu reaktoru byly radioaktivní látky vyneseny do výšky asi 1500 m. Unikající radioaktivní látky se začaly postupně během následujících 10 dnů šířit vzduchem do okolí. Dne 27. dubna 1986 zachytilo Švédsko signály ukazující na únik radioaktivity. Ihned po Švédsku zaznamenalo únik radioaktivity do ovzduší Finsko. Radioaktivní mrak se díky měnící se rychlosti a směru větru dostával do okolních zemí v různém časovém intervalu.

Ze zničeného reaktoru uniklo téměř 100 % vzácných plynů xenonu a kryptonu. Únik radioizotopu jódu vykazuje hodnoty okolo 50–60 %. Úniky obsahovaly též cesium, a velké množství radioaktivních částic paliva.

Odhaduje se, že kontaminace Evropy se pohybovala v hodnotách větších, než 200 000 kilometrů čtverečních. Z toho asi 70 % nejvíce zasažené plochy bylo na Ukrajině, v Rusku a Bělorusku. Úroveň kontaminace se na různých místech velmi lišila. Nejvíce ovlivňující faktor byl počet srážek na daném území v době, kdy přes něj přecházel kontaminovaný radioaktivní mrak. Nejvíce radioizotopů plutonia a stroncia se nacházelo v okruhu sto kilometrů od jaderného reaktoru.

V období sucha byli nejvíce kontaminované otevřené plochy (parky, ulice, zdi budov, střechy), s příchodem dešťových srážek se největší kontaminace nacházela na vodorovných plochách (trávníky). Díky nerovnoměrnému usazování radioaktivních látek v okolí reaktoru tak byli obyvatelé vystaveni různým úrovním ozáření.

Největší úroveň ¹³⁷Cs postihla rostliny a zvěř žijící v okruhu 20-30 km od Jaderné elektrárny. Zvýšená radioaktivita v uzavřené zóně se nejvíce projevovala častějším odumíráním jehličnanů, bezobratlých živočichů a savců. V případě zásahu rostlin a zvířat velmi vysokou dávkou ozáření u nich byla pozorována neschopnost reprodukce. V případě hub, bobulí a nejrůznějších lesních plodin se uvádí, že vysoké dávky

¹³⁷Cs u nich budou patrné ještě několik desetiletí. Kontaminace lesních ploch a zvěře postihla i země jako je Rusko, Finsko nebo Norsko.⁴³

7.2 Dopady jaderné havárie Fukušima Daiiči na životní prostředí

Po výbuchu jaderných bloků elektrárny začali do ovzduší unikat radioaktivní látky. Vzniklý radioaktivní mrak kontaminoval jak okolní pevninu, tak oceán. Oblast na severozápadu od elektrárny vykazovala největší znečištění radioaktivními látkami. Mořská voda, která byla použita jako chladivo přehřívajícího se reaktoru číslo 4 a zničených reaktorů číslo jedna, číslo dva a číslo tři, musela být z důvodu její vysoké radioaktivity akumulována v prostorách elektrárny. I přes snahu o bezpečné uložení radioaktivní vody bylo zjištěno, že díky netěsnostem radioaktivní voda unikla do moře. Odhadované množství uniklé vody se pohybuje kolem 520 m³. V oblastech, kde se vyskytovala kontaminace bylo nařízeno sledovat množství jódu a cezia ve vodě a potravinách. V případě překročení přípustné hranice bylo zakázáno konzumovat potraviny a vodu.⁴⁴

8 Zdravotní a psychické následky působící na obyvatelstvo⁴⁵⁴⁶

Zdravotní a psychické následky působící na oběti jaderných havárií jsou vždy odlišné. Každý jedinec je individuální a na účinky ionizujícího záření reaguje jinak. V globálním hledisku lze však poukázat na některé nejčastěji se vyskytující zdravotní následky ionizujícího záření.

8.1 Akutní nemoc z ozáření

Akutní postradiační syndrom, nebo-li nemoc z ozáření způsobuje poškození krvetvorných orgánů, trávicího ústrojí, a v nejhrošším případě dochází u obětí ozáření k poškození centrálního nervového systému. K postradiačnímu syndromu dochází

⁴³ Dědictví Černobyli, *Zdravotní, ekologické a sociálně-ekonomické dopady a doporučení vládám Běloruska, Ruské federace a Ukrajiny*, 1. vydání, Praha, Česká nukleární společnost, 2006, s. 16-19

⁴⁴ JURANOVÁ EVA, HANSLÍK EDUARD, *Havárie jaderné elektrárny Fukušima Daiiči a její vliv na životní prostředí*, VTEI, ročník 54, 2012, s.2, [cit. 24.02.2020], [online], Dostupné z:> https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2015/08/vtei_2012_6.pdf

⁴⁵ Dědictví Černobyli, *Zdravotní, ekologické a sociálně-ekonomické dopady a doporučení vládám Běloruska, Ruské federace a Ukrajiny*, 1. vydání, Praha, Česká nukleární společnost, 2006, s. 7-9

⁴⁶ Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Stručný přehled biologických účinků záření*, [cit. 24.02.2020], [online], Dostupné z:> <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/strucny-prehled-biologicky-ucinku-zareni/>

zpravidla po jednorázovém ozáření větší části těla nebo celého těla. Podle stupně ozáření lze dělit formy onemocnění do tří skupin.

Hematologický typ postradiačního syndromu

Hodnoty dávky ozáření postihující krevetvorné orgány se zpravidla pohybují od 1 Gy do 6 Gy. Při poruše nervových a humorálních systémů u obětí ozáření během prvního dne nastupují příznaky nevolnosti a zvracení. V následujících dnech se dostavuje období latence. Období latence trvající v rozmezí jednoho až dvou týdnů u pacientů probíhá bezpříznakově. Po období latence se dostavuje období vlastního onemocnění. V tomto období má postižený projevy mikrobiálního rozsevu, nechutenství a krvácení. Po šesti až osmi týdnech od vystavení organismu ozáření začínají teploty, střevní potíže, krvácení a další projevy postradiačního syndromu ustupovat a postižený začne vykazovat známky uzdravování. Známky uzdravení jsou zapříčiněny postupným doplňováním chybějících krvinek v krevním oběhu.

Gastrointestinální typ postradiačního syndromu

Gastrointestinální nebo-li střevní typ postradiačního syndromu se projevuje poruchou hospodaření s tekutinami a minerálními látkami, velmi bolestivými krvavými průjmy, střevním proděravěním, střevní zástavou. Oproti hematologickému typu nemoci se u postižených projevy syndromu objevují podstatně dříve. Dřívější nástup projevů je zapříčiněn především odumřením buněk střevní výstelky, jejichž životnost je díky dávce ozáření pohybující se okolo 10 Gy okolo šesti dní. Pokud postižený nezemře na možné smrtelné komplikace do 10 dnů, začnou se u něj objevovat příznaky hematologického typu. K úmrtí postiženého většinou dochází během dvaceti až třiceti dní od ozáření.

Nervový typ postradiačního syndromu

Nervová forma nemoci má u obětí ozáření enormní nástup. Ihned po ozáření dávkou pohybující se v hodnotách několika desítek Gy dochází k psychické desorientaci, postižený je zmatený, nedokáže koordinovat své pohyby, nastupují u něj silné křeče a následné hluboké bezvědomí. Při zasažení takto vysokou dávkou ozáření postižený umírá během několika hodin, maximálně dnů. Nervová forma postradiačního syndromu postihla některé pracovníky JE Černobyl, kteří se těsně po výbuchu reaktoru č.4 pohybovali v jeho bezprostřední blízkosti. Po explozi reaktoru bylo z grafitu ležícího

všude po okolí vyzařováno velmi vysoké externí gama záření. Odhadovaná dávka gama záření, kterými byli lidé zasaženi dosahovala hodnot 20 Gy (Vysoké dávky ozáření si od dubna 1986 do srpna roku 1986 vyžádaly celkem 28 životů, celkový odhad úmrtní je však okolo 40 000)

8.2 Akutní lokální změny

Akutní lokální změny jsou nejvíce znatelné na kůži, která je vstupním polem pro účinky záření. Stupeň poškození kůže ovlivňuje více aspektů. Míra poškození je závislá na druhu záření, lokalizaci, velikosti zasaženého pole a množství dávky. Udává se, že k vážnému poškození kůže dochází při zasažení dávkou pohybující se okolo 3 Gy. Viditelný jev, který se na kůži po několika hodinách na kůži objevuje se nazývá časný erytém. Typický projev časného erytému je na první pohled viditelné zarudnutí kůže. Po zhruba 24 hodinách zarudnutí ustupuje a v následujících dvou týdnech nejsou na kůži patrné známky poškození. To se však po uplynutí dvou týdnů mění, a na kůži postiženého se začne projevovat pozdní zarudnutí kůže. Pozdní erytém způsobuje na kůži velmi bolestivé zduření. Při vystavení kůže dávce radiace vyšší než 10 Gy vzniká radiační dermatitis II. stupně, ten postiženému způsobuje výskyt nepříjemných puchýřů. V případě infekce a těžkého poškození cév může dojít ke vzniku vředu.

Mezi další akutní lokální změny se řadí poškození fertility. Míra poškození pohlavních žláz se u žen a mužů značně liší. K trvalé sterilitě dochází u ženy při dávce ozáření okolo 3 Gy, zatímco u mužů je vysoká pravděpodobnost způsobení trvalé sterility po zasažení dávkou ozáření v rozmezí od 3 až do 8 Gy. To je dáno především značnými fyziologickými rozdíly mezi mužem a ženou.

8.3 Nenádorová pozdní onemocnění

Nenádorová pozdní onemocnění se mohou u lidí zasažených radiací objevit v průběhu několika let. Do kategorie pozdních nenádorová onemocnění spadá například chronický zánět kůže. V dřívějších dobách, kdy byl objeven nový fenomén využití rtg záření v lékařství se o možných negativních účincích záření příliš nevědělo. Vyšetření pacientů pomocí rtg záření se provádělo bez dostatečné ochrany před zářením. Právě to byl jeden z hlavních důvodů, proč se chronické záněty kůže projevovali především u lékařů, kteří byli záření nejvíce vystavováni. U lékařů byla pozorována například suchost a křehkost kůže, nebo vysoká lomivost nehtů.

Po vystavení organismu jednorázové dávce 1 Gy je dokázán možný vznik očních zákalů. Po havárii JE Černobyl byli pracovníci JE a pracovníci podílející se na likvidaci škod podrobeni vyšetření, které poukazují na to, že se u nich vyskytl oční zákal právě v souvislosti s ozářením.

8.4 Zhoubné nádory

Negativní účinky ionizujícího záření se mohou projevovat ve formě pozdních somatických účinků, potvrzují to vědecké výzkumy, které na základě dlouholetého pozorování našli určitou spojitost ionizujícího záření s vývojem rakoviny. Vědci zjistili, že na vznik nádorů vlivem záření jednotlivé buňky a tkáně reagují jinak. Za nejvíce náchylné na vznik rakoviny jsou považovány například plíce, žaludek, tlusté střevo nebo kostní dřeň.

Po výbuchu Černobylského reaktoru č.4 byl u obyvatel Ukrajiny, Ruska a Běloruska pozorován častý výskyt ozáření štítné žlázy. Hodnoty dávky ozáření štítné žlázy se u nich průměrně pohybovali v rozmezí 0,03 až 0,3 Gy. Úroveň dávky ozáření velmi ovlivňovaly zásadní faktory jako například kvantum radioaktivního jódu v potravinách, množství zkonsumovaných potravin, které pocházeli z kontaminované půdy (př. brambory, houby), množství zkonsumovaného mléka pocházejícího od ozářeného dobytka, užití jódových tablet.⁴⁷

9 Ekonomické dopady jaderných katastrof

Jaderná energetika se považuje za relativně levný zdroj energie, to ovšem platí až v okamžiku, kdy je jaderná elektrárna postavena a uvedena do provozu. Celkové náklady, zahrnující i výstavbu jaderného zařízení bývají zpravidla řádově vyšší, než-li samotné provozní náklady elektrárny. Proto se mnoho společností zaměřených na výrobu elektrické energie pečlivě rozmýšlí, zda se jim vůbec investice do stavby nových jaderných bloků vyplatí. Hlavním problémem u výstavby nových jaderných bloků je nulová garance ceny a odbytu elektrické energie.

Pro jadernou ekonomiku jsou zásadní dva aspekty, náklady vynaložené na výrobu jaderné elektřiny a provozní náklady. Náklady spojené s výrobou jaderné elektřiny

⁴⁷ 20 let od havárie v Černobyli, *Fakta a souvislosti, sborník ze semináře v Senátu Parlamentu ČR*, 2006, České Budějovice, s. 3

jsou nevyhnutelné. Zpravidla jsou ze dvou třetin tvořeny fixními náklady, které zahrnují například náklady na likvidaci zařízení, nebo splácení půjček. Do provozní nákladů se pak standardně řadí prostředky spojené s provozem elektrárny, údržbou a výdaji na opravy.

Mezi další náklady spojené s provozem jaderných zařízení jsou náklady na likvidaci jaderných štěpných odpadů (nízko, středně a vysoce aktivní), a na vlastní likvidaci jaderného zařízení, které je kontaminováno štěpnými produkty. Ovšem s náklady na likvidaci jaderných zařízení aktuálně kalkuluje jen velmi malý počet společností provozujících jaderná zařízení.⁴⁸

9.1 Omezení odpovědnosti za škody

Velmi zásadní roli v jaderném průmyslu sehrává podpora ze strany státu ve formě omezení odpovědnosti za škody. Princip omezení odpovědnosti za škody je velmi jednoduchý. Stát provozovatele jaderných zařízení prostřednictvím nejrůznějších mechanismů zbaví finančního rizika. V praxi to znamená, že stane-li se jaderné havárie stát je povinný kompenzovat vzniklé škody. V případě jaderné havárie velkého rozsahu Právní úprava v České republice a dalších zemí stanovuje, že ten, kdo je za havárii zodpovědný uhradí jen malou část škody. Provozovatelé jaderných zařízení jsou tak částečně chráněni například před možným úpadkem do platební neschopnosti.⁴⁹

9.2 Legislativa odpovědnosti za jaderné škody

Legislativa omezené odpovědnosti je zakotvena jak v samotných národních zákonech, tak v mezinárodních smlouvách.

Vídeňská úmluva o občanskoprávní odpovědnosti za jaderné škody

První uzavření Vídeňské úmluvy se uskutečnilo dne 21. května 1963. Ve Vídeňské úmluvě a jejích dodatkových protokolech je stanovena minimální výše horní hranice za škody vzniklé v jaderných zařízeních.

⁴⁸ AUTOR NEUVEDEN, *Radioaktivní odpad*, Dostupné [cit. 26.02.2020], [online], z:> <https://www.trideniodpadu.cz/radioaktivni-odpad>

⁴⁹ SEDLÁK MARTIN, *JADERNÁ ENERGETIKA S RUČENÍM OMEZENÝM, Pravidla odpovědnosti za škody při případné havárii atomových elektráren*, Studie hnutí DUHA, 2008, s. 13-15

Provozovatel jaderného zařízení je odpovědný za vzniklé škody na jeho jaderných zařízeních. Pokud se na odpovědnosti za jadernou škodu podílí více provozovatelů jaderných zařízení, a nelze-li každému z nich přičíst spravedlivý díl odpovědnosti, odpovídají všichni stejným dílem.

Úmluva o dodatkovém odškodnění jaderných škod

Úmluva o dodatkovém odškodnění jaderných škod podléhá přijetí, schválení nebo ratifikaci státy. Listiny obsahující schválení, přijetí nebo ratifikaci úmluvy je nutné uložit k archivaci u Mezinárodní agentury pro atomovou energii.

V případě vzniku jaderné události bude uplatňována výhradně Vídeňská nebo Pařížská úmluva. Ve zvláštních případech bude postupováno s ohledem na obě úmluvy dle použitelného práva příslušného soudu.

Článek XV úmluvy o dodatkovém odškodnění jaderných škod stanovuje, že se na základě všeobecných pravidel mezinárodního práva veřejného úmluva nedotkne práv a povinností provozovatele.

Provozovatel jaderného zařízení může od Úmluvy o dodatkovém odškodnění jaderných škod odstoupit, na základě podání písemné žádosti o odstoupení deponitáři.⁵⁰

10 Jaderná elektrárna Temelín (ČR)

V roce 1985 začala výstavba jaderné elektrárny Temelín. Jaderná elektrárna leží přibližně 25 km od města České Budějovice.

Elektrárna je vybavena dvěma reaktory typu VVER-1000 o výkonu 3000 MW. Původní projekce plánovala výstavbu 4 jaderných bloků, nicméně vláda se rozhodla pro dokončení pouze dvou jaderných bloků.^{51 52}

⁵⁰ Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Úmluva o dodatkovém odškodnění jaderných škod*, [cit. 27.02.2020], [online], dostupné z:> https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/mezinarodni-spoluprace/smlouvy/III_7_CJ.pdf

⁵¹ ČEZ, *Jaderná elektrárna Temelín*, [cit. 28.02.2020], [online], Dostupné z:> <https://www.svetenergie.cz/cz/elektrarny/jaderne-elektrarny/jaderne-elektrarny-cez/jaderna-elektrarna-temelin>

⁵² Ing. MAREK JIŘÍ, *Jaderná energetika*, ČEZ, 2002, s. 17

10.1 Havarijní připravenost JE Temelín

Společnost ČEZ ve spolupráci s útvarem požární ochrany připravuje pro jaderné, klasické a vodní elektrárny jejich havarijní připravenost. Mezi nejvýznamnější úkoly, které ve spolupráci od roku 2013 útvar zajišťoval patří například:

- „Revize vnitřního havarijního plánu a navazující zásahové dokumentace
- Implementace opatření v oblasti havarijní připravenosti
- Výměna jódové profylaxe v zóně havarijního plánování
- Příprava a zajištění distribuce havarijní příručky
- Zabezpečení funkčnosti systému vyrozumění a varování v zóně havarijního plánování“⁵³

V rámci havarijní připravenosti JE Temelín v ČR se na základě vnějšího havarijního plánu provádí pravidelné cvičení. Toto cvičení nese název ZÓNA, a jeho účel je preventivně prověřovat například činnosti obcí s rozšířenou působností, orgánů krizového řízení JČK, složek integrovaného záchranného systému při řešení událostí souvisejících s jaderným zařízením Temelín.

Cvičení zóna se naposledy konalo v červnu roku 2019. Předmětem cvičení bylo pro rok 2019 zejména řešení simulované havárie jaderné elektrárny Temelín ze strany ústředních správních orgánů, orgánů obce, orgánů kraje, složek integrovaného záchranného systému a dalších subjektů. Cílem cvičení bylo prověřit, zda subjekty dokáží aktivně reagovat na vzniklou situaci v jaderném zařízení. Cvičení se nejvíce orientovalo na zvládnutí situace na základě Vnějších havarijních plánů jaderného zařízení. V první fázi cvičení se subjekty zaměřovaly na prvotní rozvoj radiační nehody, poté se zaměřily na monitorování situace. Druhá fáze se zaměřovala na zvládnutí situace z praktického hlediska, jednalo se zejména o zajištění techniky a regulaci osob v zóně havarijního plánování. Třetí fáze byla v kompetenci krizových štábů – ty měly za úkol řešit situaci na základě předem stanovených úkolů.^{54 55}

⁵³ ČEZ, *Zpráva o společenské odpovědnosti skupiny ČEZ*, 2013, [cit. 29.02.2020], [online], dostupné z:> <https://www.cez.cz/edee/content/micrositesutf/odpovednost2013/cs/bezpecnost/havarijni-pripravenost.html>

⁵⁴ JIHOČESKÝ KRAJ, *Hasičský záchranný sbor ČR, Vnější havarijní plán JE Temelín*, [online], [cit. 01.03.2020], Dostupné z:> <https://www.hzscr.cz/clanek/vnejsi-havarijni-plan-jaderne-elektrarny-temelin.aspx>

⁵⁵ JIHOČESKÝ KRAJ, *Hasičský záchranný sbor ČR, Cvičení ZÓNA 2019*, [online], [cit. 01.03.2020], dostupné z:> <https://www.hzscr.cz/clanek/cviceni-zona-2019.aspx>

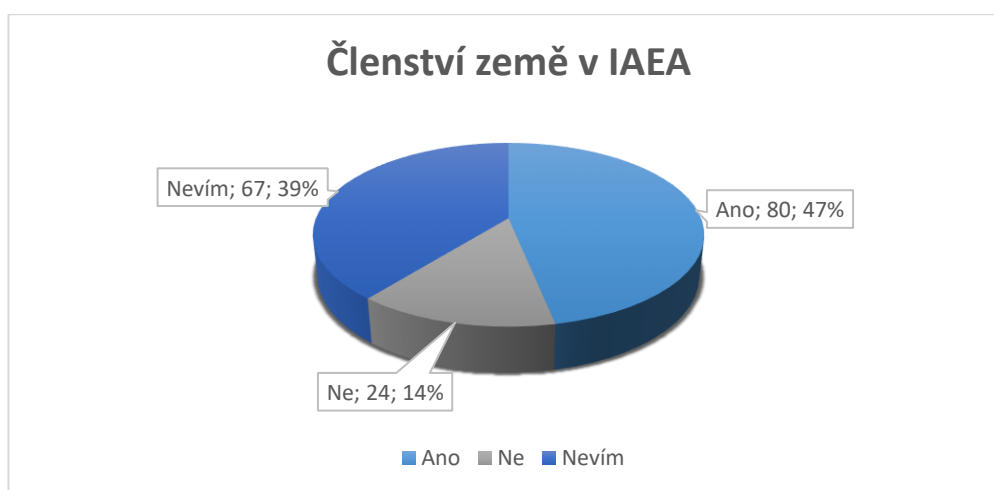
PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část bakalářské práce je tvořena ze dvou výzkumných metod. První metoda je uskutečněna prostřednictvím strukturovaného dotazníkového šetření, jež se dotazuje anonymních respondentů na problematiku jaderných havárií. Výsledná data dotazníkového šetření jsou zpracována do tabulek a grafů. Druhá metoda je realizována prostřednictvím otevřených strukturovaných rozhovorů s odborníky z oblasti jaderné energetiky, konkrétně s paní plk. RNDr. Helenou Majzlíkovou, vedoucí oddělení ochrany obyvatelstva z Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje a s panem Ing. Milanem Vlčkem, stavebním vedoucím, který se podílel na výstavbě JE Temelín a JE Dukovany v ČR.

1 Výzkumné šetření

První výzkumná metoda, jež je v praktické části využita je formou dotazníkového šetření. Účelem tohoto kvantitativního šetření bylo získat povědomí o tom, jak se lidé staví k jaderné energetice. Vzhledem k tomu, že dotazníkové šetření bylo směřováno na obyvatele Ukrajiny, Ruska a Běloruska, zajímal mě jejich postoj k jaderné Havárii Černobyl, jež je v roce 1986 zasáhla. Ke sběru dat byli použity anonymní dotazníky v tištěné i elektronické podobě, které byli díky rodině, přátelům a známým distribuovány k cílovým respondentům. Dotazník je tvořen celkem 21 uzavřenými otázkami.

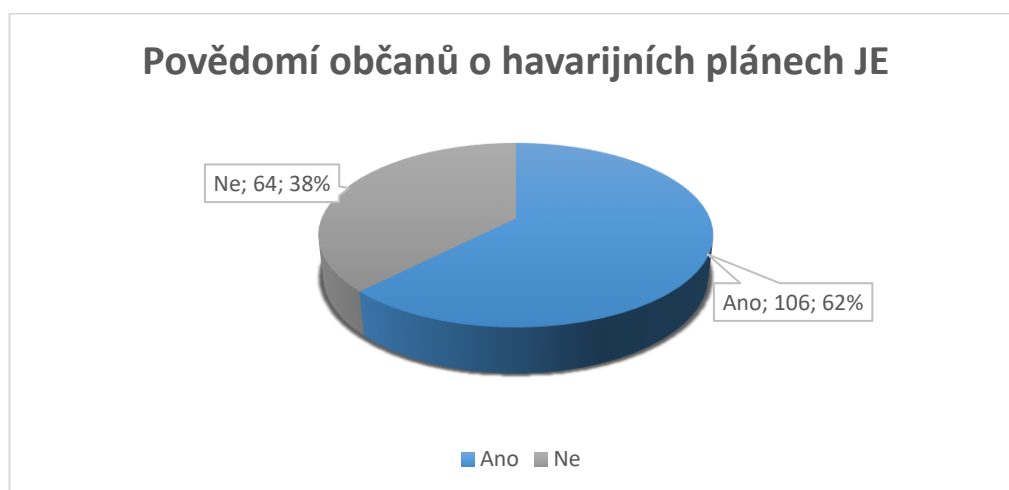
Otázka č. 1: Je Vaše země členem mezinárodní organizace IAEA (International Atomic Energy Agency)?



Graf 2 Členství země v IAEA (Zdroj: vlastní)

Otázka, zda je země, ve které dotazovaní respondenti žijí, nebo žili členem Mezinárodní organizace IAEA má největší počet zastoupení odpověď ANO s 80 odpověďmi z celkového počtu dotazovaných. Velmi podobné zastoupení má odpověď NEVÍM. Výrazně nižší odpověď pak má odpověď NE, kterou označilo pouze 24 respondentů z celkového počtu 171.

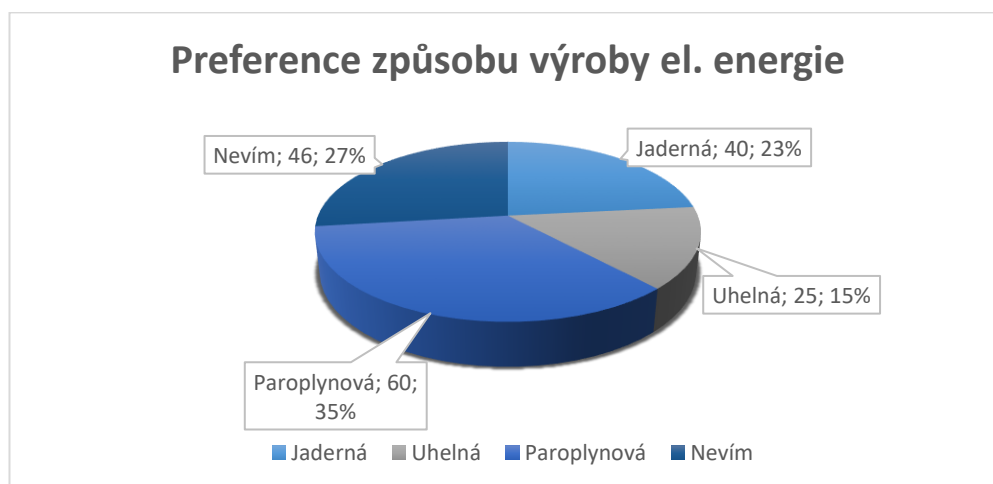
Otázka č. 2: Máte nějaké povědomí o vnějších či vnitřních havarijních plánech Jaderné elektrárny ve Vašem okolí?



Graf 3 Povědomí občanů o havarijních plánech JE (zdroj: vlastní)

Určité povědomí o vnitřních či vnějších havarijních plánech jaderných zařízení má celkem 106 respondentů. Žádné povědomí o havarijních plánech má celkem 64 respondentů ze 171 dotazovaných.

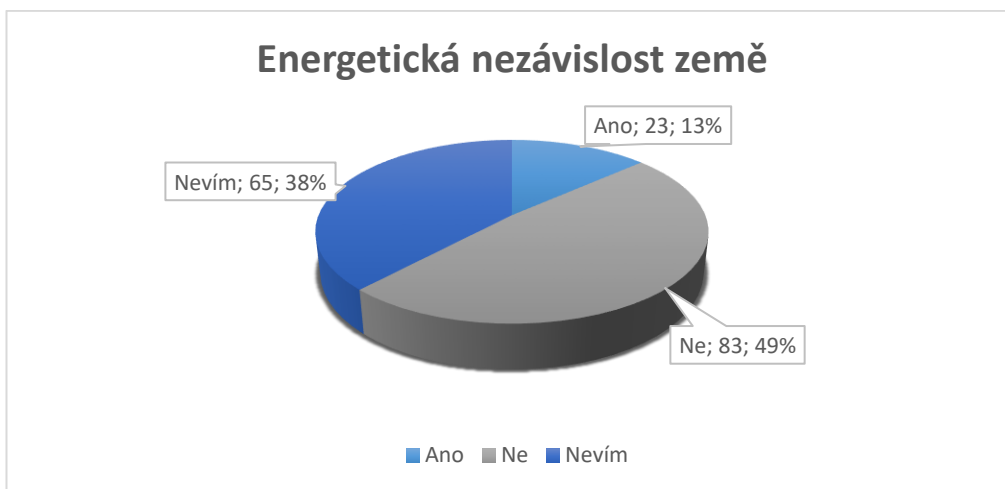
Otázka č. 3: Jste pro využití Jaderné energie nebo spíše pro využití energie uhlí, či paroplynu k výrobě elektřiny?



Graf 4 Preference způsobu výroby el. energie (zdroj: vlastní)

Na otázku, k jakému druhu energie zaměřené na výrobu elektřiny se respondenti přiklání bylo 25 respondentů pro využití energie uhlí, 60 respondentů pro paroplynovou energii. Celkem 40 respondentů bylo pro jadernou energii. Jednoznačný názor na preferenci druhu energie k výrobě elektřiny nemělo 46 respondentů, kteří odpověděli NEVÍM.

Otázka č. 4: Je Vaše země energeticky nezávislá?



Graf 5 Energetická nezávislost země (zdroj: vlastní)

Celkem 83 respondentů je přesvědčeno o tom, že jejich země je energeticky závislá. 23 respondentů je toho názoru, že jejich země je energeticky nezávislá. Zbytek respondentů na otázku odpovědělo NEVÍM.

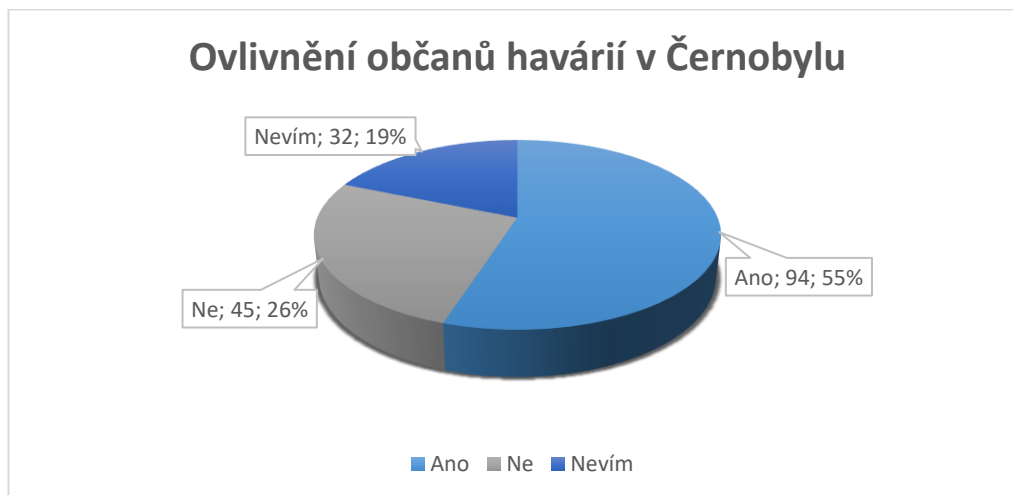
Otázka č. 5: Je podle Vás využití jaderné energetiky bezpečné?



Graf 6 Názor na bezpečnost využití JE (zdroj: vlastní)

Ze 171 dotazovaných respondentů si 57 myslí, že jaderná energetika není bezpečná. Pouze 30 respondentů si myslí, že jaderná energetika bezpečná je. Zbylých 84 respondentů neví, zda jaderná energetika je, nebo není bezpečná.

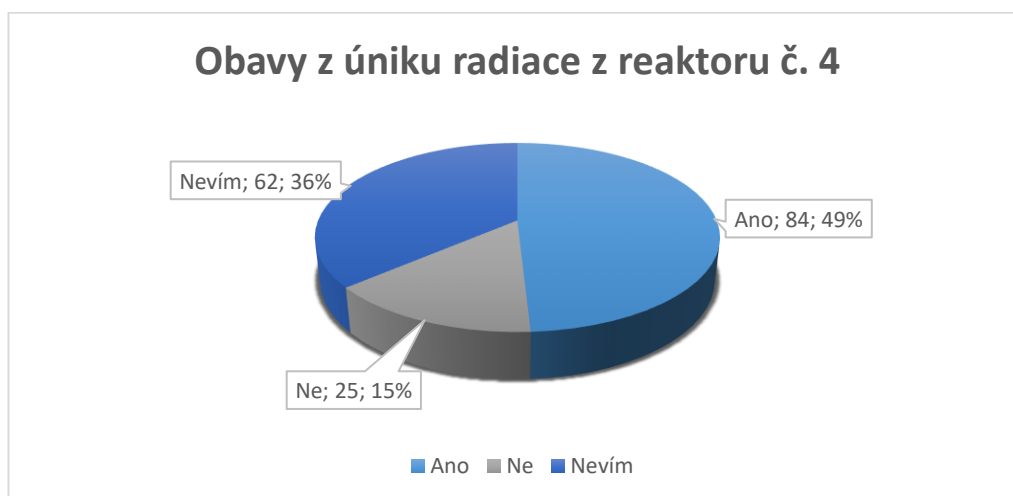
Otázka č. 6: Ovlivnila Vás nebo Vaše blízké havárie Černobylské jaderné elektrárny V.I. Lenina?



Graf 7 Ovlivnění občanů havárií v Černobylu (zdroj: vlastní)

Jaderná havárie čtvrtého bloku JE Černobyl ovlivnila celkem 94 dotazovaných. Pouze 45 respondentů odpovědělo, že je jaderná havárie neovlivnila. Zbývajících 32 respondentů si není vědomo míry ovlivnění a na otázku odpověděli NEVÍM.

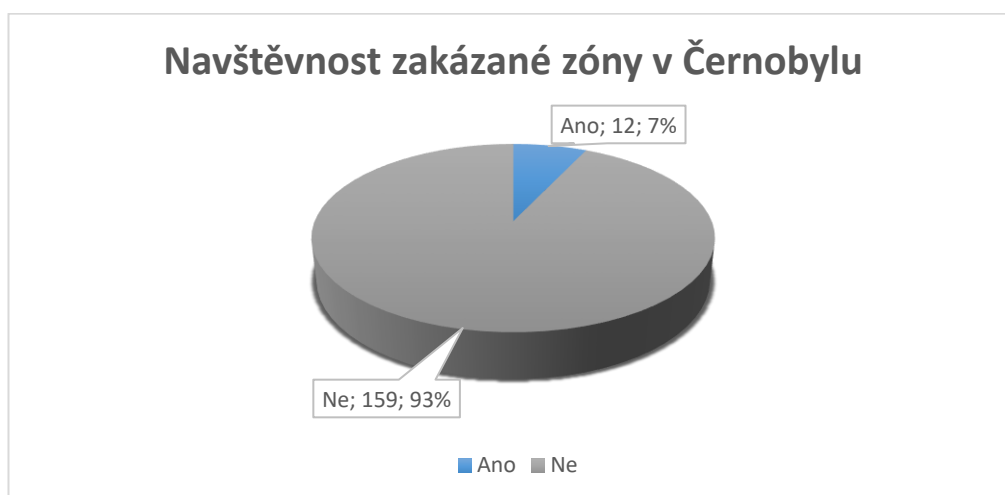
Otázka č. 7: Obáváte se možného úniku radiace ze zničeného reaktoru č.4 - Černobylské jaderné elektrárny (jež chrání ocelobetonová konstrukce)?



Graf 8 Obavy z úniku radiace z reaktoru č.4 (zdroj: vlastní)

Odpověď ANO na otázku, zda se respondenti obávají možného úniku radiace ze zničeného reaktoru v Černobyli zvolilo celkem 84 respondentů. Zda se mají nebo nemají obávat úniku radiace neví 62 respondentů. Pouze 25 respondentů se úniku radiace nebojí.

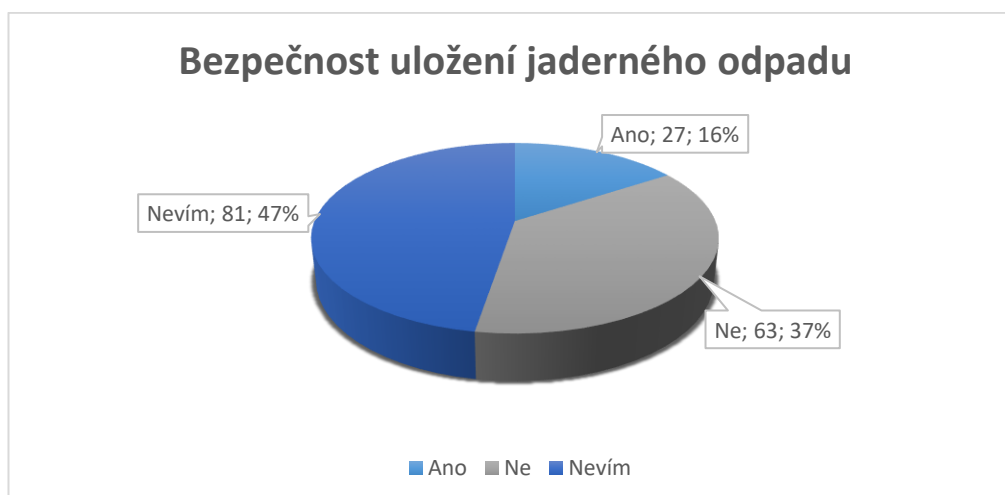
Otázka č. 8: Navštívili jste po roce 1986 tzv. Černobylskou zakázanou zónu?



Graf 9 Navštěvnost zakázané zóny v Černobyli (zdroj: vlastní)

Pouhých 12 respondentů se odvážilo navštívit zakázanou zónu v Černobyli. Zbylých 159 respondentů zakázanou zónu nenavštívilo.

Otázka č. 9: Je podle Vás způsob uložení jaderného odpadu dostatečně bezpečný?

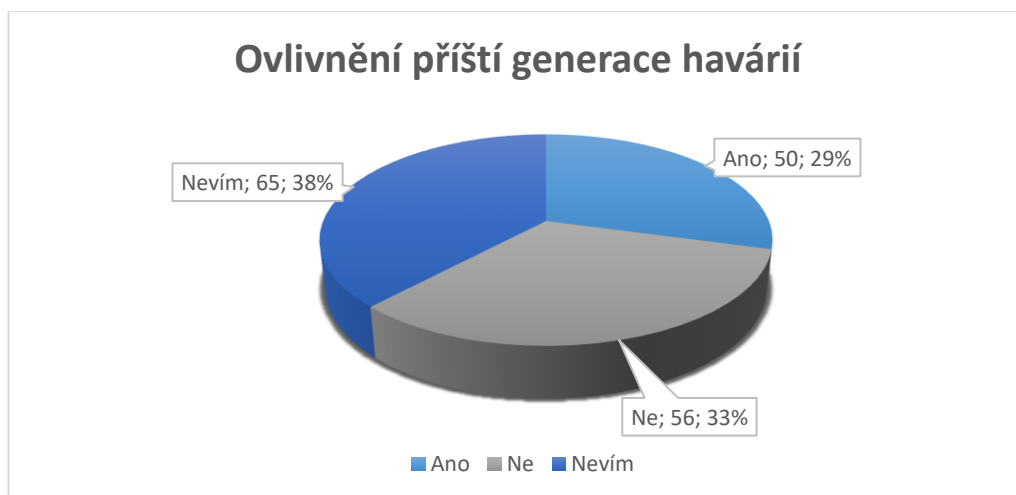


Graf 10 Bezpečnost uložení jaderného odpadu (zdroj: vlastní)

O bezpečnosti uložení jaderného odpadu pochybuje celkem 81 respondentů, kteří na otázku odpověděli NEVÍM. Celkem 63 respondentů je přesvědčeno

o tom, že způsob uložení jaderného odpadu dostatečně bezpečný není. 27 Respondentů se způsobu uložení jaderného odpadu neobává a je přesvědčeno o tom, že je jaderný odpad uložen dostatečně bezpečně a nehrozí možný únik radiace.

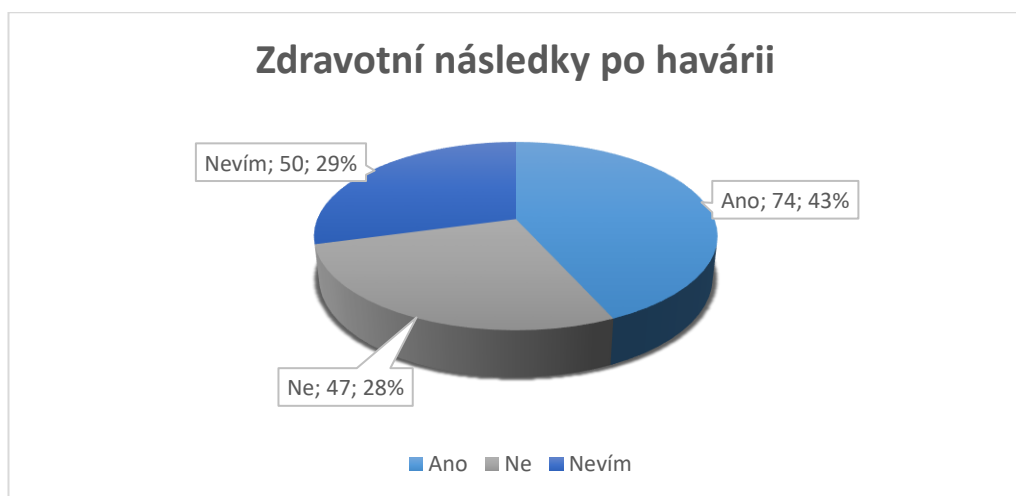
Otázka č. 10: Ovlivní podle Vás následky výbuchu reaktoru č.4 Černobylské jaderné elektrárny ještě příští generace?



Graf 11 Ovlivnění příští generace havárií Černobyl (zdroj: vlastní)

O negativním (či pozitivním) vlivu jaderné havárie na příští generace je přesvědčeno 50 respondentů. Ze 171 respondentů jich 65 neví, zda jaderná havárie příští generace nějakým způsobem ovlivní. Názor zbývajících 56 respondentů ukazuje na to, že jaderná havárie již nebude mít další vliv na příští generace.

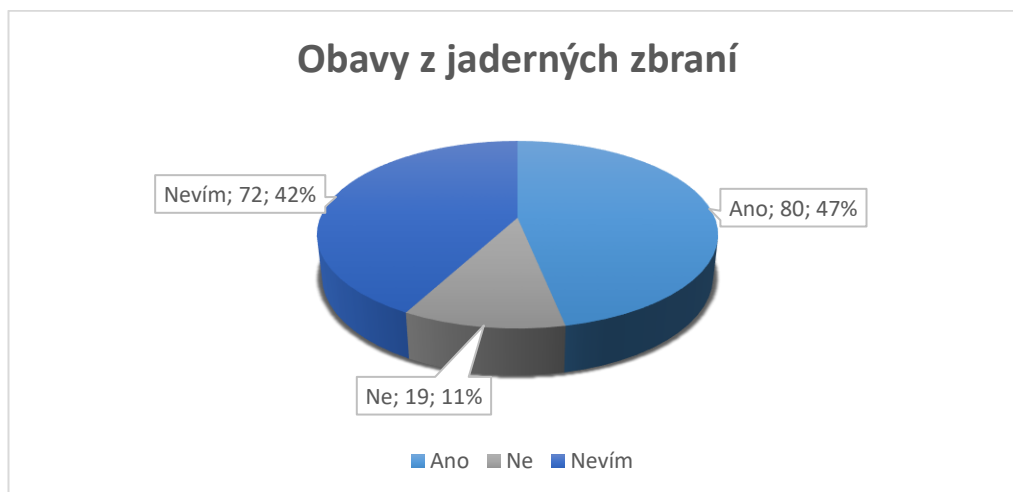
Otázka č. 11: Zažil/a jste Vy nebo Vaši blízcí zdravotní následky po výbuchu reaktoru č.4 Černobylské jaderné elektrárny?



Graf 12 Zdravotní následky po havárii Černobyl (zdroj: vlastní)

Celkem 74 respondentů zažilo nějaké zdravotní komplikace v důsledku jaderné havárie. Žádné zdravotní komplikace nemělo 47 respondentů. Zda měli respondenti nebo jejich příbuzní zdravotní následky v souvislosti s únikem radiace z Černobylského reaktoru č. 4 neví celkem 50 dotazovaných.

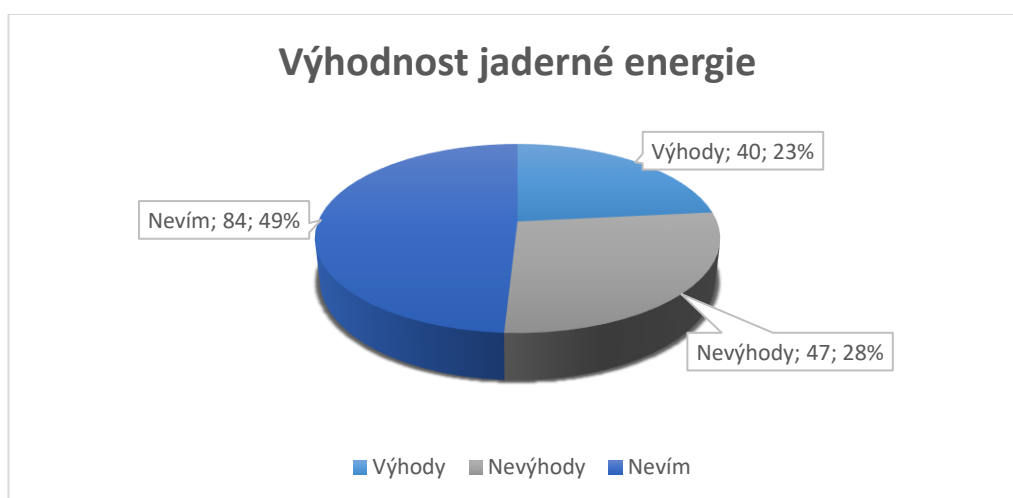
Otázka č. 12: Obáváte se využití jaderné energie k výrobě zbraní hromadného ničení?



Graf 13 Obavy z jaderných zbraní (zdroj: vlastní)

Obavy z využití jaderné energie k výrobě zbraní hromadného ničení má 80 respondentů. Toho, zda se obávat mají nebo naopak nemají neví celkem 72 respondentů. Žádné obavy z možného využití jaderné energie k výrobě zbraní nemá 19 respondentů.

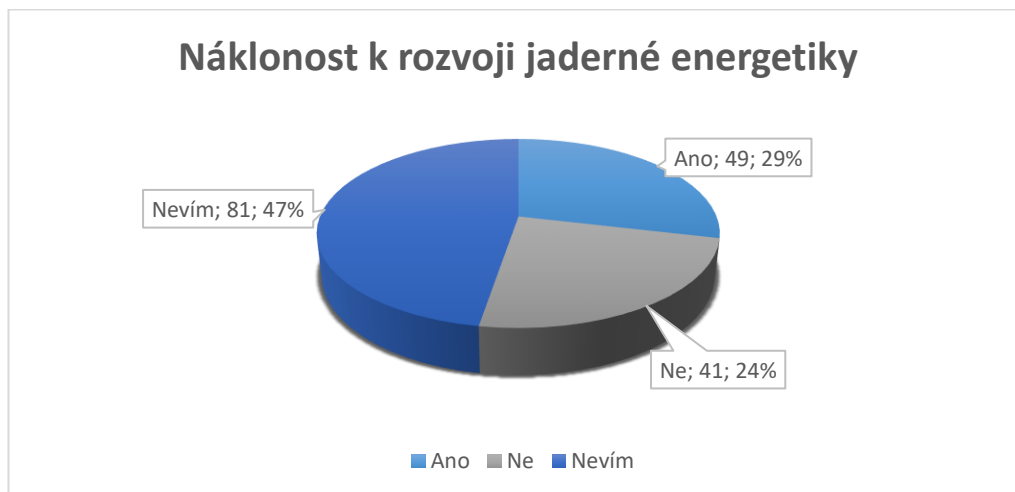
Otázka č. 13: Hovoříme-li o využití jaderné energetiky, převládají podle Vás spíše její výhody nebo nevýhody?



Graf 14 Výhodnost jaderné energie (zdroj: vlastní)

Zda má jaderná energetika spíše výhody, nebo spíše nevýhody neví 84 respondentů. K tomu, že jaderná energetika má spíše nevýhody se přiklání 47 respondentů. 40 respondentů uvedlo, že má jaderná energie spíše výhody.

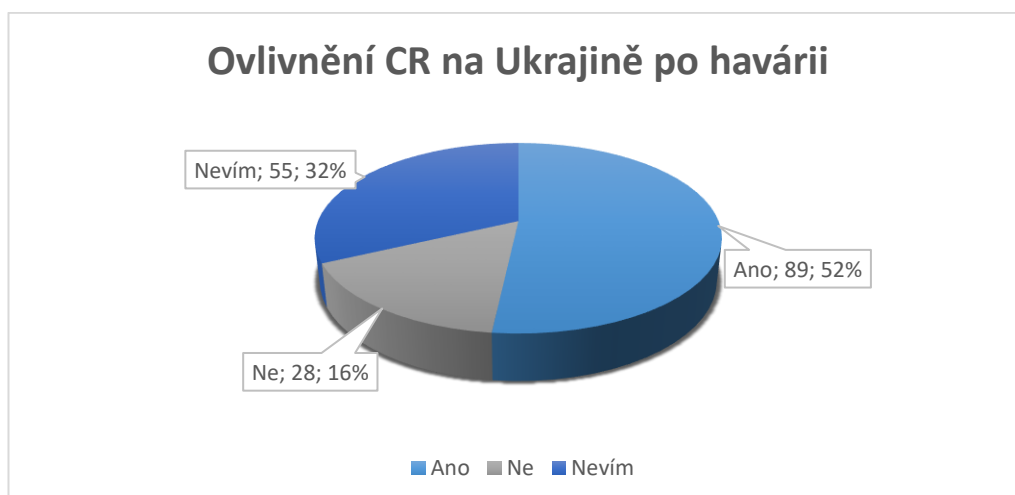
Otázka č. 14: Jste Vy osobně pro rozvoj jaderné energetiky?



Graf 15 Náklonost k rozvoji jaderné energetiky (zdroj: vlastní)

Téměř polovina dotazovaných si není jista, zda mají podporovat jadernou energetiku. Zbýlých 49 respondentů je pro rozvoj jaderné energetiky a 41 dotazovaných je proti rozvoji jaderné energetiky.

Otázka č. 15: Ovlivnila podle Vás Černobylská havárie výrazně cestovní ruch na Ukrajině?

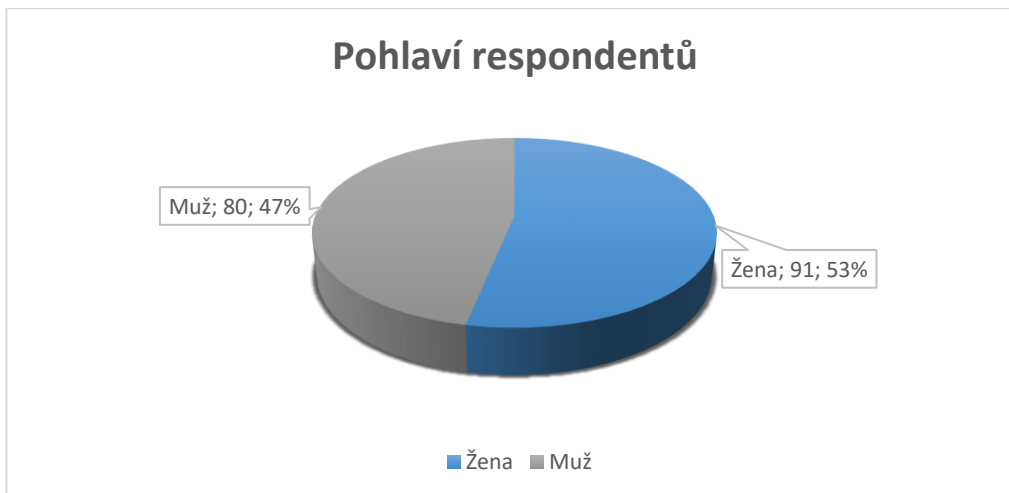


Graf 16 Ovlivnění cestovního ruchu na Ukrajině po havárii (zdroj: vlastní)

Cestovní ruch na Ukrajině po havárii v Černobyli byl podle 89 respondentů výrazně ovlivněn. Dalších 55 respondentů jednoznačně neví, zda byl cestovní ruch

po havárii znatelně ovlivněn. Zbýlých 28 dotazovaných si myslí, že havárie nijak neovlivnila cestovní ruch.

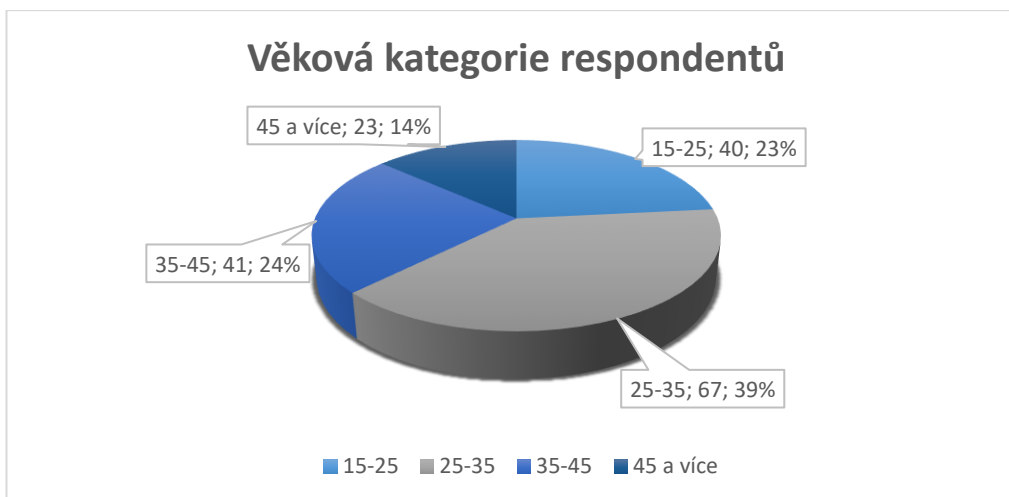
Otázka č. 16: Jaké je Vaše pohlaví?



Graf 17 Pohlaví respondentů (zdroj: vlastní)

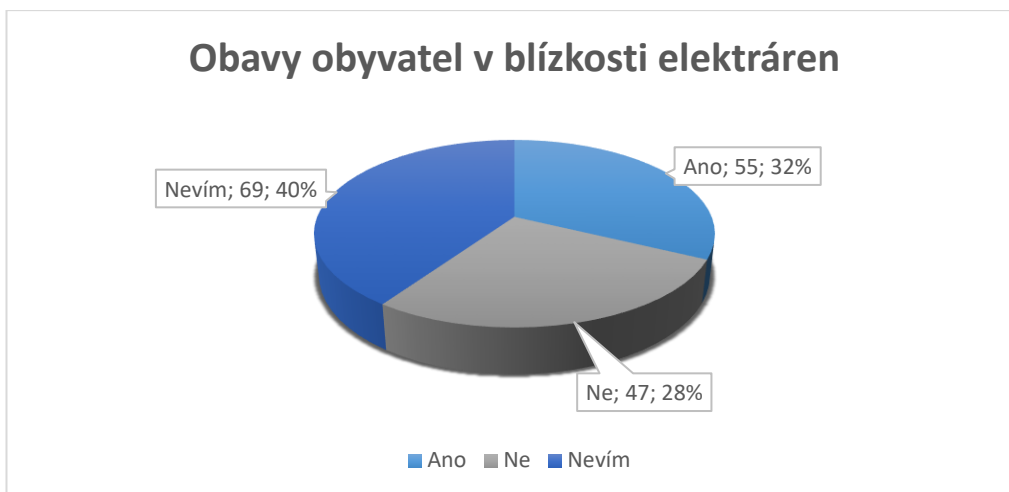
Mezi respondenty je téměř vyvážené rozložení žen a mužů.

Otázka č. 17: Jaká je Vaše věková kategorie?



Graf 18 Věková kategorie respondentů (zdroj: vlastní)

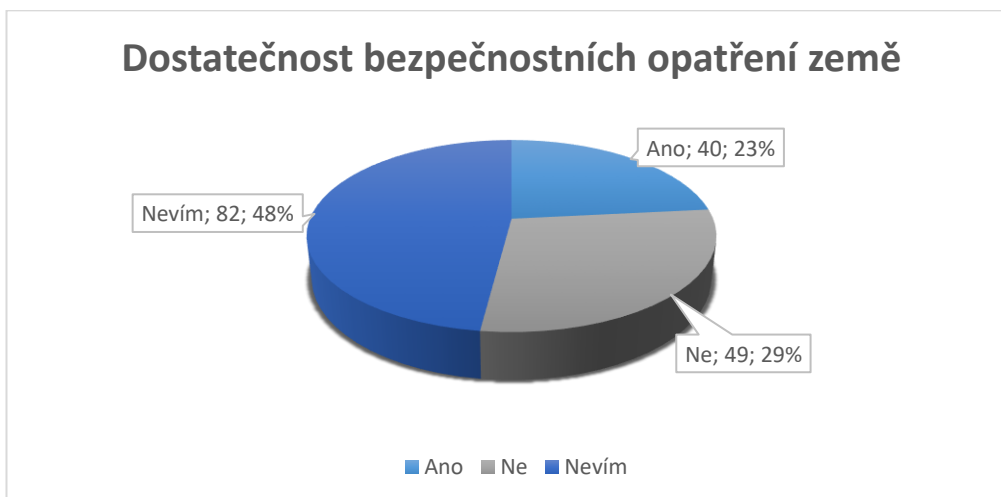
Největší počet zastoupení má věková skupina od 25-35 let. Poměrně vyvážený počet mají věkové skupiny respondentů od 15-25 let a od 35-45 let. O něco nižší zastoupení má věková kategorie od 45 let a více. **Otázka č. 18:** Pokud byste bydleli v blízkosti jaderné elektrárny, obávali byste se o svůj život, zdraví, majetek?



Graf 19 Obavy obyvatel v blízkosti elektráren (zdroj: vlastní)

Obavy o svůj život, zdraví, majetek by mělo v případě bydlení v bezprostřední blízkosti elektrárny celkem 55 dotazovaných. Bez obav by bylo celkem 47 respondentů. To, zda by dotazovaní obavy měly či neměly neví 69 z celkového počtu 171.

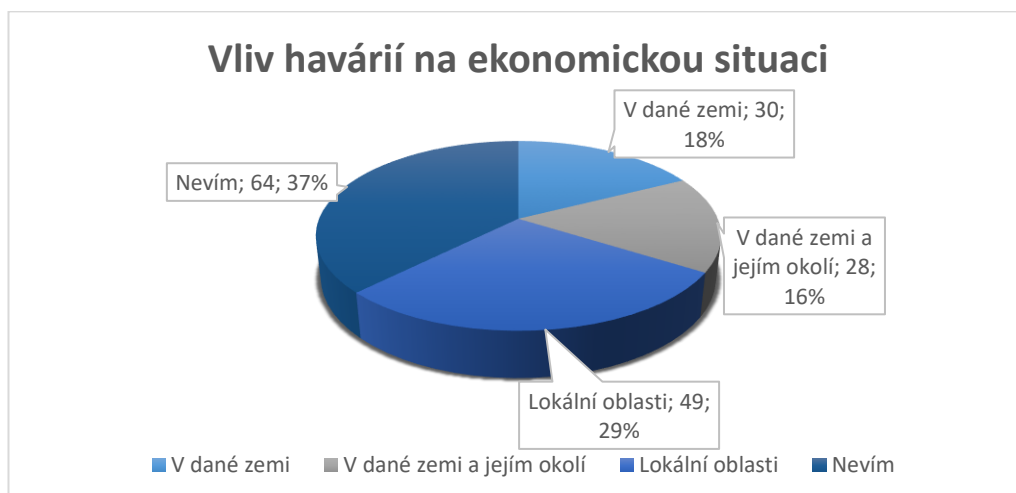
Otázka č. 19: Myslíte si, že Vaše země učinila dostatečná bezpečnostní opatření v oblasti zpracování palivového cyklu v jaderných elektrárnách?



Graf 20 Dostatečnost bezpečnostních opatření země (zdroj: vlastní)

Mínění respondentů o tom, zda jejich země učinila dostatečná bezpečnostní opatření v oblasti zpracování palivového cyklu v JE je takové, že 82 dotazovaných neví, 40 dotazovaných si myslí, že jejich země učinila dostatečná opatření a 49 respondentů si myslí, že bezpečnostní opatření jsou nedostatečné.

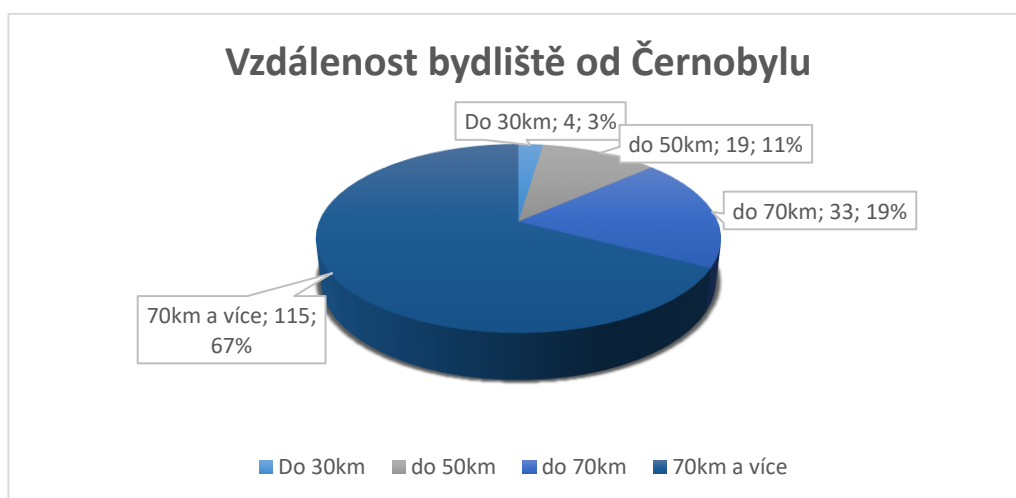
Otázka č. 20: Ovlivňují podle Vás jaderné havárie ekonomickou situaci v dané zemi, v dané zemi i jejím okolí, nebo jen lokální oblast zamoření?



Graf 21 Vliv havárií na ekonomickou situaci (zdroj: vlastní)

Zastoupení respondentů, kteří si myslí, že jaderné havárie ovlivňují ekonomickou situaci pouze v dané zemi je 30. Téměř vyrovnaný počet mají odpovědi: Lokální oblasti a dané země a jejich okolí. Zbylí respondenti se přiklonili k odpovědi neví.

Otázka č. 21: Jak daleko od Černobylu bydlíte Vy nebo Vaše rodina?



Graf 22 vzdálenost bydliště od Černobylu (zdroj: vlastní)

Z dotazovaných respondentů jich bydlí 115 ve vzdálenosti 70 km a více od Černobylu. V okruhu do 70 km od Černobylu bydlí 33 respondentů. Velmi nízký počet respondentů pak bydlí v okruhu do 30 a do 50 km.

1.1 Shrnutí výzkumného šetření

Z výsledků dotazníkového šetření vyplývá, že oblast jaderné energetiky dotýkající se bezpečnosti mezi respondenty vyvolává určité znepokojení. Ať už se jedná o obavy z úniku radonu, uložení jaderného odpadu, zdravotních následků v důsledku radiace či využití jaderného zbrojního průmyslu k výrobě zbraní hromadného ničení, v průměru se těchto nepříznivých jevů obává 34 % respondentů.

Z dat vztahujících se k rozvoji využití jaderné energetiky vyplývá, že průměrně 25 % respondentů se přiklání k rozvoji jaderné energetiky a vidí v ní značné výhody.

Obecnější otázky, týkající se členství země, z které respondenti pocházejí v IAEA (International Atomic Energy Agency), rozvoje cestovního ruchu na Ukrajině, či energetické nezávislosti země, odhalily, že téměř polovina respondentů je neznalá základních vědomostí týkajících se jejich země. Tato neznalost může být odrazem nízkého věku respondentů a menšími životními zkušenostmi.

2 Rozhovory

Jako druhou výzkumnou metodu jsem v praktické části bakalářské práce zvolila kvantitativní šetření prostřednictvím strukturovaných rozhorů. První rozhovor se skládá z 14 otevřených otázek, týkajících se jaderné energetiky, názorů na jaderné havárie a vnějších havarijních plánů jaderných zařízení. Druhý rozhovor je taktéž tvořen otevřenými otázkami, jichž je 10. Rozhovor je však směřován spíše na bezpečnost při stavbě jaderných elektráren. Strukturované rozhovory poskytují na rozdíl od dotazníkového šetření hlubší náhled do problematiky jaderné energetiky.

1. ROZHOVOR⁵⁶

Paní plk. RNDr. Helena Majzlíková

(vedoucí oddělení ochrany obyvatelstva, Hasičský záchranný sbor Jihočeského kraje)

1. Otázka: Myslíte si, že má jaderná energetika dobré vyhlídky, nebo se jí lidé stále spíše obávají?

⁵⁶ Strukturovaný rozhovor s paní plk. RNDr. Helenou Majzlíkovou ze dne 12. listopadu 2019

„Vždy se najdou lidé, kteří budou protestovat a na druhé straně lidé, kteří budou pro výstavbu. Je však důležité, aby byla dodržena veškerá bezpečnostní opatření a pravidla stavby i provozu a technická zařízení byla udržována v dobrém stavu. Já osobně vidím větší problém spíše v uskladnění jaderného odpadu. Momentálně dokážeme kontrolovat jadernou elektrárnu, to však neplatí o jaderném odpadu, jež v elektrárnách vzniká, kdy doposud nemáme vybudovaný trvalý sklad vyhořelého paliva.“

2. Otázka: Je podle Vás využití uranového jádra bezpečné?

„Využití uranového jádra je tak bezpečné, jak jsou bezpečné technologie a člověk“

3. Otázka: Jste toho názoru, že jsou JE ekologické?

„Provoz jaderných elektráren je ekologičtější než například spalování uhlí v tepelných elektrárnách. Problém je v zajištění bezpečnosti uskladnění jaderného odpadu, jež bude v budoucnu představovat problém pro následující generace, který jim na dlouhá léta zanecháme.“

4. Otázka: Jaká je podle Vás pravděpodobnost, že se u nás, ať už na JE v Dukovanech nebo na JE v Temelíně stane havárie podobných rozměrů jako v případě Černobylu či Fukušimy?

„Havárie jako byla v Černobylu nikdy – jaderné elektrárny u nás mají úplně odlišný typ jaderného reaktoru a zavedená jiná a mnohem účinnější bezpečnostní opatření.“

Pravděpodobnost, že zde bude havárie podobná té ve Fukušimě je podle mne někde kolem 10-10.“

5. Otázka: Je 13 km havarijní zóna Temelína v případě jaderné havárie dostatečná? Proč je havarijní zóna v Dukovanech větší (20 km)?

„Ano, 13 km zóna havarijního plánování pro plánování neodkladných opatření v Temelíně je dostatečná. Taktéž je to v případě Dukovan. Odlišné havarijní zóny na JE jsou díky tomu, že Dukovany mají jiné bezpečnostní zařízení, mají jinou ochranu,

to je dáno především tím, že oproti Temelínu Dukovany nemají reaktor umístění v kontejnmentu, který významným způsobem snižuje dopad havárie do okolí.“

6. Otázka: JE Temelín má 5 ochranných bariér, stojících mezi aktivní zónou v reaktoru a okolním prostředím. Je tato ochrana dostatečná?

„Ochrana by měla být dostatečná. Je třeba podotknout, že jsou uvnitř i další ochranná zařízení, například barbotážní věž s kyselinou boritou či zařízení na sběr vodíku.“

7. Otázka: Ovlivnila podle Vás jaderná havárie takového významu jako Černobyl a Fukušima bezpečnost ostatních JE?

„Bezpečnost na ostatních JE výrazně ovlivnily obě havárie. Na jaderných zařízeních se začali zpracovávat vnitřní havarijní plány, instrukce a postupy. Po havárii v Černobyli se na JE začal zpracovávat vnější havarijní plán. Po havárii ve Fukušimě se začali dělat crash testy, požární technika v oblasti vnitřní bezpečnosti (v kontejnmentu). Mezi další opatření patří například nové směrnice (o vybavení kontejnmentu), školení, nákup nové techniky, umožnění vstupu hasičskými prostředky do objektu, bezpečnostní prověrky osob apod.“

8. Otázka: V případě, že jaderná havárie již nastala, jste toho názoru, že by se lidé měli informovat takřka o všem, nebo by měli být informováni pouze o nejvýznamnějších krocích, aby se nešířila panika?

„Měli by být informováni o tom o se stalo a jaká je situace na elektrárně a v okolí. V začátku pak především o postupu, jak se při jaderné havárii má chovat obyvatelstvo. Důležité je, aby lidé dodržovali pokyny a nevyvozovali o havárii své vlastní mylné názory, aby se zbytečně nešířila panika. Tomu lze zabránit jen poskytováním pravdivých informací o havárii a být otevřený dotazům.“

9. Otázka: JE Temelín má dnes již vlastní hasičský záchranný sbor přímo v areálu JE. Jaké jsou výhody a bezpečnostní opatření pro příslušníky sboru?

„Zásah je o poznání rychlejší. Hasiči mají profesionální teoretický i praktický výcvik, jak v případě havárie postupovat. Velmi dobře znají areál a objekty JE. Znají dobře zásahovou techniku. Z oblasti osobní způsobilosti mají bezpečnostní prověrky

vydané NBÚ a pravidelně jsou podrobeny osobnostním prověrkám specializovaným pracovištěm JE. Svoji práci vykonávají jako své hlavní zaměstnání.

Z oblasti zajištění jejich vlastní bezpečnosti je připraven systém měření a předávání informací a situací. Zaměstnanci sboru by tak především neměli jít do situace, o které nemají potřebné a nezbytné informace, nejsou dostatečně vybaveny osobními ochrannými prostředky. V případě, že při události může být překročen příslušný limit pro obdrženou dávku musí být s tímto seznámeny a udělen jejich souhlas (Personální zabezpečení elektrárny). Jsou navíc vybaveni jodovou profylaxí, dozimetry, oděvy, dýchací přístroje). Nemělo by se tak stát to, co v Černobylu, kdy hasiči nevěděli, co se stalo, nebyli dostatečně vybaveny a zbytečně byli ozářeni.“

10. Otázka: V Černobylu byl v při havárii obrovský problém nedostatečné komunikace. Myslíte si, že je komunikace mezi havarijním štábem a složkami IZS v ČR dostatečná?

„Komunikace je dostatečná, ovšem vždy je co zlepšovat, a to i v případě komunikace mezi štáby a příslušnými orgány. Předávání informací je zajištěno několika cestami a různými komunikačními prostředky od těch sofistikovaných až po ty nejjednodušší. Správní úřady ČR a ani zaměstnanci na JE nebudou moci informace tajit, jako tomu bylo v případě Černobylu. Vzhledem k dnešní technologické vybavenosti a sociálním sítím by to nebylo možné. Zaměstnanci a správní úřady budou muset objektivně říkat, co se děje už od samého začátku.“

11. Otázka: Jaká nejhorší situace podle Vás může v JE Temelín nastat?

„V případě Blackoutu je elektrárna velmi dobře připravena, má záložní generátory, připravené a prověřené postupy a instrukce. V tomto směru o elektrárnu obavy nemám.

Velký problém by ale byl v celkovém rozpadu systému chlazení a nemožnosti ochladit reaktor (výpadek chladicího systému a nedostatek chladicí vody pro odvod tepla, které v reaktoru vzniká) a to bez ohledu na důvod. V takovém případě by k havárii dojít mohlo“

12. Otázka: Vy osobně jste tvořila havarijní plán JE Temelín, je něco, co byste na havarijních plánech a připravenosti IZS ještě zlepšila?

„Plán může být tak dobrý, jak dobrá je výchozí situace. Nicméně bych si přála, aby trochu jiný byl – například v případě odpovědnosti ústředních orgánů. Dále bych si přála více praktických cvičení všech zúčastněných, častější a kvalitní vzdělávání těch, kteří při havárii rozhodují a zasahují, vybudování dekontaminačních míst v přiměřené vzdálenosti od JE, větší důraz na potřeby ochrany obyvatelstva zasaženého RH, lepší územní plánování včetně akceptace požadavků realizace neodkladných a následných ochranných opatření, lépe specifikované a zajištěné poskytování zdravotní péče havárii dotčenému obyvatelstvu a zasahujícím.“

13. Otázka: Jakým způsobem by se řešil dopad jaderné havárie na životní prostředí?

„Postupovalo by se zaváděním následných opatření podle katalogu opatření EU. Opatření zahrnují úkony jako například sběr listů, trávy, úrody, vrchní vrstvy půdy, nebo hluboká orba, oplachy budov a silnic a mnoho dalších s cílem snížit dávkový příkon na minimum. Kontaminovaná hospodářská zvířata nejsou určena pro spotřebu a jsou stanovena pravidla pro jejich likvidaci.“

14. Otázka: V čem vidíte největší problém a rezervy v oblasti bezpečnosti v případě jaderné havárie?

„Největší problémy vidím především v:

- V komunikaci s veřejností ze strany zejména ústředních správních úřadů a provozovatelem elektrárny*
- V připravenosti všech úrovní správních úřadů (necvičí se fyzicky)*
- V zabezpečení přesídlení obyvatel na bezpečnější místa*
- V spontánní nebo opakované evakuaci obyvatel, kdy bude vznikat více ztrát na životech.“*

2. ROZHOVOR⁵⁷

Pan Ing. Milan Vlček

(stavební vedoucí při výstavbě JE Temelín a JE Dukovany v ČR)

1. Otázka: **Co je prvním bodem, který se řeší při plánování výstavby JE?**

„V první řadě se pohlíží na geologickou stránku. Jeden z nejdůležitějších kroků, který se při plánování výstavby musí zhodnotit je, zda se vybrané místo pro stavbu JE nenachází na zlomu zemských desek. JE se situují do oblasti s minimálním osídlením, v blízkosti vodního zdroje, s ohledem na převládající větry a podobně. Při plánování výstavby a rozhodování jsou vždy brány v potaz i nejaktuálnější poznatky vědy a výzkumu. A samozřejmě jsou i posuzovány ekonomicko hospodářské aspekty výstavby.“

2. Otázka: **Jakého druhu záření se podle Vás máme nejvíce obávat?**

„Obecně je známo, že máme tři druhy záření. Záření alfa, beta a gama. Dalšími druhy jsou záření jsou neutronová, neutrinová, fotonová a další. Záření alfa je z hlediska odstínění nejmírnější, avšak je velmi nebezpečné při vnitřním ozáření, gama záření se odstiňuje velmi těžko, ideálním odstíněním jsou velice silné olověné desky, neutronové záření se odstíní například silnou vrstvou vody či parafínu. Nebezpečná jsou všechna záření, záleží vždy na typu záření, obdržené dávce, a i individuální odolnosti organismu.“

3. Otázka: **Jakým způsobem se zabezpečuje reaktor JE?**

„Většina nejmodernějších JE má tzn. Kontejnment, což je odolná železobetonová obálka, ve které je umístěn primární okruh jaderné elektrárny. Nachází se v něm reaktorová nádoba chráněná a stíněná železobetonovou obestavbou, cirkulační čerpadla chladicí vod reaktoru, parogenerátor, ve kterém se teplo z vody primárního okruhu předává páře okruhu sekundárního. Části primárního okruhu jsou oddělené od zbytku elektrárny. K přístupu do primárního okruhu jsou potřeba speciální prověrky pracovníků a jejich průběžné zdravotní kontroly. I tito zaměstnanci se v primárním okruhu mohou pohybovat pouze nezbytnou dobu, podle toho v jak aktivním prostoru se pohybují. Výměnu palivových souborů provádí výhradně speciálně navržený zavážecí stroj (stínění

⁵⁷ Strukturovaný rozhovor s panem Ing. Milanem Vlčkem ze dne 6. listopadu 2019

několika m vody mezi strojem a palivovými články). Zavážecí stroj palivových článků má své další stínění pro ochranu obsluhy a taktéž instalované složité elektroniky.“

4. Otázka: Jaké stavební materiály se pro výstavbu JE používají?

- *Používají se pouze nejkvalitnější materiály navržené a odzkoušené pro výstavbu jaderných elektráren, a to jak pro stavební, tak i technologickou část výstavby. Materiály musí být odolné vlivu tepla, tlaku a záření. Přesto dochází postupem času k částečné degradaci vlivem uvedeného a je nutné jejich stav průběžně sledovat.*

Příklady materiálů:

- *kvalitní železo pro stavební část (pro technologickou část pak kvalitní nerezová ocel),*
- *kabeláž musí být nehořlavá (speciální vývoj),*
- *těsnění musí být nehořlavé či požár nešířící (speciální těsnění napění a tím omezi či zpomalí prostup požáru),*
- *v primárním okruhu musí naprosto celá technologická část projít rentgenovými zkouškami (aby nebyly instalovány armatury a potrubí s mikrotrhlinami či s oslabenou stěnou a podobně)*
- *beton musí mít perfektní zhutnění a složení s přesnými recepturami a případnými speciálními přísadami (baryt apod.), aby dobře stínil radioaktivní záření.*
- *v JE je obecně nutno používat jen kvalitní prověřené materiály a ty nadále průběžně sledovat a při podezření na jejich degradaci či poškození okamžitě vyměnit.*

5. Otázka: Jak je to s výstavbou jaderných úložišť?

„Jaderné úložiště představují v celém světě velký problém. V ČR máme Úložiště pro nízko a středně aktivní jaderný odpad, dále Bazény vyhořelého paliva jsou v každé JE, kde se palivo vyjmuté z reaktoru ještě nějaký čas dochlazuje. Toto palivo je posléze převezeno do Meziskladu vyhořelého paliva v Dukovanech a v Temelíně.

V ČR doposud nemáme, ale neustále se připravuje a vybírá lokalita pro Trvalé úložiště vysoce radioaktivní odpadu, tvořeného z největší části vyhořelými palivovými články.

6. Otázka: Jaké bezpečnostní opatření jsou spuštěny při vzniku havárie?

„Pokud dojde v jaderné elektrárně ke vzniku určité události, která naruší běžný provoz reaktoru, jsou automaticky spuštěny ochranné systémy. Ochranné systémy fungují automaticky tak, aby zamezily riziku nekontrolovatelné štěpné reakce, která by mohla vyvolat jadernou havárii (při nestandardní situaci je automaticky snižován výkon reaktoru, případně pak až po spuštění havarijních tyčí, které vlastní vahou spadnou a přeruší tak štěpnou reakci a odstaví reaktor. To je například důvodem, proč může zemětřesení představovat velký problém, neboť v jeho důsledku může dojít k zaseknutí tyčí a následnému neodstavení reaktoru.“

7. Otázka: Které záření je pro člověka při jaderné havárii nejvíce nebezpečné?

„Pro člověka je nebezpečné veškeré záření. Nejnebezpečnější na organismus je působení neutronového a gama záření. Velice nebezpečné je i alfa záření, které lze sice snadno odstínit, ale pokud dojde ke vnitřní kontaminaci organismu rozpustnými sloučeninami vyzařujícími alfa záření s dlouhým poločasem rozpadu, dojde k vnitřnímu ozáření orgánů, což představuje velký zdravotní problém a komplikace.“

8. Otázka: Který prvek je pro organismus při jaderné havárii nejnebezpečnější?

„Rozpustné oxidy Plutonia 239 je možno považovat za jeden z nejprudších jedů, dalším velmi nebezpečným radionuklidem je radioaktivní jod, který se usazuje ve štítné žláze, dále například radioaktivní cesium, které se usadí v kostech, kde nahradí přirozený vápník a podobně. Všechny tyto radionuklidy mají přímou souvislost se vznikem rakoviny.“

9. Otázka: Je možné, že se u nás v ČR stane podobná katastrofa jako v Černobylu?

„Havárie jako se stala v Černobylu u nás není možné. Máme jiné typy jaderných reaktorů. V případě Černobylu došlo nestandardní manipulací obsluhy k závažným chybám v řízení reaktoru a jedním z důsledků těchto nestandardních manipulací bylo, že došlo k nahromadění a explozi vodíku uvnitř reaktoru typu RBMK. Taková situace se v Temelíně ani v Dukovanech stát nemůže, protože u typu reaktoru VVER-1000 a 440, zcela odlišného typu než byl v Černobylu, jsou učiněna další bezpečnostní opatření zvyšující odolnost proti podobné situaci“

10. Otázka: **Jak se postupuje při výstavbě jaderných úložišť a jaký je, používám materiál?**

„Cílem uložště je ochrana živých organismů proti záření a zamezení vyplavení rozpustných radionuklidů do vod.

Stavba radioaktivního uložště musí být situována do vhodných geologických podmínek. Při stavbě jaderných úložišť je, používám beton. Radioaktivní materiál nebo vyhořelé jaderné palivo je ukládáno do nádoby zalité metrovou vrstvou betonu. Takto zabezpečená nádoba s radioaktivním materiálem je pak ukládána hluboko pod zem. V ČR je radioaktivní materiál ukládán do dolů, které jsou zabetonovány silnou vrstvou betonu. Dalšími možnými způsoby je zatavení vysoce aktivních odpadů do skla, či pokud nehrozí nebezpečí zvyšování teploty samovolným rozpadem radionuklidů těchto odpadů také zatavení do asfaltu a podobně.“

Závěr

Tato bakalářská práce je zaměřena na jadernou energetiku a jaderné havárie. Smyslem práce bylo poukázat na problematiku jaderných havárií, které se ve světě v průběhu let odehrály. Práce je rozdělena do 10 hlavních kapitol. První kapitola zahrnuje cíl a metodiku práce.

V druhé kapitole se uvádí historické souvislosti, od objevení paprsků X, po objevení alfa, beta a gama záření Ernestem Rutherfordem. Vývoj jaderné energetiky od uvedení do provozu první jaderné elektrárny I. generace po elektrárny II. generace po současnost jaderné energetiky a trend prodlužování životnosti jaderných elektráren II. generace.

Třetí kapitola přináší stručné přiblížení jaderných havárií a jejich vyhodnocení stupněm INES. Konkrétně jaderné havárie Černobyl na Ukrajině, jaderné havárie Fukušima Daiiči v Japonsku, jaderné havárie Three Mile Island ve Spojených státech amerických, jaderné havárie Jaslovské Bohunice v bývalém Československu, Jaderné havárie Saint Laurent ve Francii, jaderné havárie MIHAMA v Japonsku a jaderné havárie v Dukovanech a Temelínu v ČR.

Čtvrtá kapitola se zaměřuje na příčiny jaderných havárií. Jako praktický příklad pro pochopení problematiky příčin havárií jsou v kapitole podrobně rozvedeny dvě doposud nejzávažnější jaderné havárie, Černobyl a Fukušima Daiiči.

Pátá kapitola poukazuje na jadernou bezpečnost a na bezpečnostní opatření jaderných zařízení. V podkapitole systémů ochrany jaderných zařízení je popsáno celkem 5 ochranných opatření, kterými jaderná zařízení zpravidla disponují.

Šestá kapitola uvádí výčet dopadů jaderné havárie Černobyl a jaderné havárie Fukušima Daiiči na životní prostředí. V kapitole jsou uvedeny odhadované údaje uniklých radioaktivních látek do životního prostředí a vliv na rostliny a živočichy v okolí.

V sedmé kapitole byly uvedeny zdravotní a psychické následky působící na obyvatelstvo. Podrobněji jsou popsány nejvíce se vyskytující nemoci způsobené působením ionizujícího záření na organismus. Jedná se především o akutní nemoc z ozáření, akutní lokální změny, nenádorová onemocnění a zhoubné nádory.

Osmá kapitola se zabývá ekonomikou jaderných elektráren. Pozornost byla v kapitole věnována také odpovědnosti za škody při vzniku jaderných havárií.

Devátá závěrečná kapitola stručně popisuje jadernou elektrárnu Temelín v ČR a její havarijní připravenost.

Praktická část je realizována formou dotazníkového šetření a strukturovaných rozhovorů. Rozhovory s odborníky z oblasti jaderné energetiky přinesli do problematiky jaderných havárií hluboký náhled.

Seznam použitých zdrojů a literatury

Literární zdroje

- (1) MEDVEDEV GRIGORY, *Truth about Chernobyl*, First American Edition, 1991, English, s 274, ISBN 978-0465087754
- (2) ŠTĚTINA JIŘÍ a kol., *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*, Grada, 2014, s.584, ISBN 978-80-247-4578-7
- (3) SLEPECKÝ JAROSLAV, RISTVEJ JOSEF, *Ekonomické důsledky katastrof*, s.136, ISBN 978-80-8070-830-6
- (4) Doc. Ing. RAČEK JIŘÍ, CSc., *Jaderné elektrárny, Ústav elektroenergetiky*, Brno, 2002, s 222, ISBN 9788021447448
- (5) SEDLÁK MARTIN, *JADERNÁ ENERGETIKA S RUČENÍM OMEZENÝM, Pravidla odpovědnosti za škody při případné havárii atomových elektráren*, hnutí DUHA, s 31, 2008, ISBN 978-80-86834-29-0
- (6) BARAN VÁCLAV, *Jaderná energetika a další problémy moderní civilizace*, 2002, s. 159, ISBN 80-200-1048-3
- (7) Dědictví Černobyli, *Zdravotní, ekologické a sociálně-ekonomické dopady a doporučení vládám Běloruska, Ruské federace a Ukrajiny*, 1. vydání, Praha, Česká nukleární společnost, 2006, s. 51, ISBN 80-02-01806-0
- (8) 20 let od havárie v Černobyli, *Fakta a souvislosti, sborník ze semináře v Senátu Parlamentu ČR*, 2006, České Budějovice
- (9) Ing. MAREK JIŘÍ, *Jaderná energetika, ČEZ*, 2002
- (10) SVĚTLANA ALEXIJEVIČ, *Modlitba za Černobyl*, 2017, s. 296, ISBN: 978-80-87855-76-8
- (11) WAGNER VLADMÍR, *Fukušima I Poté, Cesta od havárie k rekonstrukci, důsledky a dopady pro Japonsko i svět*, Novela Bohemica, 2015, s 358, ISBN 978-80-87683-45-3
- (12) KUKAL ZDENĚK, *Přírodní katastrofy a rizika*, edice PLANETA, 2005, s. 52, Ročník XII, číslo 3/2005, ISSN 1213-3393
- (13) TEREM PETER, *Jadrová energia v štruktúre svetových energetických zdrojov: Medzinárodné súvislosti*, Zvolen: Bratia Sabovci, 2005, s 248, ISBN 80-89029-94-9

Legislativní dokumenty

(14) ČESKO, Zákon č. 239/2000 Sb. „*Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů*“ ve znění pozdějších předpisů, 38§

Elektronické zdroje

(15) SVĚT GEOLOGIE, *Přírodní katastrofy*, [online]. [cit.28.12.2019].

Dostupné z:> <http://www.geology.cz/svet-geologie/poznej-geologii/geologicka-temata/prirodni-katastrofy>

(16) Modrá kniha – MV – GRH HZS ČR – *Institut ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč, RNDr. Ivan Veverka CSc. – Vybrané kapitoly krizového řízení*, Policejní akademie Praha, 2003, [online], dostupné z:> http://www.mesto-vlasim.cz/data/usr_001_novy_adresar_vlasim/zakladni_deleni_mim_udalosti.pdf

(17) Program OSN pro ochranu životního prostředí, *Ionizující záření účinky a zdroje*, [cit.21.01.2020], [online], Dostupné z:>

https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/dokumenty/Radiation-InsidePart-Czech-Feb_2017-1.pdf

(18) SÚRO, *Přírodní radioaktivita*, [cit. 21.01.2020], [online], Dostupné z:

<http://spolky.csvts.cz/cns/news11/radio2.pdf>

(19) SÚRO, *Přírodní radioaktivita a problém radonu*, [cit. 21.01.2020], [online],

Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/prirodnioz>

(20) Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Ozáření z přírodních zdrojů záření*, 2020, [cit.19.01.2020], [online], Dostupné z:> <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/prirodni-zdroje-ionizujiciho-zareni/ozareni-z-prirodnich-zdroju-zareni/>

(21) Program OSN pro ochranu životního prostředí, *Ionizující záření účinky a zdroje*, [cit. 22.01.2020], [online], Dostupné z:>

https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/dokumenty/Radiation-InsidePart-Czech-Feb_2017-1.pdf

(22) AUTOR NEUVEDEN, *Radioaktivita*, [cit. 21.01.2020], [online], dostupné z:>

<http://www.malloc.cz/chemie/radioaktivita.pdf>

(23) Ing. RATAJ JAN, *ČESKÁ ENERGETIKA, OBNINSK 1954 -první jaderná elektrárna na světě*, [cit.14.01.2020], [online], Dostupné z:>

http://www.ceskaenergetika.cz/nezarazene_clanky/obninsk_1954_prvni_jaderna_elektrarna_na_svete.html

- (24) Institution of Civil Engineers, *Calder Hall nuclear power station*, [cit. 22.01.2020], [online], Dostupné z:> <https://www.ice.org.uk/what-is-civil-engineering/what-do-civil-engineers-do/calder-hall-nuclear-power-station>
- (25) IVÁNEK JAKUB, *Generace jaderných reaktorů*, [cit. 17.01.2020], [online], Dostupné z:> <https://atominfo.cz/2016/03/generace-jadernych-reaktoru-jake-generace-mame-cim-se-navzajem-lisi/>
- (26) ČEZ, *Základní typy jaderných reaktorů*, [cit. 17.01.2020], [online], Dostupné z:> <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/jaderna-energetika/je-ve-svete/zakladni-typy-jadernych-reaktoru>
- (27) SÚJB, *INES, Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí, Uživatelská příručka*, 2001, [cit. 18.01.2020], [online], Dostupné z:> <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/INES.pdf>
- (28) MORAVEC ZDENĚK, *V sovětském závodu Majak došlo k explozi a úniku radioaktivního materiálu*, 2010, [cit. 23.01.2020], [online], Dostupné z:> <http://www.neaktuality.cz/zahranici/v-sovetskem-zavodu-majak-doslo-k-explozi-a-uniku-radioaktivniho-materialu/>
- (29) AUTOR NEUVEDEN, *Sovětská jaderná havárie před 55 lety zamořila na 1000 kilometrů čtverečních*, 2012, [cit. 24.01.2020], [online], Dostupné z:> <https://atominfo.cz/2012/09/sovetska-jaderna-havarie-pred-55-lety-zamorila-na-1000-kilometru-ctverecnich/>
- (30) POKORNÝ VÁCLAV, *Kyštym 1957: Svět neměl vědět o největší jaderné katastrofě*, 2017, [cit. 24.01.2020], [online], Dostupné z:> <https://www.extrastory.cz/kystym-1957-svet-nemel-vedet-o-nejvetsi-jaderne-katastrofe.html>
- (31) AUTOR NEUVEDEN, *THREE MILE ISLAND 1976, Největší jaderná havárie na západě*, [cit. 25.01.2020], [online], Dostupné z:> <http://radioaktivita.cz.sweb.cz/mileisland.htm>
- (32) PÍSEK VÁCLAV, *ATOMINFO, Aktuálně o jádru, Jaslovské Bohunice A1*, [cit. 17.01.2020], [online], Dostupné z:> <http://atominfo.cz/2015/04/jaslovske-bohunice-a1/>
- (33) AUTOR NEUVEDEN, *Havárie jaderných elektráren*, [cit. 26.01.2020], [online], Dostupné z:> https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/03/havarie_7.html

- (34) Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Události na JE*, [cit. 10.01.2020], [online], dostupné z:> <https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/ines/udalosti-na-je-hodnocene-ines-0-a-vyse/udalosti-na-jadernych-elektrarnach-archiv/rychle-odstaveni-4bloku-edu/>
- (35) Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Události na JE*, [cit. 10.01.2020], [online], dostupné z:> <https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/ines/udalosti-na-je-hodnocene-ines-0-a-vyse/udalosti-na-jadernych-elektrarnach-archiv/udalost-na-1-bloku-ete-z-2642007/>
- (36) Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Události na JE*, [cit. 11.01.2020], [online], dostupné z:> <https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/ines/udalosti-na-je-hodnocene-ines-0-a-vyse/udalosti-na-jadernych-elektrarnach-archiv/neobvykla-udalost-na-ete-ze-dne-14cervna/>
- (37) Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Události na JE*, [cit. 11.01.2020], [online], Dostupné z:> <https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/ines/udalosti-na-je-hodnocene-ines-0-a-vyse/udalosti-na-jadernych-elektrarnach-archiv/k-poskozeni-palivoveho-proutku-na-je-temelin/>
- (38) *Fukušima: Jaderná Tsunami*, Dokumentární seriál, 2016, [cit. 22.02.2020], [online], Dostupné z:> <https://www.youtube.com/watch?v=AY6I7LQhwmI>
- (39) JURANOVÁ EVA, HANSLÍK EDUARD, *Havárie jaderné elektrárny Fukušima Daiiči a její vliv na životní prostředí*, VTEI, ročník 54, 2012, s. 1, [cit. 22.02.2020], [online], dostupné z:> https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2015/08/vtei_2012_6.pdf
- (40) Státní ústav radiační ochrany, *Jaderné elektrárny, Radiační ochrana*, 2020, [cit. 24.02.2020], [online], dostupné z:> <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/usmernovani-ozareni-pri-cinnostech/jaderne-elektrarny>
- (41) JURANOVÁ EVA, HANSLÍK EDUARD, *Havárie jaderné elektrárny Fukušima Daiiči a její vliv na životní prostředí*, VTEI, ročník 54, 2012, s.2, [cit. 24.02.2020], [online], Dostupné z:> https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2015/08/vtei_2012_6.pdf
- (42) Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Stručný přehled biologických účinků záření*, [cit. 24.02.2020], [online], Dostupné z:> <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/strucny-prehled-biologickych-ucinku-zareni/>
- (43) AUTOR NEUVEDEN, *Radioaktivní odpad*, Dostupné [cit. 26.02.2020], [online], z:> <https://www.trideniodpadu.cz/radioaktivni-odpad>

- (44) Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Úmluva o dodatkovém odškodnění jaderných škod*, [cit. 27.02.2020], [online], dostupné z:>
https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/mezinarodni-spoluprace/smlouvy/III_7_CJ.pdf
- (45) ČEZ, *Zpráva o společenské odpovědnosti skupiny ČEZ*, 2013, [cit. 29.02.2020], [online], dostupné z:>
<https://www.cez.cz/edee/content/micrositesutf/odpovednost2013/cs/bezpecnost/havarijni-pripravenost.html>
- (46) ČEZ, *Jaderná elektrárna Temelín*, [cit. 28.02.2020], [online], Dostupné z:>
<https://www.svetenergie.cz/cz/elektrarny/jaderne-elektrarny/jaderne-elektrarny-cez/jaderna-elektrarna-temelin>
- (47) JIHOČESKÝ KRAJ, *Hasičský záchranný sbor ČR, Vnější havarijní plán JE Temelín*, [online], [cit. 01.03.2020], Dostupné z:>
<https://www.hzscr.cz/clanek/vnejsi-havarijni-plan-jaderne-elektrarny-temelin.aspx>
- (48) JIHOČESKÝ KRAJ, *Hasičský záchranný sbor ČR, Cvičení ZÓNA 2019*, [online], [cit. 01.03.2020], dostupné z:> <https://www.hzscr.cz/clanek/cviceni-zona-2019.aspx>

Elektronické zdroje obrázků:

- (49) AUTOR NEUVEDEN, *Mezinárodní stupnice jaderných havárií*, [cit.12.01.2020], [online], Dostupné z:>
https://cs.wikipedia.org/wiki/Mezin%C3%A1rodn%C3%AD_stupnice_jadern%C3%BDch_ud%C3%A1lost%C3%AD#/media/Soubor:INES_cs.svg

Seznam obrázků

Obrázek 1 Mezinárodní stupnice Jaderných havárií	21
---	----

Seznam grafů

Graf 1 Složky rizika ozáření lidí a jejich porovnání (Zdroj: Kukul Zdeněk)	16
Graf 2 Členství země v IAEA (Zdroj: vlastní)	43
Graf 3 Povědomí občanů o havarijních plánech JE (zdroj: vlastní)	44
Graf 4 Preference způsobu výroby el. energie (zdroj: vlastní)	44
Graf 5 Energetická nezávislost země (zdroj: vlastní)	45
Graf 6 Názor na bezpečnost využití JE (zdroj: vlastní)	45
Graf 7 Ovlivnění občanů havárií v Černobylu (zdroj: vlastní)	46
Graf 8 Obavy z úniku radiace z reaktoru č.4 (zdroj: vlastní)	46
Graf 9 Návštěvnost zakázané zóny v Černobylu (zdroj: vlastní)	47
Graf 10 Bezpečnost uložení jaderného odpadu (zdroj: vlastní).....	47
Graf 11 Ovlivnění příští generace havárií Černobyl (zdroj: vlastní)	48
Graf 12 Zdravotní následky po havárii Černobyl (zdroj: vlastní).....	48
Graf 13 Obavy z jaderných zbraní (zdroj: vlastní)	49
Graf 14 Výhodnost jaderné energie (zdroj: vlastní).....	49
Graf 15 Náklonost k rozvoji jaderné energetiky (zdroj: vlastní)	50
Graf 16 Ovlivnění cestovního ruchu na Ukrajině po havárii (zdroj: vlastní)	50
Graf 17 Pohlaví respondentů (zdroj: vlastní)	51
Graf 18 Věková kategorie respondentů (zdroj: vlastní).....	51
Graf 19 Obavy obyvatel v blízkosti elektráren (zdroj: vlastní).....	52
Graf 20 Dostatečnost bezpečnostních opatření země (zdroj: vlastní).....	52
Graf 21 Vliv havárií na ekonomickou situaci (zdroj: vlastní).....	53
Graf 22 Vzdálenost bydliště od Černobylu (zdroj: vlastní)	53

Seznam příloh

Příloha 1 – Dotazníkové šetření v ukrajinském jazyce.....	70
Příloha 2 – Dotazníkové šetření v ruském jazyce.....	73
Příloha 3 – Dotazníkové šetření v českém jazyce.....	76

Přílohy

Příloha 1 - Dotazníkové šetření v ukrajinském jazyce

Каролина Петеркова, 3 рік БПЧ ВШЕРС.

Мета анкетування - потрібно з'ясувати погляди людей на використання ядерної енергетики.

Результати опитування будуть використані в дисертації бакалавра на тему: "Екологічний та соціальний вплив ядерних катастроф."

Виберіть одну відповідь

1. Ваша країна є членом міжнародної організації IAEA (International Atomic Energy Agency)?

ТАК НІ НЕЗНАЮ

2. Чи знаєте ви про які-небудь зовнішні або внутрішні аварійні плани атомної електростанції що знаходиться недалеко від вас?

ТАК НІ

3. Чи підтримуєте ви використання ядерної енергії, або швидше підтримуєте вугільну енергетику, або ж парогозову для виробництва електроенергії.

ядерна енергія вугільна енергія газова енергія НЕЗНАЮ

4. Ваша країна є енергетично незалежна?

ТАК НІ НЕЗНАЮ

5. Ви вважаєте використання ядерної енергії безпечним?

ТАК НІ НЕЗНАЮ

6. Аварія на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС) ім. В.И.Леніна торкнулася конкретно вас або ваших близьких?

ТАК НІ НЕЗНАЮ

7. Чи боїтеся можливого витoku радіації з зруйнованого реактора 4 енергоблоку ЧАЕС

- ТАК НІ НЕЗНАЮ

8. Чи відвідували ви після 1986 року Чорнобильську зону відчуження?

- ТАК НІ

9. Як ви думаєте, спосіб ліквідації ядерних відходів досить безпечний?

- ТАК НІ НЕЗНАЮ

10. Чи вплинуть наслідки вибуху 4 енергоблоку Чорнобильської АЕС на майбутні покоління?

- ТАК НІ НЕЗНАЮ

11. Чи мали ви або ваші близькі після вибуху 4 енергоблоку Чорнобильської АЕС проблеми із здоров'ям?

- ТАК НІ НЕЗНАЮ

12. Чи боїтеся ви використання ядерної енергії для виготовлення зброї масового ураження?

- ТАК НІ НЕЗНАЮ

13. Якщо говорити про ядерну енергію, то, на вашу думку - в ній більше плюсів або мінусів?

- Плюсів Мінусів НЕЗНАЮ

14. Ви особисто за розвиток ядерної енергетики?

- ТАК НІ НЕЗНАЮ

15. Як ви думаєте, чи вплинула аварія на Чорнобильській АЕС на розвиток туризму в Україні?

- ТАК НІ НЕЗНАЮ

16. Ваша стать?

- Жінка Чоловік

17. Скільки вам років?

- 15-25 лет 25-35 лет 35-45 лет більше 45 лет

18. Якби ви жили недалеко від АЕС, чи турбувалися би Ви за своє життя, здоров'я, нерухомість?

- ТАК НІ НЕЗНАЮ

19. Чи думаєте ви, що ваша країна вжила необхідні заходи для безпечної роботи АЕС?

- ТАК НІ НЕЗНАЮ

20. Чи думаєте ви, що ядерні катастрофи впливають на економічну ситуацію в даній країні, і її оточенні або тільки в локальній області забруднення?

- В даній країні В даній країні і її оточенні
- В локальній області забруднення НЕЗНАЮ

21. Як далеко від Чорнобиля живе ви або ваша сім'я?

- До 30 км До 50 км До 70 км 70 км і більше

Дякуємо за участь в опитуванні!

Пříloha 2 - Dotazníkové šetření v ruském jazyce

Каролина Петеркова, 3 год БПЧ, ВШЕРС

Цель данной анкеты узнать мнение населения касательно использования ядерной энергии.

Результаты анкетирования будут использованы в дипломной работе бакалавра на тему «Экономические и социальные эффекты ядерных катастроф».

В каждом вопросе выберите один вариант ответа.

1. Ваша страна является членом МАГАТЭ?

- ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

2. Знаете ли вы о каких-нибудь внешних или внутренних аварийных планах атомной электростанции находящейся недалеко от вас?

- ДА НЕТ

3. Поддерживаете ли вы использование ядерной энергии, или скорее поддерживаете угольную энергетику, или же парогазовую для производства электроэнергии.

- Ядерная энергия Уголь Парогаз НЕ ЗНАЮ

4. Ваша страна энергетически независима?

- ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

5. По-вашему безопасно ли применение ядерной энергетики?

- ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

6. Авария на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) им. В.И.Ленина затронула конкретно вас или ваших близких?

- ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

7. Бойтесь ли возможной утечки радиации из разрушенного реактора 4 энергоблока ЧАЭС

ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

8. Посещали ли вы после 1986 года Чернобыльскую зону отчуждения?

ДА НЕТ

9. Как вы думаете способ ликвидации ядерных отходов достаточно безопасен?

ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

10. Повлияют ли последствия взрыва 4 энергоблока Чернобыльской АЭС на будущие поколения?

ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

11. Имели ли вы или ваши близкие после взрыва 4 энергоблока Чернобыльской АЭС проблемы со здоровьем?

ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

12. Бойтесь ли вы использования ядерной энергии для изготовления оружия массового поражения?

ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

13. Если говорить о ядерной энергии, то, по вашему мнению в ней больше плюсов или минусов?

Плюсов Минусов НЕ ЗНАЮ

14. Вы лично за развитие ядерной энергетики?

ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

15. Как вы думаете, повлияла ли авария на Чернобыльской АЭС на развитие туризма в Украине?

ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

16. Ваш пол?

Женский Мужской

17. Сколько вам лет?

- 15-25 лет 25-35 лет 35-45 лет больше 45 лет

18. Если бы вы жили недалеко от АЭС, опасались бы ли за свою жизнь, здоровье, недвижимость?

- ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

19. Думаете ли вы, что ваша страна приняла необходимые меры для безопасной работы АЭС?

- ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

20. Думаете ли вы, что ядерные катастрофы влияют на экономическую ситуацию в данной стране, данной стране и ее окружении или только в локальной области загрязнения?

- В данной стране В данной стране и ее окружении В локальной области
- НЕ ЗНАЮ

21. Как далеко от Чернобыля живете вы или ваша семья?

- До 30 км До 50 км До 70 км 70 км и более

Спасибо за выполнение анкеты!

Příloha 3 - Dotazníkové šetření v českém jazyce

Tazatel: Peterková Karolína

Cílem dotazníkového šetření je zjistit názor široké veřejnosti na využití jaderné energetiky.

Výsledky průzkumu budou použity v bakalářské práci na téma Ekonomické a sociální dopady jaderných katastrof.

Vyberte prosím vždy jednu odpověď.

1. Je Vaše země členem mezinárodní organizace IAEA (International Atomic Energy Agency)?

Ano Ne Nevím

2. Máte nějaké povědomí o vnějších či vnitřních havarijních plánech Jaderné elektrárny ve Vašem okolí?

Ano Ne

3. Jste pro využití Jaderné energie nebo spíše pro využití energie uhlí, či paroplynu k výrobě elektřiny?

Jaderná energie Energie uhlí Paroplynová energie
 Nevím

4. Je Vaše země energeticky nezávislá?

Ano Ne Nevím

5. Je podle Vás využití jaderné energetiky bezpečné?

Ano Ne Nevím

6. Ovlivnila Vás nebo Vaše blízké havárie Černobylské jaderné elektrárny V.I. Lenina?

Ano Ne Nevím

7. Obáváte se možného úniku radiace ze zničeného reaktoru č.4 - Černobylské jaderné elektrárny (jež chrání ocelobetonová konstrukce)?
- Ano Ne Nevím
8. Navštívili jste po roce 1986 tzv. Černobylskou zakázanou zónu?
- Ano Ne
9. Je podle Vás způsob uložení jaderného odpadu dostatečně bezpečný?
- Ano Ne Nevím
10. Ovlivní podle Vás následky výbuchu reaktoru č.4 Černobylské jaderné elektrárny ještě příští generace?
- Ano Ne Nevím
11. Zažil/a jste Vy nebo Vaši blízcí zdravotní následky po výbuchu reaktoru č.4 Černobylské jaderné elektrárny?
- Ano Ne Nevím
12. Obáváte se využití jaderné energii k výrobě zbraní hromadného ničení?
- Ano Ne Nevím
13. Hovoříme-li o využití jaderné energetiky, převládají podle Vás spíše její výhody nebo nevýhody?
- Výhody Nevýhody Nevím
14. Jste Vy osobně pro rozvoj jaderné energetiky?
- Ano Ne Nevím
15. Ovlivnila podle Vás Černobylská havárie výrazně cestovní ruch na Ukrajině?
- Ano Ne Nevím
16. Jaké je Vaše pohlaví?
- Žena Muž
17. Jaká je Vaše věková kategorie?
- 15–25 let 25– 35let 35–45 let 45 a více let
18. Pokud byste bydleli v blízkosti jaderné elektrárny, obávali byste se o svůj život, zdraví, majetek?
- Ano Ne Nevím
19. Myslíte si, že Vaše země učinila dostatečná bezpečnostní opatření v oblasti zpracování palivového cyklu v jaderných elektrárnách?
- Ano Ne Nevím

20. Ovlivňují podle Vás jaderné havárie ekonomickou situaci v dané zemi, v dané zemi i jejím okolí, nebo jen lokální oblast zamoření?

V dané zemi V dané zemi a jejím okolí Lokální oblasti

Nevím

21. Jak daleko od Černobylu bydlíte Vy nebo Vaše rodina?

do 30 km do 50 km do 70 km 70 km a více

Děkuji Vám za Váš čas a vyplnění tohoto dotazníku.