



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Sciences

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

## Informovanost obyvatelstva Jihočeského kraje o havárii v jaderné elektrárně Fukušima

# BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program: [OCHRANA OBYVATELSTVA](#)

**Autor:** Tereza Třešničková

**Vedoucí práce:** Mgr. Renata Havránková, Ph.D.

České Budějovice 2020

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem **Informovanost obyvatelstva Jihočeského kraje o havárii v jaderné elektrárně Fukušima** jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

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

V Českých Budějovicích dne 2. 6. 2020

.....

*Tereza Třešničková*

### **Poděkování**

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Mgr. Renatě Havránkové, Ph.D., za odborné vedení, trpělivost, ochotu, a cenné připomínky při vypracování této práce. Dále bych ráda poděkovala všem zúčastněným na dotazníkovém šetření za jejich ochotu a čas, který strávili vyplňováním dotazníků, a tím mi umožnili výzkum uskutečnit.

# **Informovanost obyvatelstva Jihočeského kraje o havárii v jaderné elektrárně Fukušima**

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce je zpracována na téma informovanosti obyvatelstva Jihočeského kraje o havárii v jaderné elektrárně Fukušima.

Cílem práce je zjistit úroveň znalostí obyvatelstva o jaderné havárii a následně porovnat znalosti obyvatel žijících ve městech a obyvatel žijících v menších obcích. V rámci práce byly stanoveny dvě hypotézy: H1: Znalosti obyvatelstva Jihočeského kraje o havárii v jaderné elektrárně Fukušima budou dosahovat alespoň 70 % a H2: Informovanost obyvatelstva o havárii v jaderné elektrárně Fukušima žijícího ve městech bude statisticky významně vyšší než informovanost obyvatelstva žijícího v menších obcích.

K dosažení vymezených cílů a ověření hypotéz byl sestaven dotazník, proveden dotazníkový průzkum a následně pomocí metod deskriptivní a matematické statistiky vyhodnoceny výsledky. Předložený dotazník obsahoval 10 otázek. Výzkumný soubor tvořilo 55 obyvatel žijících ve městech a 54 obyvatel žijících v menších obcích. Z výsledků dotazníkového šetření vyplývá, že celková úspěšnost zodpovězených otázek byla 50 %, což lze považovat za průměrný výsledek. Obyvatelé žijící ve městech odpověděli na všechny otázky v 54 % správně a obyvatelé z menších obcí ve 46 % správně. Stanovených cílů bylo dosaženo. Obě hypotézy byly vyvráceny.

Přínosem bakalářské práce je především získaný přehled o stavu informovanosti obyvatel Jihočeského kraje o havárii v jaderné elektrárně Fukušima. Získané výsledky mohou být využity jako informační materiál.

## **Klíčová slova**

Fukušima; jaderná havárie; radioaktivita; Japonsko; jaderná elektrárna

# **Knowledge of population about nuclear disaster at Fukushima in South Bohemian region**

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the knowledge of population about nuclear disaster at Fukushima in South Bohemian region.

The goal is to determine the level of knowledge of population about the nuclear disaster and then compare the knowledge of people living in cities and people living in villages. In the thesis were set two hypotheses: H1: The knowledge of the population about nuclear disaster at Fukushima in South Bohemian region will reach at least 70 % and H2: The knowledge of the population living in cities about nuclear disaster at Fukushima will be statistically significantly higher than the knowledge of the population living in villages.

To achieve the stated goals and to test the hypotheses, a questionnaire was compiled, and a survey was made. The results of the survey were evaluated by methods of descriptive and mathematical statistics. The questionnaire consisted of 10 questions. The survey consisted of 55 people living in cities and 54 people living in villages. The results of the survey show that the overall percentage of correctly answered questions was 50 %, which can be considered as an average result. 54 % of people living in cities answered the questions correctly and people living in villages 46 % correctly. The set goals were achieved and both hypotheses were refuted.

The benefit of this bachelor thesis is to obtain a summary of knowledge of population about nuclear disaster at Fukushima in South Bohemian region. The results can be used like information material.

## **Key words**

Fukushima; nuclear disaster; radioactivity; Japan; nuclear power plant

## OBSAH

ÚVOD .....	8
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	9
1.1 Obecné pojmy .....	9
1.2 Biologické účinky ionizujícího záření .....	12
1.3 Jaderná elektrárna Fukušima.....	13
1.4 Zemětřesení v Japonsku .....	14
1.5 Havárie jaderné elektrárny Fukušima .....	15
1.5.1 Zemětřesení 11. března 2011 .....	15
1.5.2 Vlna tsunami .....	16
1.6 Havárie jaderné elektrárny Fukušima .....	17
1.7 Evakuace ve Fukušimě.....	19
1.8 Radioaktivní látky ve Fukušimě.....	20
1.8.1 Radioaktivní voda ve Fukušimě .....	21
1.8.2 Dekontaminace ve Fukušimě.....	22
1.9 Dopady havárie .....	23
1.9.1 Zdravotní ohrožení obyvatelstva .....	24
1.9.2 Sociální a psychologické dopady.....	25
1.9.3 Dopad na jadernou energetiku .....	26
2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY .....	29
2.1 Cíle práce .....	29
2.2 Hypotézy .....	29
3 METODIKA VÝZKUMU.....	30
3.1 Dotazníkové šetření.....	30
3.2 Statistické metody .....	30
4 VÝSLEDKY .....	34
4.1 Výsledky dotazníkového šetření .....	34

4.2	Parametrické testování – jednovýběrový t-test .....	45
4.3	Výsledky statistického šetření u obyvatel žijících ve městě .....	46
4.3.1	Škálování a měření.....	46
4.3.2	Elementární statistické zpracování .....	47
4.4	Výsledky statistického šetření u obyvatel žijících v menší obci.....	49
4.4.1	Škálování a měření.....	49
4.4.2	Elementární statistické zpracování .....	50
4.5	Parametrické testování – dvouvýběrový t-test .....	51
5	DISKUSE.....	53
5.1	Diskuse k jednotlivým otázkám .....	53
5.2	Diskuse ke statistickému šetření .....	56
6	ZÁVĚR .....	58
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	59
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	63
9	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK .....	64
10	SEZNAM PŘÍLOH.....	66

## ÚVOD

Havárie v jaderné elektrárně Fukušima se odehrála 11. března 2011. Byla zapříčiněna vlnou tsunami způsobenou mimořádně silným zemětřesením v Tichém oceánu v blízkosti japonského souostroví. Havárie byla ohodnocena nejvyšším možným stupněm 7 na Mezinárodní stupnici hodnocení jaderných událostí (INES). Po katastrofě v jaderné elektrárně Černobyl v roce 1986 se fukušimská havárie řadí mezi nejhorší jaderné události. Důsledkem havárie byla především kontaminace životního prostředí radioaktivním materiálem.

Hlavní roli při havárii hrál kromě přírodních živlů i lidský faktor. Při výstavbě byly podceněny ochranné prvky, jako například vlnolamy chránící elektrárnu před vysokými vlnami. Následkem havárie bylo prohloubení nedůvěry v jadernou energetiku. Řada států se rozhodla k plnému odstoupení od výroby jaderné energie. V samotném Japonsku havárie vedla ke zlepšení bezpečnostních standardů a opatření v oblasti jaderné energetiky.

Cílem bakalářské práce je zjistit úroveň znalostí obyvatelstva o jaderné havárii a porovnat znalosti obyvatel žijících ve městech a obyvatel žijících v menších obcích.

Práce je rozdělena na teoretickou a výzkumnou část. V teoretické části jsou uvedeny základní pojmy v oblasti ionizujícího záření, je zde popsána struktura elektrárny Fukušima, detailně charakterizována samotná havárie a její následky, a také dopady na japonskou i světovou jadernou energetiku. Ve výzkumné části byl za účelem dosažení stanoveného cíle mezi obyvateli Jihočeského kraje proveden dotazníkový průzkum, jehož výsledky byly vyhodnoceny pomocí metod deskriptivní a matematické statistiky.



# 1 TEORETICKÁ ČÁST

V úvodu teoretické části jsou uvedeny obecné pojmy týkající se tématu havárií jaderných elektráren a účinky ionizujícího záření na živé organismy. Dále jsou popsány příčiny havárie jaderné elektrárny ve Fukušimě, tedy zemětřesení a vlna tsunami. Další část se zabývá samotnou jadernou elektrárnou Fukušima, její strukturou a situací během a následně po havárii. V závěru teoretické části jsou charakterizovány zdravotní, sociální a energetické dopady havárie.

## 1.1 Obecné pojmy

Mezi základní pojmy v problematice havárií jaderných elektráren můžeme zařadit především radioaktivitu, dekontaminaci, evakuaci a Mezinárodní stupnici hodnocení závažnosti jaderných událostí.

**Radioaktivita** je vlastnost některých jader atomů samovolně se přeměňovat na jádra jiných izotopů nebo prvků a při tomto ději uvolňovat radioaktivní záření. Atomy, jejichž jádra se takto přeměňují, nazýváme nestabilní. Mohou se měnit opět na nestabilní atomy, tedy radionuklidy, nebo na již stabilní atomy. Cílem radioaktivní přeměny je dosažení stabilního atomu (Kusala, 2005; Havránková et al., 2018).

Množství radioaktivních atomů se při radioaktivní přeměně neustále zmenšuje. Pro definování rychlosti přeměny jader se používá pojem fyzikální poločas přeměny  $T_{1/2}$ , nebo také poločas rozpadu. Tento poločas charakterizuje dobu, za níž se rozpadne polovina původní hmotnosti radionuklidu (Havránková et al., 2018).

Kromě přirozené radioaktivity, kde se jádra rozpadají samovolně, existuje také radioaktivita umělá. Zde bývá přeměna jader vyvolána obvykle jadernou reakcí (Havránková et al., 2018).

**Dekontaminace** je soubor metod, prostředků a postupů k účinnému odstranění kontaminantů z příslušného povrchu nebo prostředí, případně snížení jejich škodlivých účinků na, předem stanovenou, bezpečnou úroveň. Nutnost provedení dekontaminace je dána tím, že v případě neodstranění kontaminantu působí dále nejen na kontaminovaný povrch, ale i na jeho bezprostřední okolí. Dekontaminace se dělí na několik druhů dle

druhu kontaminantu. Pro radioaktivní látky se užívá pojem dezaktivace (Kratochvílová, 2010).

V případě havárie jaderné elektrárny je dekontaminace významným opatřením proti následkům úniku radioaktivních látek, jejímž cílem je snížení zdravotnických a nenávratných ztrát na životech a vytváření podmínek pro obnovu normálního života v kontaminované oblasti (Kratochvílová, 2010).

## **Evakuace**

Podle vyhlášky Ministerstva vnitra č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva § 12 *se evakuací zabezpečuje přemístění osob, zvířat, předmětů kulturní hodnoty, technického zařízení, případně strojů a materiálů k zachování nutné výroby a nebezpečných látek z míst ohrožených mimořádnou událostí.*

Evakuace se dá rozdělit podle různých kritérií na několik druhů. Při mimořádné události pak mohou nastat jejich různé kombinace s ohledem na charakter situace.

Podle rozsahu se evakuace dělí na:

- evakuaci objektovou – evakuuje se obyvatelstvo jedné nebo malý počet více obytných budov, administrativních či technologických budov, nebo jiných provozů;
- evakuaci plošnou – zahrnuje evakuaci části či celého většího obydleného územního celku.

Z hlediska doby trvání evakuaci dělíme na:

- evakuaci krátkodobou – ohrožení mimořádnou událostí nevyžaduje dlouhodobé opuštění domova; není nutné zajišťovat pro evakuované náhradní ubytování; opatření k zajištění nouzového přežití jsou prováděna maximálně v omezeném rozsahu;
- evakuaci dlouhodobou – ohrožení vyžaduje delší než 24hodinové opuštění domova; obyvatelstvu, které nemá možnost ubytování mimo evakuační zónu, je zajišťováno náhradní ubytování; stejně tak jsou prováděna opatření k nouzovému přežití.

Dle prováděného předchozího ukrytí se evakuace dělí na:

- evakuaci přímou – bez předchozího ukrytí osob;
- evakuaci s ukrytím – s předchozí ukrytí osob; je provedena po snížení stupně ohrožení.

Podle způsobu realizace dělíme evakuaci na (Portál krizového řízení JmK, 2018):

- evakuaci samovolnou – obyvatelstvo jedná dle vlastního uvážení; před nebezpečím většinou odjíždí vlastním vozidlem; této situaci nelze zabránit, je však nutné vyvinout maximální úsilí k získání kontroly nad jejím průběhem;
- evakuaci řízenou – evakuace je řízena příslušnými orgány; většinou jsou zařízeny prostředky hromadné přepravy

**Mezinárodní stupnice hodnocení jaderných událostí (INES)** z anglického The International Nuclear Event Scale je využívána pro zhodnocení událostí spojených s radioaktivním materiálem nebo radiací. Je platná od roku 1990 ve více než šedesáti zemích světa. Hlavním cílem stupnice je celkové zjednodušení komunikace a také informování veřejnosti. Podle závažnosti událostí se rozlišují čtyři stupně radiačních havárií, tři stupně radiačních nehod, přičemž stupeň č. 1 je nazván anomálie a stupeň č. 0, který zahrnuje pouze odchylky (obr. 1). Zpočátku využívání byla stupnice aplikována pouze v jaderných elektrárnách. Následně byla upravena pro použití ve všech zařízeních patřících do jaderného průmyslu nebo pracujících se zdroji ionizujícího záření. Také může být případně využita při událostech spojených s dopravou, skladováním a použitím radioaktivních látek (Filipová et al., 2016).

<b>7</b> <b>VELMI TĚŽKÁ HAVÁRIE</b>
<b>6</b> <b>TĚŽKÁ HAVÁRIE</b>
<b>5</b> <b>HAVÁRIE S RIZIKEM VNĚ ZAŘÍZENÍ</b>
<b>4</b> <b>HAVÁRIE BEZ RIZIKA VNĚ ZAŘÍZENÍ</b>
<b>3</b> <b>VÁŽNÁ NEHODA</b>
<b>2</b> <b>NEHODA</b>
<b>1</b> <b>ANOMÁLIE</b>
<b>0</b> <b>ODCHYLKA</b>

Obr. 1: Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí (SUJB, b.r.d)

## 1.2 *Biologické účinky ionizujícího záření*

Ionizující záření působí v živém organismu na buněčné a molekulární úrovni. Následkem může být negativní vliv na tkáně, orgány i celý organismus. Při působení záření na buňku se rozlišují tři stádia: fyzikální, fyzikálně chemické a chemické. Dále se z hlediska toho, zda se biologické účinky projeví na ozářeném jedinci nebo na jeho potomstvu rozdělují účinky na somatické a genetické. V obou těchto případech se ještě může jednat o účinky stochastické či deterministické (Navrátil a kol., 2011).

K výskytu **stochastických účinků** dochází až po poměrně dlouhé době od ozáření. Objevují se s určitou pravděpodobností úměrnou ozáření. Následkem mohou být různé formy rakoviny, nebo se důsledek může projevit určitou genetickou změnou v příštích generacích (Navrátil a kol., 2011).

Vznik **deterministických účinků** je podmíněn překročením určité prahové dávky, a současně s rostoucí dávkou se zvyšuje i závažnost poškození. Účinky se vždy projeví na konkrétní ozářené osobě. Deterministické účinky jsou považovány za tkáňovou reakci na ozáření. V závislosti na dávce ozáření rozlišujeme několik klinických projevů: akutní nemoc z ozáření, akutní poškození kůže, pokles fertility a účinek na plod (Navrátil a kol., 2011).

**Akutní nemoc z ozáření** (ANO) nebo také akutní postradiační syndrom se rozvine po jednorázovém ozáření celého těla dávkou vyšší než 1 Gy. Průběh ANO lze rozdělit do čtyř fází. V první, **prodromální** fázi se objeví všeobecné neurčité příznaky, mezi které patří například nevolnost a zvracení. Druhá fáze je **latentní**. Tato fáze může trvat až dva týdny a vyznačuje se tím, že je prakticky bez jakýchkoliv příznaků. V **manifestní** fázi dojde k plnému rozvinutí vlastního onemocnění. Poslední fází je **rekonvalescence**, která ale při ozáření vysokou dávkou nemusí nastat a místo toho ozářený umírá (SUJB, b.r.c).

V závislosti na stupni ozáření se rozlišují tři formy ANO. **Krevní (hematologická) forma** vzniká po ozáření od 1 do 10 Gy. V manifestní fázi se vyznačuje především sepsí a krvácením z dásní a do kůže. Po šesti až osmi týdnech může pomalu docházet k uzdravování. Pokud není včas zahájena léčba, dochází kolem dvacátého až třicátého dne ke smrti. **Střevní (gastrointestinální) forma** se objevuje při dávkách vyšší než 10 Gy. Je charakterizována krvavými průjmy, dehydratací organismu a nedostatkem minerálních látek. Může dojít i k proděravění střev. Po dávce v úrovni několika desítek Gy proběhne u ozářeného **nervová forma** ANO. V tomto případě se ihned po ozáření

objeví zmatenost, porucha koordinace pohybů, křeče svalstva a bezvědomí. Smrt nastane do několika hodin či dnů (SUJB, b.r.c).

### **1.3 Jaderná elektrárna Fukušima**

Cílem japonské vlády v 60. letech 20. století, kdy byl vytvořen první projekt na jadernou elektrárnu (JE) Fukušima, bylo vytvoření bezpečné jaderné elektrárny. Jejím majitelem a provozovatelem je Tokijská elektrárenská společnost TEPCO, která pokrývá třetinu energetického trhu Japonska. První blok jaderné elektrárny Fukušima na japonském ostrově Honšú byl spuštěn v roce 1971. Jeho výkon dosahoval 439 MWe a jedná se o tzv. „varný reaktor“ BWR (Boiling Water Reactor), který je technicky odlišný od „tlakovodního reaktoru“ PWR (Pressurized Water Reactor), resp. VVER, tedy označení koncepčně stejného reaktoru v zemích bývalého východního bloku. Typ reaktoru VVER je instalován i v JE Temelín (Elektro, 2008; Nejedlý, 2011; Tokio Electric Power Company Holdings, 2017).

Jaderná elektrárna Fukušima se skládá ze dvou hlavních částí, Daiichi a Daiini, jež jsou od sebe vzdáleny 13 km. Daiini, také označována jako Fukušima II. byla tvořena 4 bloky a její celkový výkon dosahoval 4,4 GW. Část jaderné elektrárny Fukušima Daiichi byla tvořena šesti varnými reaktory. První z nich byl typu BWR-3 o výkonu 460 Mwe spuštěný v roce 1971. Další čtyři byly typu BWR-4 s výkonem 784 Mwe a uvedeny do provozu byly v letech 1974 až 1978. Poslední byl typu BWR-5 o výkonu 1 100 Mwe a spuštěn byl roku 1979. V době zemětřesení a následné vlny tsunami byly v provozu první tři reaktory (obr. 2) (Nazeleno, 2011).



Obr. 2: Jaderný komplex Fukušima I. po zemětřesení a vlně tsunami (Ministerstvo vnitra ČR, 2005)

#### 1.4 Zemětřesení v Japonsku

Oblast Japonského souostroví leží na střetu dvou tektonických desek, oceánské Pacifické a kontinentální, tvořenou ostrovem Honšú. V místě hranic desek na sebe mohou narážet a podsouvat se jedna pod druhou. Nedaleko Japonska se oceánská deska podsouvá pod desku kontinentální, a právě to je důvodem častých zemětřesení v oblasti Japonska. Rychlost pohybu desek může být v řádu i několika cm za rok (Wagner, 2015b).

Veškerá japonská zařízení pracující s jadernou energetikou musí být stavěna tak, aby byla zabezpečena před únikem radioaktivních látek při případném zemětřesení. Jelikož Japonsko leží na střetu dvou tektonických desek, výskyt silných zemětřesení zde není nijak neobvyklý. Před zemětřesením v Tóhoku, jež vedlo k havárii ve Fukušimě, se odehrálo již několik obdobných situací, které prověřily zabezpečení jaderných elektráren. Nejsilnější otřesy zasáhly v červenci roku 2007 největší japonskou jadernou elektrárnu Kašiwazaki-Kariwa, pracující se sedmi reaktory. Epicentrum zemětřesení se nacházelo 16 kilometrů severně od elektrárny, a jeho velikost dosáhla momentového magnituda 6,8. V době vzniku zemětřesení byly v provozu čtyři reaktory, jež jejich bezpečnostní systém ihned po zaznamenání zemětřesení odstavil z provozu. Samy reaktory zemětřesení přečkaly v pořádku, největší škody způsobil požár transformátoru u třetího bloku. Co se týče radiačního úniku, bylo zaznamenáno jen malé množství vyteklé vody z bazénu, kde

se skladovalo vyhořelé palivo. Avšak aktivita vody v bazénu byla velmi nízko pod hodnotou, která by představovala nebezpečí. V návaznosti na tuto havárii byly vypracovány studie odborníků z Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA). Experti nařídili detailní průzkum pevniny i oceánského dna, aby byly zjištěny možné důsledky větší seismické aktivity. Na základě poznatků poté byla nařízena opatření, která by zajistila nepřekročení limitů při případných větších zemětřeseních (Wagner, 2015b).

## 1.5 Havárie jaderné elektrárny Fukušima

Havárie jaderné elektrárny ve Fukušimě byla způsobena přírodními vlivy. Zapříčinilo ji silné zemětřesení a následná vlna tsunami.

### 1.5.1 Zemětřesení 11. března 2011

Severovýchodní Japonsko, tedy přesněji oblast regionu Tóhoku, zasáhlo 11. března 2011 ve 14:46 hodin místního času největší zaznamenané zemětřesení v zemi a páté největší zemětřesení na světě. Po hlavním a největším otřesu, jehož velikost dosáhla momentového magnituda 9,0, což přibližně odpovídá stupni 9 na Richterově stupnici, následoval velký počet menších otřesů přesahujících magnitudo 7. Jednalo se o podmořské zemětřesení, jehož hypocentrum se nacházelo přibližně 70 km na východ od poloostrova Ošika, v hloubce 10–30 km (obr. 3).



Obr. 3: Poloha epicentra zemětřesení (Ministerstvo vnitra ČR, 2005)

Výjimečné toto zemětřesení nebylo jen kvůli své síle, ale i v ohledu celoplanetárních dopadů. Délka dne se zkrátila o zhruba jednu  $\mu$ s, póly se posunuly o 16 cm, celý ostrov Honšú se posunul o 2,4 m směrem na východ a část pevniny Japonska nejbližší epicentru poklesla o 0,6 m.

Japonsko je na tyto události připraveno a například budovy jsou stavěny velmi odolně. Zemětřesení, a tedy spíše následující vlna tsunami, kterou zemětřesení vyvolalo, mělo největší dopad na čtyři jaderné elektrárny v postižené oblasti, jejichž reaktory byly okamžitě automaticky odstaveny, a to (SUJB, 2012; Wagner, 2015b):

- Onagawa – dochlazeno 12. března;
- Tokai – dochlazeno 15. března;
- Fukušima 2/Daiini – dochlazeno 15. března;
- Fukušima/Daiichi

### 1.5.2 Vlna tsunami

Po necelé hodině od zemětřesení zasáhla severovýchodní pobřeží Japonska první vlna tsunami. Maximální výšky dosahovala na několika místech 38 m, a dostávala se do hloubky přes 10 km do vnitrozemí. Velikost vln a množství vody bylo pro většinu obyvatel i odborníků překvapující, a tsunami tak řadíme mezi největší celosvětově zaznamenané. Vlny tsunami měly za následek vysoký počet obětí, rozsáhlé škody na majetku, a především poškození a následnou havárii Jaderné elektrárny Fukušima I (Wagner, 2015b).

Tato vlna tsunami není první, která oblast Japonska zasáhla. Japonci proto svá pobřežní města chrání systémem vlnolamů, které mají případné vlny zastavit. Navíc mají vybudované úkryty ve vyšších polohách, které by měly obyvatelstvu při podobných událostech bezpečně sloužit. Umístění těchto úkrytů se však v březnu roku 2011 ukázalo jako nedostačující, jelikož spousta lidí zahynulo právě v místech, která byla považována za zabezpečená (Wagner, 2015b).

Co se počtu obětí týče, tak i v tomto ohledu se dá tsunami považovat za nejničivější v dějinách. Přestože bylo již v minulosti investováno do vlnolamů a ochranných hrází, ničivou vlnu v roce 2011 neměly šanci zastavit. Hráze byly dokonce na spoustě míst zničeny.



Vlna tsunami zasáhla 20 prefektur, z nichž nejvíce poškozenou byla prefektura Mijagi. Prefektura Fukušima, v níž se nachází jaderná elektrárna, byla s ohledem na počet obětí třetí nejpostiženější. V souvislosti s počtem zničených budov se řadí na druhé místo. Ke ztrátám na životech docházelo dokonce i ve speciálně vybudovaných úkrytech, která měla být proti tsunami dostatečně zabezpečena (Wagner, 2015b).

Japonsko přisoudilo katastrofě i 1 331 tzv. nepřímých obětí, většinou starých a nemocných lidí, kteří zahynuli kvůli zhoršení životních podmínek a zdravotní péče. Celkově tak v důsledku zemětřesení a tsunami zemřelo téměř 20 000 lidí. Další obyvatelstvo přišlo o střechu nad hlavou, jelikož bylo zničeno necelých 46 000 budov a přes 144 000 poškozeno. Velký negativní vliv mělo tsunami i na rybolov, jelikož bylo poničeno 319 rybářských přístavů, které tvořily zhruba 10 % z celkového počtu v Japonsku. Materiální škody byly odhadnuty na 200 miliard dolarů (Wagner, 2015b).

### ***1.6 Havárie jaderné elektrárny Fukušima***

V době vzniku zemětřesení a následné vlny tsunami, tedy 11. března 2011 bylo v provozu v postižené oblasti 11 bloků jaderných elektráren. V okamžiku prvních otřesů byly všechny tyto reaktory automaticky odstaveny. Současně v jaderné elektrárně Fukušima Daiichi došlo automaticky k nastartování čtrnácti záložních dieselagregátů, v důsledku výpadku elektrické sítě. Dieselagregáty zajišťovaly také havarijní chlazení reaktorů. Po necelé hodině však elektrárnu zasáhly dvě po sobě jdoucí vlny tsunami. Druhá přesáhla výšku pěti metrů, což byla maximální výška, se kterou se počítalo při budování ochranných vlnolamů. Tsunami vyřadilo záložní dieselagregáty z provozu a s nimi i čerpadla na mořskou vodu, kterou byly reaktory chlazeny. Jediným zdrojem elektrické energie, byly baterie nouzového napájení, jejichž kapacita ale byla pouze několik hodin. Předpokládá se, že již hodinu po výpadku chlazení došlo na prvním bloku k tavení paliva, jehož část se s největší pravděpodobností dostala do spodní části reaktorové nádoby. Chlazení bylo dále, avšak nedostatečně zajišťováno náhradními systémy, resp. přes havarijní kondenzátor na 1. bloku, jelikož přirozená cirkulace vody, kterou kondenzátor zajišťoval z kondenzované páry, nevyžaduje pohon čerpadlem. Dále bylo zajišťováno havarijním chlazením poháněným párou z turbíny. Vlna tsunami také v místech, kde zaplavila prostor s dieselovými agregáty, zabila dva pracovníky, jejichž

těla byla nalezena až po několika dnech. Tito dva zaměstnanci byly jediné oběti této havárie v elektrárně (Klub Praha 7, 2011; Wagner 2015b; SUJB, b.r.a).

V tento den byl japonskou vládou také vyhlášen stav pohotovosti, a zároveň vláda vydala prohlášení, že nedošlo k žádnému radiačnímu úniku. V rámci bezpečnostních opatření byla v odpoledních hodinách vyhlášena evakuace obyvatel žijících do 2 km v okolí. Později večer byl tento příkaz prodloužen předsedou vlády na 3 km (Klub Praha 7, 2011; Wagner 2015b; SUJB, b.r.a).

Následující den v ranních hodinách docházelo k vzrůstu tlaku v primárním kontejnmentu a následně ke ztrátě funkce regulace tlaku na blocích 1 a 2. Byl otevřen přepouštěcí ventil tlakové nádoby reaktoru prvního bloku. Protože ale tlak stále rostl, bylo nařízeno otevření přepouštěcího ventilu primárního kontejnmentu, aby nebyl poškozen. I přes všechna tato opatření na prvním bloku stále docházelo k vysokému nárůstu tlaku v primárním kontejnmentu a bylo zahájeno jeho odvětrávání. V odpoledních hodinách však došlo k náhlé explozi vodíku. Vodík vznikl v důsledku reakce vody a zirkoniového povlaku na palivových proutcích. Výbuch zničil horní část reaktorové budovy a odlétající trosky poškodily také požární hadice, které zajišťovaly dodání mořské vody pro chlazení prvního reaktoru. Zaměstnanci se i přes zvýšené množství unikající radioaktivity museli pustit do oprav, které byly kolem 7. hodiny večerní dokončeny, a opět mohla být do reaktoru čerpána mořská voda. Předseda vlády nařídil prodloužit evakuované pásmo na 10 km a následně jej opět prodloužil na 20 km (SUJB, 2012; World Nuclear Association, 2020).

V ranních hodinách 13. března opět došlo k selhání dodávek mořské vody, tentokrát k chlazení aktivní zóny 3. bloku. Byl tedy otevřen přepouštěcí ventil tlakové nádoby reaktoru, a následně do něj začala být vstříkována mořská voda s kyselinou boritou, která v reaktoru normálně funguje jako tzv. absorbátor, jež může regulovat, či dokonce zastavit štěpnou reakci (Klub Praha 7, 2011; Svět energie, 2016).

Tlak v primárním kontejnmentu třetího bloku přesáhl kritickou hodnotu následující den. Také na tomto bloku došlo kolem 11. hodiny dopolední k výbuchu nahromaděného vodíku. Exploze strhla střechu a část stěn v horní části třetího bloku. Trosky, později nalezené v okolí třetího bloku, byly velmi radioaktivní. Radiační situace se výrazně zhoršila také ve společném velínu třetího a čtvrtého bloku, a vláda tedy přistoupila ke

zvýšení povoleného limitu pro pracovníky ze 100 mSv na 250 mSv (Wagner, 2015b; World Nuclear Association, 2020).

K dalšímu výbuchu došlo 15. března ráno na odstaveném čtvrtém bloku elektrárny. Zároveň s výbuchem došlo ke vzniku požáru v budově reaktoru, který byl uhašen po 12. hodině. V okolí třetího bloku byla naměřena vysoká úroveň radiace – 400 mSv, a předseda vlády nařídil zákaz vycházení z domů v okolí 30 km. Tento den byla také kompletně dokončena evakuace obyvatel v zóně do 20 km od elektrárny (Klub Praha 7, 2011; Wagner, 2015b).

V následujících dnech a týdnech po havárii bylo intenzivně pracováno na ustálení situace v elektrárně a jejím okolí. Šlo především o obnovu dodávek elektrické energie a zajištění stabilního chlazení reaktorů. Cirkulační chlazení elektrárny bylo plně obnoveno v červnu 2011. Pátý a šestý blok elektrárny, které v době události byly odstaveny a po havárii zůstaly nepoškozeny, obsahovaly palivo, které se podařilo zchladit a bez problémů odstavit již 20. března. Podle zprávy Světové zdravotnické organizace z června roku 2011 byla situace v elektrárně po několika měsících stabilizována. Přesto dále probíhalo chlazení poškozených reaktorů č. 1, 2 a 3 a do bazénů s vyhořelým palivem u reaktorů 1, 3 a 4 byla stále čerpána voda. 16. prosince 2011 bylo oznámeno úspěšné studené odstavení všech poškozených reaktorů (Juranová et al., 2012).

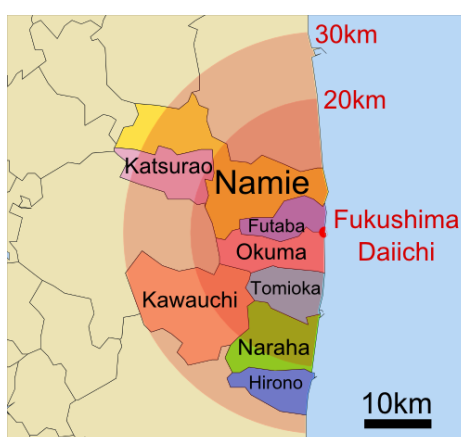
### ***1.7 Evakuace ve Fukušimě***

Během prvních několika hodin po havárii bylo evakuováno obyvatelstvo z okolí 3 km od elektrárny. Následující den byla evakuační zóna rozšířena na 20 km. Po výbuchu 15. března v reaktorové budově čtvrtého bloku bylo obyvatelům v oblasti do 30 km od elektrárny nařízeno nevycházet z domovů. Evakuace se týkala více než 150 000 obyvatel prefektury Fukušima (100+1 Zahraniční zajímavost, 2018).

Problémem v realizaci evakuace byla nedostatečná informovanost obyvatelstva i záchranných složek. Někteří občané byli dokonce několikrát přesouváni z důvodu evakuování do špatných míst, kde kolikrát množství radiace překračovalo jejich původní bydliště. Důsledkem byl často vysoký stres pro evakuované obyvatelstvo. Cca 30 tisíc lidí, kteří neměli po bleskově rychlé evakuaci kam jít, byli nouzově ubytováni v narychlo postavených ubytovnách, ve kterých nebyly vyhovující životní podmínky. Všechny tyto

důvody se projevily nejen na psychickém zdraví, ale i na celkovém zdravotním stavu. Údajně vlivem těchto stresových evakuací zemřelo přes 1 600 obyvatel, z nichž velkou část tvořili pacienti místních nemocnic, jež museli být evakuováni bez ohledu na vážnost jejich stavu (iDNES, 2014; Wagner, 2015b).

Měsíc po havárii nebyla evakuovaná zóna absolutně uzavřena. Obyvatelé se tedy směli do svých domovů vracet pro osobní věci. V dubnu roku 2011 ale japonská vláda zcela uzavřela dvacetikilometrový okruh kolem elektrárny. Po dvou letech, tedy v roce 2013, byla evakuovaná oblast rozdělena na tři části podle stupně zasažení radioaktivními látkami (obr. 4), a začal se připravovat návrat obyvatel alespoň do části z nich (Enviweb, 2011; Wagner, 2015b).



Obr. 4: Evakuační zóny (Wikimedia Commons, 2011)

V současnosti se s probíhající dekontaminací postupně zmenšuje oblast nevhodná k obývání. Japonsko chce tedy pomalu dostávat evakuované obyvatelstvo zpět do jejich domovů. V dubnu roku 2019, tedy 8 let po havárii, zrušila japonská vláda evakuační příkaz pro část města Okuma, ležící asi 10 km od elektrárny (Oenergetice, 2019).

### 1.8 Radioaktivní látky ve Fukušimě

Hlavní radioaktivní složkou unikající z elektrárny bylo  $Cs^{137}$ , jehož poločas přeměny je 30 let. Cesium bylo zamořena plocha o rozloze 30 000 km<sup>2</sup>, což se rovná zhruba 8 % rozlohy celého Japonska (Atominfo, 2019).

Z krátkodobějšího hlediska byla závažná přítomnost radionuklidů  $I^{131}$ , jehož poločas rozpadu je 8 dní. Radioaktivní jod v případě vdechnutí či požití přejde do lidského organismu. V organismu se primárně ukládá ve štítné žláze, kde se hromadí a může vést k jejímu poškození. Může hrozit i vznik pozdních nádorových onemocnění (Wagner, 2011; SUJB, b.r.b).

### 1.8.1 Radioaktivní voda ve Fukušimě

Prvotním zdrojem vody v elektrárně byla nejprve ta, která se do ní dostala při vlně tsunami a neodtekla zpátky do moře, a poté byla kontaminována radioaktivními látkami. Dalším zdrojem byla mořská či technická voda využívaná k chlazení reaktorů během prvních týdnů po havárii. Většina této vody byla odčerpána, zbavena nečistot a částečně dekontaminována od radioaktivního cesia. Poté byla uskladněna v nádržích. Posledním zdrojem vody v areálu byla voda podzemní, která do elektrárny pronikla z vnitrozemí. Pokud se dostala do silně kontaminovaných částí budovy, stala se radioaktivní. Do elektrárny pronikalo několik set tun vody denně. Tato voda byla odčerpávána a také uskladňována v nádržích, jejichž počet logicky narůstal. Nedlouho po zveřejnění těchto informací se v tisku objevily informace, že velké množství této kontaminované vody z areálu uniká do moře. Společnost TEPCO uvedla, že neexistují jednoznačné důkazy úniků, ale možnost nepopřela. Nicméně množství uniklé vody, které popisovala média, nebyl pravdivý. Část vody v elektrárně se například vůbec nedostane do styku s kontaminovanými místy, tudíž není radioaktivní (Wagner, 2013a).

Existovala dvě opatření, která měla problém s narůstajícím počtem nádrží s vodou řešit. Prvním z nich bylo využití vrtů, které by podzemní vodu odčerpávaly ještě předtím, než se dostane do silně kontaminovaných částí areálu. Takto odčerpána voda by se poté vypouštěla do moře. Druhým opatřením byla co nejefektivnější dekontaminace radioaktivní vody a její následné vypouštění, opět do moře. Jediná radioaktivní látka, která po těchto procesech ve vodě zůstávala, bylo tritium, tedy těžký izotop vodíku, které se nedá od lehčích izotopů vodíku oddělit. Avšak tritium je přirozenou součástí životního prostředí i vody. Vzniká v interakci kosmického záření v atmosféře. Pokud se tedy zajistí znatelné nenavýšení koncentrace tritia v dekontaminované vodě, lze jí bez obtíží vypustit do životního prostředí (Wagner, 2013b).

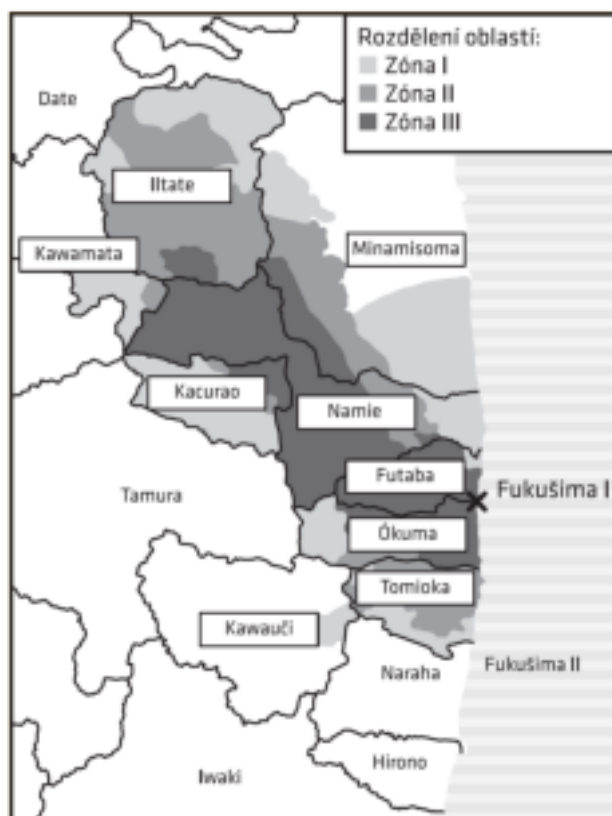
### 1.8.2 Dekontaminace ve Fukušimě

Pro zamezení úniku radioaktivních látek z poškozené elektrárny se začalo s dekontaminací okolí. Dekontaminační práce byly postupně rozšiřovány (Wagner, 2015b).

Jako problematická se jeví dekontaminace silně zasažených oblastí, tedy těch, kde celoroční dávka překračuje 50 mSv. Tato problematika se týká především čtyř nejvíce zasažených měst: Tomioka, Ókuma, Futaba a Namie. Japonská vláda pro tyto města vytvořila speciální postup dekontaminačních prací. Byla odstraněna svrchní vrstva zeminy a povrchy byly čištěny silným proudem vody. Použitou vodu bylo třeba vyčistit a radioaktivní odpad uložit v dočasném úložišti. Budovy, které byly silně zasaženy radiací, byly určeny k demolici. V neposlední řadě se také vytvářely nové povrchy silnic a chodníků (Wagner, 2015b).

Prvotním cílem byla dekontaminace školských zařízení. Do konce srpna roku 2011 bylo v prefektuře Fukušima dekontaminováno všech 202 škol. Do konce roku byly vyčištěny městské parky, a do května roku 2012 pole a sady. Pomocí silného proudu vody se myly fasády a střechy domů, čistily se povrchy dřevin a v městských částech byla odstraněna část půdy. Dekontaminována byla také kanalizace. Radioaktivní odpad, nahromaděný během dekontaminace byl shromažďován v přechodném úložišti a časem se pro něj předpokládá úložiště trvalé (Wagner, 2015b).

Celkem se dekontaminace po havárii jaderné elektrárny Fukušima týkala 58 měst a vesnic v sedmi prefekturách. Tato prvotní fáze dekontaminace byla dokončena v roce 2013 a byla shledána za relativně úspěšnou. Měření ukázalo, že v místech, kde se pohybují děti, byl dávkový příkon snížen o 64 % a u prostor, kde se vyskytují spíše dospělí o zhruba 60 %. V srpnu 2013 byly čisticí práce rozšířeny i mimo obývané oblasti, a také se znovu dekontaminovaly části, které byly již čištěny, ale zamoření se sem dostalo spadem z okolních oblastí. Zasažené oblasti byly rozděleny do tří zón podle stupně kontaminace (obr. 5). V roce 2017 byla kompletně dokončena dekontaminace zón I. a II., v nejsilněji zamořené III. oblasti se dokončení dekontaminačních prací předpokládá do roku 2022 (Wagner, 2015a; Wagner, 2015b).



Obr. 5: Mapa zasažených území a rozčlenění dle kontaminace (Wagner, 2015a)

### 1.9 Dopady havárie

V celkovém součtu došlo k nevelkému úniku radioaktivních látek. Veškeré palivo zůstalo uvnitř kontejnmentu a jediné těkavější složky štěpných produktů unikly. Avšak ještě před únikem těchto látek bylo evakuováno obyvatelstvo do 20 km od elektrárny. Dále probíhala evakuace podle dozimetrické situace v určitých oblastech. Takto individuálně byla evakuována například vesnice Iitate nebo sídelní celek Date. Velká část obyvatel opustila své domovy na základě vlastního rozhodnutí (Wagner, 2015b).

Do roku 2014 byly vypracovány plány postupu ve všech zasažených oblastech, a především došlo k rozhodnutí, do kterých oblastí bude možné se v blízké době vrátit a kam nebude návrat možný ani v delším časovém horizontu. Obyvatelé tím pádem alespoň věděli, zda mohou počítat s návratem do svých domovů či nikoliv. Zásadní výhodou pro řešení situace po havárii bylo rozhodně včasné zahájení evakuace obyvatelstva a zároveň informování příslušných institucí. Bylo tedy okamžitě zahájeno sledování kontaminace vody a potravin. Podařilo se tedy zamezit rozsáhlejšímu průniku radioaktivních látek do potravinového řetězce (Wagner, 2015b).

Japonská vláda se ihned po havárii snažila provést dekontaminaci co nejrychleji a nejefektivněji, jelikož Japonsko nemá dostatek volných ploch vhodných pro nová sídla a zemědělství. Tempo prací v prvních letech po havárii tuto snahu potvrdilo (Wagner, 2015b).

### **1.9.1 Zdravotní ohrožení obyvatelstva**

Z důvodu brzké evakuace a informování příslušných státních orgánů se v Japonsku podařilo snížit zdravotní následky radiace na minimum. Přesto je však důležité stálé dozimetrické sledování obyvatel, kontrola jejich zdravotního stavu a také co nejvyšší informovanost (Wagner, 2015b).

#### **Dozimetrické sledování**

Po havárii byl jeden z nejdůležitějších faktorů stálé dozimetrické sledování obyvatelstva. V první řadě byla sledována vnější kontaminace, a to osobními dozimetry. Neméně důležité bylo sledování kontaminace vnitřní, především pomocí vyšetření celotělovým počítačem nebo analýzou moči. První velké dozimetrické sledování po havárii ve Fukušimě bylo provedeno v druhé polovině roku 2011. V analýze bylo testováno obyvatelstvo z nejvíce zasažených oblastí, například z vesnice Iitate a města Kawamata. Tyto oblasti jsou od elektrárny vzdáleny mezi 10 až 50 km. Celkově bylo testováno 1 727 lidí, z nichž dávku vyšší než 10 mSv obdrželo pouze devět. Pro srovnání, přírodní radioaktivní zdroje způsobují průměrné celosvětové ozáření osob 2,4 mSv za rok, v ČR jsou to 3 mSv. Ze jmenovaných devíti osob, pět pracovalo v elektrárně, a nejvyšší naměřená dávka u nich byla 37 mSv (Fakultní nemocnice v Motole, 2012; Wagner, 2015b).

Ve stejné době bylo provedeno měření množství radioaktivního cesia u dětí předškolního věku. Testováno bylo 1 500 dětí, a u zhruba 7 % z nich byl radioaktivní izotop potvrzen. Byl ovšem přítomen ve velmi malém množství, přičemž při opakovaných měřeních pozitivní nález stále klesal (Wagner, 2015b).

V pozdějších měsících od havárie byla měření stále přesnější, jelikož velké množství obyvatel dostalo pro kontrolu osobní dozimetry. Během následujících let stále probíhaly rozsáhlé studie a dozimetrická měření. Pozitivním ukazatelem byla stále klesající úroveň kontaminace Cs<sup>137</sup>. Dále bylo sledováno radiační zamoření potravin. Z naměřených



hodnot se ukazuje, že dávky radioaktivity stále významně klesají, a časem budou srovnatelné s přirozeným radioaktivním pozadím a jejich zdravotní následky nízké (Wagner, 2015b).

### **Vliv radioaktivního jódu na štítnou žlázu**

Po havárii ve Fukušimě představoval možný nárůst rakoviny štítné žlázy v důsledku kontaminace radioaktivním  $I^{131}$  největší nebezpečí. Jelikož je jód vychytáván a ukládán přímo ve štítné žláze, dochází po vystavení osoby radiaci k poměrně vysokému ozáření. Toto ozáření může způsobit změny ve tkáni štítné žlázy, a po určité době může vést až k nádorovému onemocnění. Ve Fukušimě se včasnou evakuací podařilo vyšší dávce a kontaminaci potravin  $I^{131}$  vyhnout, přesto je důležité sledovat stav štítné žlázy u obyvatel (Wagner, 2015b; SUJB, b.r.b).

Bezprostředně po havárii byl zaveden postup kontroly štítné žlázy u obyvatel. Mezi tato opatření patřilo provedení ultrazvuku štítné žlázy, celková zdravotní prohlídka a přehled duševního zdraví a životního stylu. K nejrozsáhlejší studii patří vyšetření štítné žlázy u přibližně 360 000 obyvatel z Fukušimy, kterým bylo v době havárie méně než 18 let. V případě podezřelého nálezu se prováděla nová, podrobnější analýza, z důvodu možného výskytu rakoviny štítné žlázy. V této skupině testovaných se u 43 % objevily malé bulky, ovšem podobných hodnot dosahovaly i skupiny pocházející z nezasažených oblastí. Bylo tedy potvrzeno, že tyto velmi malé bulky jsou normálním stavem a nesouvisely s radiací pocházející z havárie ve Fukušimě. Stav štítné žlázy je však nutné dále průběžně sledovat (Yamashita, 2013; Wagner, 2015b).

### **1.9.2 Sociální a psychologické dopady**

Jakákoliv krizová situace do jisté míry zasáhne každého člověka. Existuje široká škála pocitů, které se mohou u jednotlivce objevit. Někteří pociťují strach a úzkost, jiní otupělost či ochromení. Ve Fukušimě se obyvatelé bezprostředně po havárii setkali se strachem z ohrožení života a s negativními psychickými dopady z důvodu nutnosti rychlé evakuace. Tyto dopady se často vyskytují v dlouhodobých studiích ze zasažených oblastí. V tomto případě je nejdůležitější vysoká míra informovanosti a otevřenosti ze strany Japonské vlády vůči obyvatelstvu. Dále také zajištění dostatečné pomoci a sledování zdravotního stavu. Japonsko má i dostatečný potenciál pro obnovu postižených oblastí

a infrastruktury, řešení nezaměstnanosti i podporu kvality života. Ke zlepšení sociální situace ve Fukušimě přispívají i hojně konané společenské akce. Obyvatelé pocházející z trvale uzavřených oblastí plánují pořádat do těchto míst exkurze s průvodcem. Tyto události a společenské akce pomáhají ke zlepšení negativních sociálních a psychických dopadů, a dostávají obyvatelstvo Fukušimy zpět k normálnímu životu (Světová zdravotnická organizace, 2011; Wagner, 2015b).

### **1.9.3 Dopad na jadernou energetiku**

Po zemětřesení a následné vlně tsunami se s problémy v Japonsku potýkaly celkem čtyři jaderné elektrárny. Po provedení bezpečnostních opatření ve Fukušimě a dalších poškozených elektrárnách bylo rozhodnuto, že se spuštěné bloky nebudou odstavovat ihned, ale budou prozatím pracovat. Přestože japonská vláda ponechala funkční bloky jaderných elektráren v provozu, musela u nich být provedena přísná kontrola a následná opatření, vedoucí ke zvýšení jejich bezpečnosti v případě zemětřesení a vlny tsunami (Wagner, 2015b).

### **Japonská jaderná energetika po havárii**

V Japonsku se každý reaktor musí během třinácti měsíců odstavit, důkladně zkontrolovat a prověřit. O jeho znovuspuštění rozhodují kromě jaderného regulačního úřadu – NRA (Nuclear Regulation Authority) i samosprávné orgány prefektury, ve které se reaktor nachází. Po havárii ve Fukušimě musela být navíc u každého reaktoru prověřena odolnost vůči zemětřesení a vlně tsunami. Přestože byli provedeny dodatečné úpravy související se zabezpečením elektráren, samosprávné orgány prozatím nevydávaly povolení k opětovnému spuštění. Do konce srpna roku 2011 bylo odstaveno pět reaktorů, v září tři, do konce roku osm a poslední dva v dubnu roku 2012. Japonsko se tedy ocitlo bez produkce jaderné energetiky. Odstavené reaktory postupně procházely zátěžovými testy a podrobnou analýzou. V průběhu první poloviny roku 2012 se uskutečnila řada veřejných jednání mezi japonskou vládou a místními komunitami. Odborníci a veřejní představitelé během nich posuzovali nutnost dalšího využívání jaderné energie a konkrétních reaktorů. Také veřejnost seznamovali s provedením nových bezpečnostních opatření (Wagner, 2015b).

Hlavním úkolem příslušných orgánů bylo vytvoření nového systému bezpečného využívání jaderné energie, a který měl pomoci znovu získat důvěru veřejnosti. Většina obyvatel si uvědomovala nutnost spuštění jaderných reaktorů, ale řada stále nesouhlasila. Hlavní slovo v tvorbě nových bezpečnostních pravidel měl úřad NRA. Jedním z opatření bylo například, že jaderná elektrárna musí dokázat čelit vysokým vlnám tsunami, a to především dostatečnou výškou vlnolamů a vodotěsným zabezpečením kritických částí elektrárny. Dále musí mít zabezpečené dostatečné množství mobilních elektrických generátorů a také vodní zásobení pro havarijní chlazení. Dalším opatřením je například systém, který dokáže vhnět vodu pod vysokým tlakem přímo do reaktoru. Veřejné budovy v blízkosti jaderných elektráren se upravily tak, že by se v případě havárie elektrárny daly využít jako hermeticky uzavřený kryt, který filtruje nasávaný radioaktivní vzduch. Důležité byly také geologické průzkumy okolí jaderných elektráren. Především posouzení aktivity geologických zlomů. V neposlední řadě byl zřízen speciální, zhruba stočlenný tým, který byl připraven řešit krizové situace v jaderných elektrárnách po celém Japonsku. Po vytvoření nových přísných bezpečnostních pravidel se v roce 2013 začalo s postupným spouštěním některých jaderných bloků (Wagner, 2015b).

Před havárií ve Fukušimě byla jaderná energetika pro Japonsko prioritou. Regiony, v nichž byly elektrárny vybudovány, to významně ekonomicky pozvedlo. Jaderná energetika umožnila Japonsku významný průmyslový rozmach. Cílem bylo především snížit podíl využívání fosilních paliv a nahradit jej zdroji jadernými. V průběhu let využívání jaderné energie Japonskem se ale objevilo nemálo problémů a selhání, jejichž vyvrcholením byla právě havárie ve Fukušimě. Po této havárii si velká řada Japonců přála plné odstoupení od jádra. Nicméně nynější Japonská vláda rozhodla, že v energetice jaderného štěpení využívat nepřestane. Zvrátila tak rozhodnutí předchozí vlády, která chtěla od využívání jádra upustit do roku 2040. Hlavním důvodem je právě ekonomický dopad jaderné energetiky. Předpokládá se ale, že země postupně uvede zpět do provozu jen zhruba jednu třetinu z původního množství reaktorů. V elektrárně Fukušima Daiichi se provoz obnovovat nebude. Ostatní zprovozněné elektrárny však budou muset splňovat již zmíněné přísnější bezpečnostní standardy (Wagner, 2015b; SUJB, b.r.a).

### **Německá energetika po havárii ve Fukušimě**

Havárie v jaderné elektrárně Fukušima byla velkým překvapením pro celý svět, jelikož Japonsko je považováno za zemi s vysoce vyspělým průmyslem. Událost měla dopad na

většinu států využívající jadernou energetiku, a to především ve zpřísnění bezpečnostních opatření. Nejdiskutovanější se však stala reakce Německa. Německo již na počátku století rozhodlo o odstavení své země od jaderné energetiky. Již tedy téměř deset let před havárií ve Fukušimě se Německo připravovalo na uzavření svých jaderných elektráren. Brzy po tomto rozhodnutí se však ukázalo, že půjde především finančně o velmi náročnou akci. To vedlo k rozhodnutí vlády kancléřky Angely Merkelové o prodloužení provozu jaderných elektráren (Wagner, 2015b).

Po události v jaderné elektrárně Fukušima v roce 2011 však bylo Německým spolkovým sněmem rozhodnuto o pozastavení sedmi nejstarších německých jaderných elektráren. Nejprve byly pozastaveny na tři měsíce, během kterých se rozhodlo o jejich úplném odstavení. V průběhu následujících měsíců německá vláda rozhodla o plném odstavení i ostatních jaderných bloků do konce roku 2022. Jadernou energetiku Německo nahradí fosilními zdroji, tedy uhlím a plynem, a dále větrnými zdroji (Wagner, 2015b; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2019).

## **2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY**

### **2.1 Cíle práce**

Cílem předložené bakalářské práce bylo:

- zjistit míru informovanosti obyvatelstva v Jihočeském kraji o havárii v jaderné elektrárně ve Fukušimě;
- porovnat znalosti obyvatelstva žijícího ve městech s obyvateli žijícími v menších obcích.

### **2.2 Hypotézy**

Pro naplnění cílů práce byly stanoveny následující hypotézy:

- znalosti obyvatelstva Jihočeského kraje o havárii v jaderné elektrárně Fukušima budou dosahovat alespoň 70 %;
- informovanost obyvatelstva o havárii v jaderné elektrárně Fukušima žijícího ve městech bude statisticky významně vyšší než informovanost obyvatelstva žijícího v menších obcích.

### 3 METODIKA VÝZKUMU

Pro zpracování teoretické části bakalářské práce byla provedena rešerše dané problematiky prostudováním odborné literatury, příslušných právních předpisů a internetových zdrojů.

#### 3.1 *Dotazníkové šetření*

Pro zpracování výzkumné části bakalářské práce byl proveden kvantitativní výzkum. Data byla získána prostřednictvím dotazníkového šetření, které proběhlo mezi obyvatelstvem Jihočeského kraje. Dotazník byl sestaven ve formě testu. Zahrnoval 1 otázku informativního charakteru (bydliště dotazovaného) a 10 otázek zaměřených na problematiku havárie v jaderné elektrárně Fukušima, viz Příloha A. Každá otázka nabízela 4 možné odpovědi, z nichž jen 1 odpověď byla správná.

Výběr měst a obcí pro uskutečnění dotazníkového šetření byl proveden náhodným výběrem. Byly náhodně vylosovány 2 okresy, z nichž byla následně vybrána okresní města a 4 menší obce, kde poté proběhl výzkum. Jednalo se o města Jindřichův Hradec a Písek a menší obce Nová Olešná, Dunajovice, Nevězice a Zběšičky. Celkem bylo rozdáno a vyplněno 109 dotazníků, z toho bylo vyplněno 54 obyvateli menších obcí a 55 lidmi žijících ve městech.

Získaná data byla zpracována v programu Microsoft Office Excel do grafů a poté vyhodnocena pomocí metod deskriptivní a matematické statistiky a dále byla porovnána s obdobnými šetřeními.

#### 3.2 *Statistické metody*

Statistika je věda zkoumající jevy, mající hromadný charakter. Zkoumaný jev přísluší určité části velkého množství prvků (např. předměty nebo osoby). Samotná statistika se dělí na **deskriptivní (popisnou)** a **matematickou**. Deskriptivní statistika popisuje stav nebo vývoj hromadných jevů. Zahrnuje formulaci statistického šetření, škálování, měření v deskriptivní statistice a elementární statistické zpracování. Matematická statistika se vyvinula z deskriptivní a její základní částí je teorie pravděpodobnosti. Umožňuje vyjadřovat závěry o sledovaném jevu. Do matematické statistiky patří neparametrické

testování, teorie odhadů, parametrické testování a měření statistických závislostí. Pro účely této práce bude využito parametrické testování (Homola, 2014).

### **Formulace statistického šetření**

Formulace statistického šetření je základní metodou deskriptivní statistiky a prvním krokem ve statistickém výzkumu. Jako první je nutné stanovit hromadný náhodný jev (HNJ) a statistickou jednotku (SJ). Vlastností statistické jednotky je statistický znak (SZ). Soubor všech statistických jednotek tvoří základní statistický soubor (ZSS), který může být náhodným výběrem (NV) zmenšen na výběrový statistický soubor (VSS) (Záškodný et al., 2011).

**Hromadný náhodný jev (HNJ)** je realizace činností nebo procesů, jejichž výsledek nelze s jistotou předpovědět a které se odehrávají v rozsáhlé množině prvků. Prvky mají jednu určitou skupinu stejných vlastností, další skupinu odlišných vlastností.

**Statistická jednotka (SJ)** je vymezena stejnými vlastnostmi prvku zkoumané množiny.

**Statistický znak (SZ)** je dán některou z odlišných vlastností prvku zkoumané množiny.

**Základní statistický soubor (ZSS)** je dán všemi statistickými jednotkami. Jeho rozsah je roven počtu všech statistických jednotek. K výzkumu je vhodné omezit počet statistických jednotek. Omezení se provádí **náhodným výběrem**, tedy například losováním. Vybrané statistické jednotky se poté stávají **výběrovým statistickým souborem** (Záškodný et al., 2011).

### **Škálování**

Škálování je druhá základní metoda deskriptivní statistiky. Pomocí **prvků škály** se provádí vhodné vyjádření hodnot statistického znaku. Dle povahy statistického znaku se rozlišuje několik druhů škál – nominální škála, ordinální škála, kvantitativní metrická škála a absolutní metrická škála (Záškodný et al., 2011).

## Měření v deskriptivní statistice

Měření je třetí metodou deskriptivní statistiky. Je to proces, kterým je každé statistické jednotce výběrového statistického souboru přiřazován jeden z prvků škály. Z měření vyplývají údaje o hodnotách statistického znaku. Hodnoty relativních četností udávají pravděpodobnost výsledku měření a kumulativní četnosti udávají pravděpodobnost, že bude naměřen výsledek měření menší nebo roven danému výsledku (Záškodný et al., 2011).

## Elementární statistické zpracování

Elementární statistické zpracování je čtvrtou základní metodou deskriptivní statistiky. Výsledky měření se právě tímto zpracováním uspořádají, graficky vyjádří a parametrizují vhodnými empirickými parametry. Výsledkem elementárního statistického zpracování je empirický obraz zkoumaného výběrového statistického souboru VSS. Jednotlivé úkoly „uspořádání“, „grafické vyjádření“ a „parametrizace“ lze vystihnout třemi základními výsledky elementárního statistického zpracování, tedy „tabulkou“, „empirickými rozděleními (polygon)“ a „empirickými parametry“ (Záškodný et al., 2011).

**Tabulka** je jednoduchá forma uspořádání výsledků měření. Tabulka může být sestavena až z osmi sloupců. První čtyři jsou potřebné pro přehledné zapsání výsledku měření a pro znázornění empirických rozdělení. Zbylé čtyři mají pomocný význam a slouží ke snadnému výpočtu empirických parametrů (Záškodný et al., 2011):

sloupec $x_i$	prvek škály
sloupec $n_i$	absolutní četnost
sloupec $n_i/n$	relativní četnost
sloupec $\sum n_i$	kumulativní absolutní četnost
sloupec $\sum n_i/n$	kumulativní relativní četnost
sloupec $x_i n_i$	součin $x_i n_i$ pro výpočet empirických parametrů



**Graf** je způsob vyjádření znázornění absolutních, relativních, absolutních kumulativních a relativních kumulativních četností pro orientační vyhodnocení daných parametrů a zkoumaného statistického souboru (Záškodný et al., 2011).

**Empirické parametry** jsou děleny na obecné momenty, centrální momenty a normované momenty: **parametr polohy ( $O_1$ )** je určen obecným momentem 1. řádu a nese název „aritmetický průměr“; **parametr proměnlivosti ( $C_2$ )** je určen centrálním momentem 2. řádu a nese název „empirický rozptyl“; **směrodatná odchylka  $S_x$**  je druhou odmocninou rozptylu a ukazuje, jakou výpovědní hodnotu má aritmetický průměr. Je-li směrodatná odchylka velká, výpovědní hodnota aritmetického průměru je malá a naopak (Záškodný et al., 2011).

### **Parametrické testování**

Parametrické testování je metodou matematické statistiky, sloužící k testování parametrických hypotéz. Pro výpočty je vždy nezbytná formulace nulové hypotézy  $H_0$  a alternativní hypotézy  $H_a$ . Aparát hypotéz je doplněn aparátem kritického oboru  $W$ . Parametrické testování lze rozčlenit na jednovýběrové testování hypotézy o střední hodnotě nebo o rozptylu (pak se pro výpočet použije např. jednovýběrový t-test pro střední hodnotu) a na dvouvýběrové testování hypotézy o rovnosti středních hodnot nebo rozptylu (pak je použit např. dvouvýběrový t-test pro rovnost středních hodnot) (Záškodný et al., 2011).

## 4 VÝSLEDKY

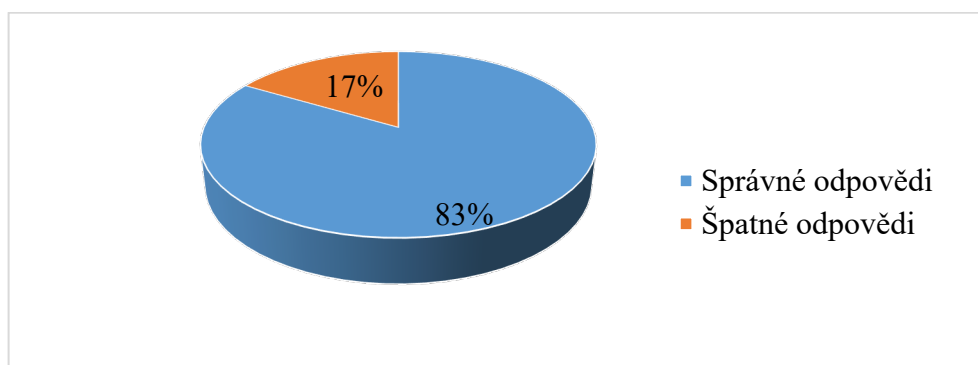
V této kapitole budou uvedeny výsledky dotazníkového šetření formou grafů a následného statistického zpracování.

### 4.1 Výsledky dotazníkového šetření

Tato část uvádí výsledky jednotlivých otázek z dotazníkového šetření. U každé otázky jsou uvedeny všechny možné odpovědi a správná odpověď je vždy zvýrazněna. Dále jsou u otázky vždy 2 grafy, z nichž první ukazuje procentuální zastoupení správných a špatných odpovědí. Druhý graf vždy ukazuje procentuální zastoupení správných a špatných odpovědí u osob žijících ve městech a menších obcích.

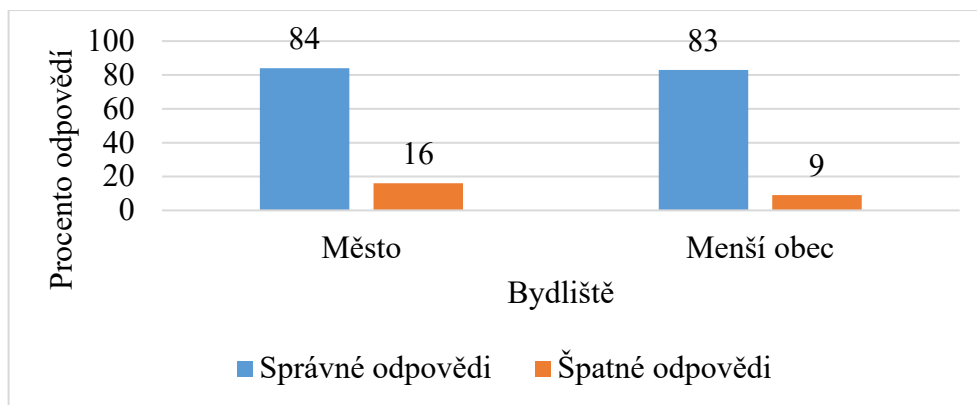
#### 1. Ve které zemi leží jaderná elektrárna Fukušima?

- a) Čína
- b) USA
- c) Ukrajina
- d) Japonsko**



Obr. 6: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 1; zdroj: vlastní výzkum

Na otázku č. 1 odpovědělo správně 83 % respondentů, tj. celkem 91 oslovených obyvatel z měst i obcí. Chybně odpovědělo 17 % respondentů, tj. celkem 18 oslovených (obr. 6).

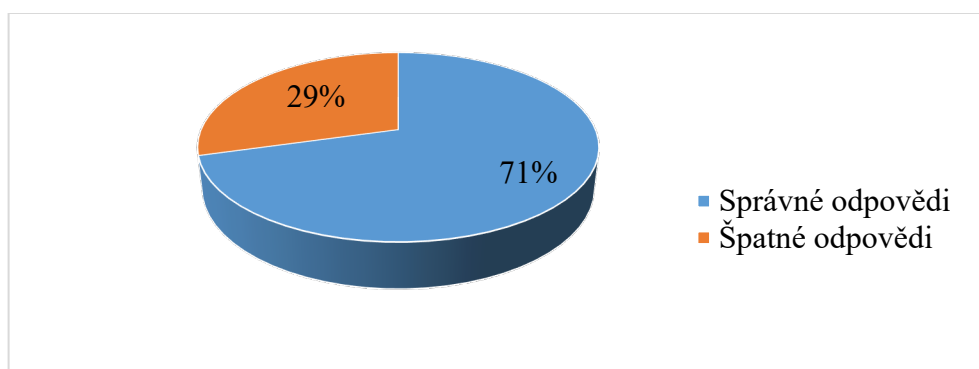


Obr. 7: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 1; zdroj: vlastní výzkum

Na otázku č. 1 odpovědělo správně 84 % respondentů z města a 83 % respondentů z menších obcí (obr. 7).

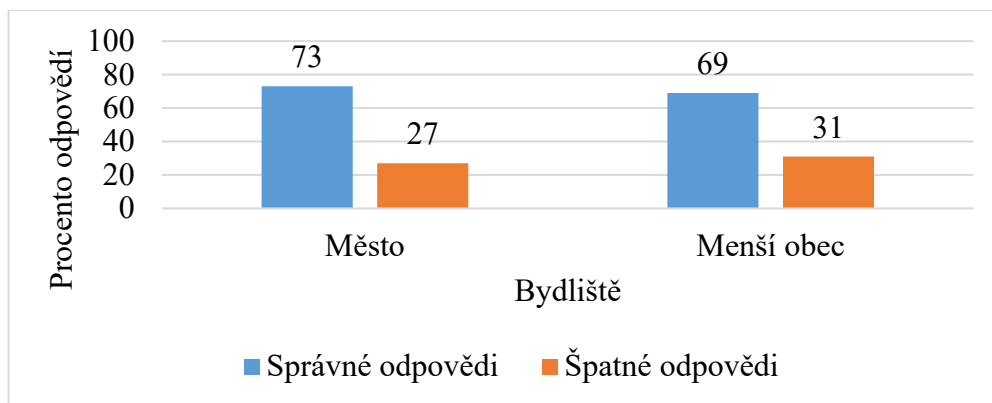
## 2. Ve kterém roce se havárie ve Fukušimě odehrála?

- a) 1986
- b) 2001
- c) 2011
- d) 2018



Obr. 8: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 2; zdroj: vlastní výzkum

Na otázku č. 2 odpovědělo správně 71 % respondentů, tj. celkem 77 oslovených obyvatel z měst i obcí. Chybně odpovědělo 29 % respondentů, tj. celkem 32 oslovených (obr. 8).

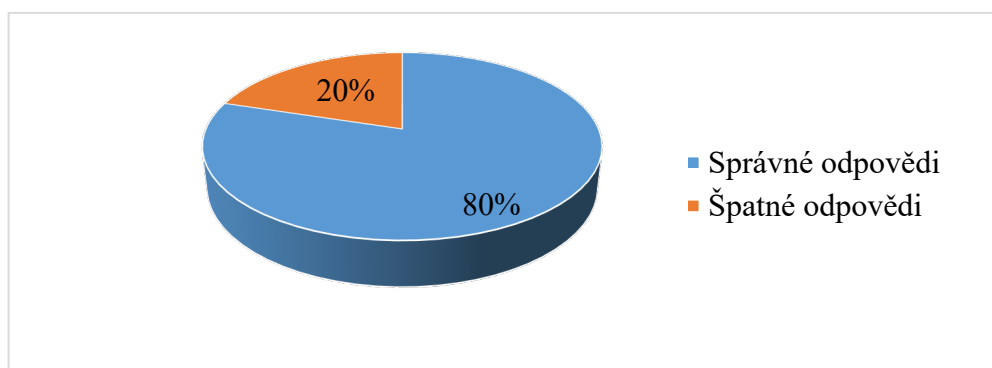


Obr. 9: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 2; zdroj: vlastní výzkum

Na otázku č. 2 odpovědělo správně 73 % respondentů z města a 69 % respondentů z menších obcí (obr. 9).

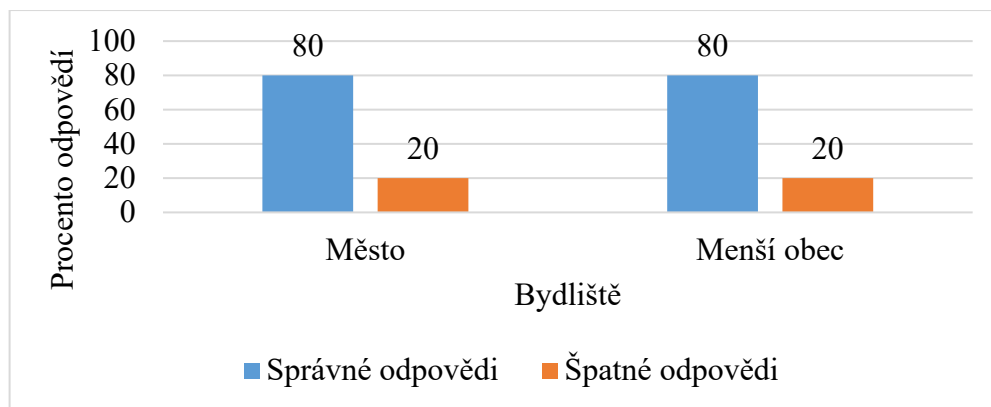
### 3. Která/é událost/i havárii v elektrárně Fukušima předcházela/y?

- a) výbuch sopky a zemětřesení
- b) zemětřesení a vlna tsunami**
- c) povodně a sesuv půdy
- d) jen vlna tsunami



Obr. 10: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 3; zdroj: vlastní výzkum

Na otázku č. 3 odpovědělo správně 80 % respondentů, tj. celkem 87 oslovených obyvatel z měst i obcí. Chybně odpovědělo 20 % respondentů, tj. celkem 22 oslovených (obr. 10).



*Obr. 11: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 3; zdroj: vlastní výzkum*

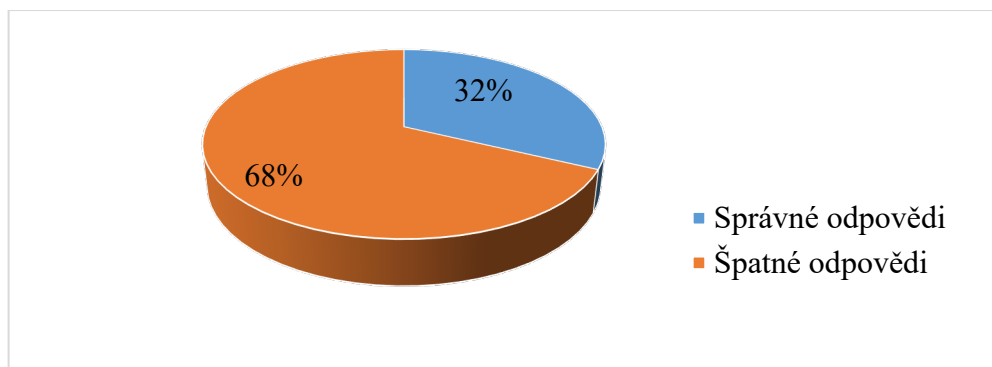
Na otázku č. 3 odpovědělo správně 80 % respondentů z města a 80 % respondentů z menších obcí (obr. 11).

#### **4. V jakém maximálním okruhu v okolí elektrárny Fukušima byla vyhlášena evakuace obyvatel?**

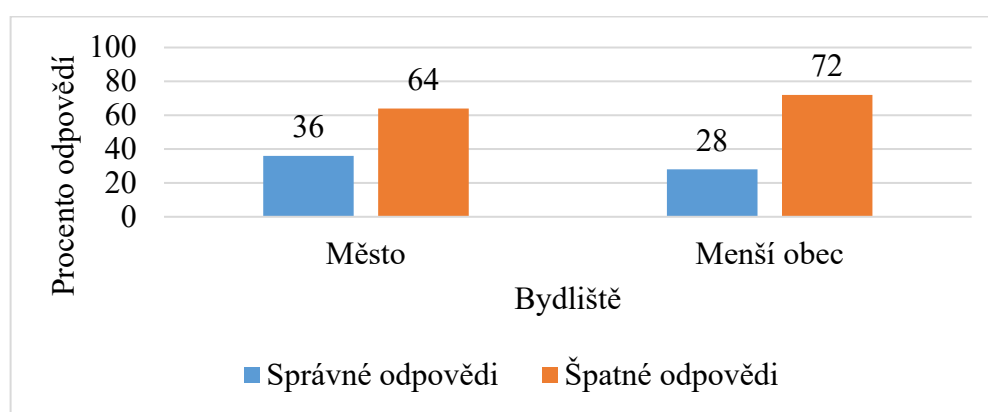
- a) 10 km
- b) 20 km**
- c) 30 km
- d) evakuace vyhlášena nebyla

Na otázku č. 4 odpovědělo správně 32 % respondentů, tj. celkem 35 oslovených obyvatel z měst i obcí. Chybně odpovědělo 68 % respondentů, tj. celkem 74 oslovených (obr. 12).

Na otázku č. 4 odpovědělo správně 36 % respondentů z města a 28 % respondentů z menších obcí (obr. 13).



Obr. 12: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 4; zdroj: vlastní výzkum

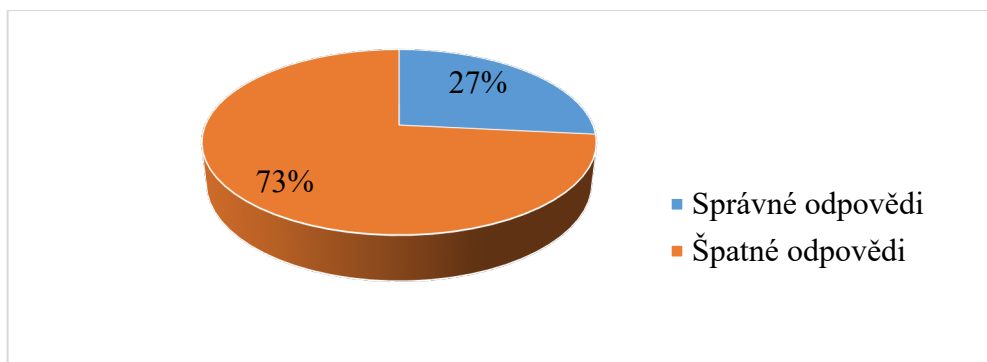


Obr. 13: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 4; zdroj: vlastní výzkum

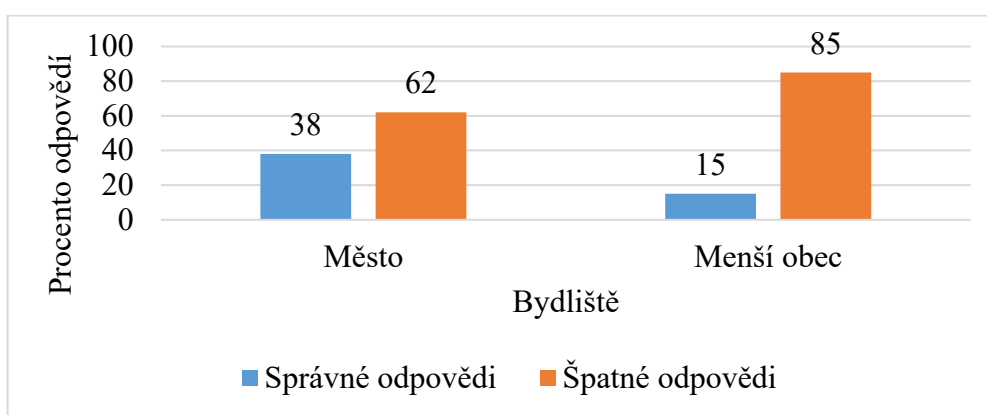
## 5. Které radioaktivní prvky byly hlavní složkou radioaktivního mraku unikajícího z elektrárny Fukušima?

- a) cesium a jód
- b) radium a polonium
- c) uran a thorium
- d) radon a uhlík

Na otázku č. 5 odpovědělo správně 27 % respondentů, tj. celkem 29 oslovených obyvatel z měst i obcí. Chybně odpovědělo 73 % respondentů, tj. celkem 80 oslovených (obr. 14).



Obr. 14: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 5; zdroj: vlastní výzkum



Obr. 15: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 5; zdroj: vlastní výzkum

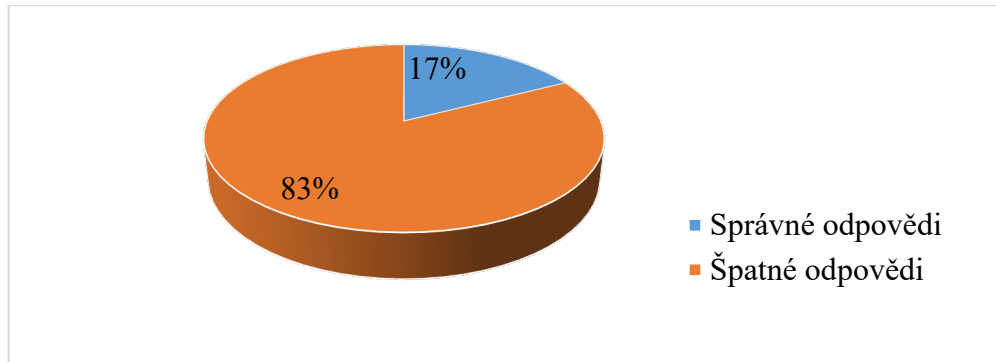
Na otázku č. 5 odpovědělo správně 38 % respondentů z města a 15 % respondentů z menších obcí (obr. 15).

## 6. Kolik lidí zemřelo v souvislosti s ozářením?

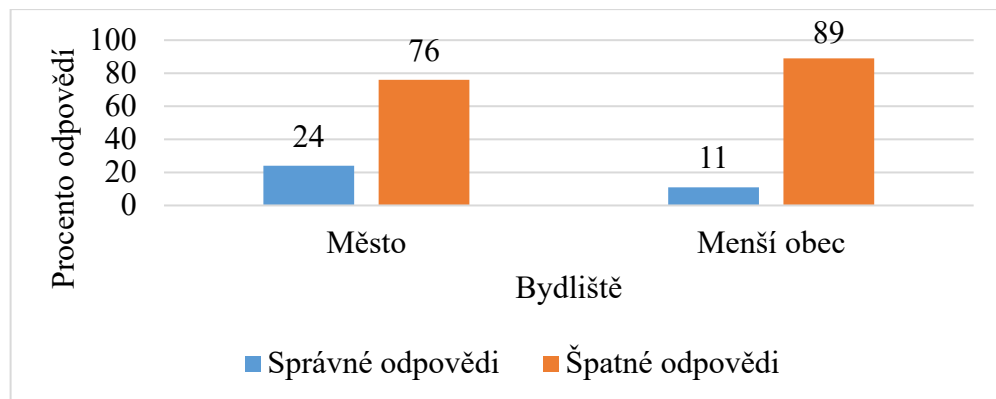
- a) více než 10
- b) více než 100
- c) není známo
- d) 0**

Na otázku č. 6 odpovědělo správně 17 % respondentů, tj. celkem 19 oslovených obyvatel z měst i obcí. Chybně odpovědělo 83 % respondentů, tj. celkem 90 oslovených (obr. 16).

Na otázku č. 6 odpovědělo správně 24 % respondentů z města a 11 % respondentů z menších obcí (obr. 17).



Obr. 16: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 6; zdroj: vlastní výzkum

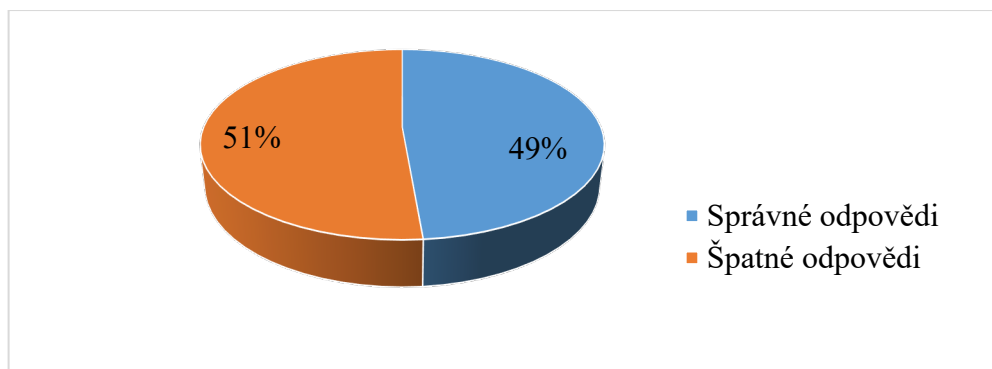


Obr. 17: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 6; zdroj: vlastní výzkum

## 7. Kterým stupněm na Mezinárodní stupnici jaderných událostí (The International Nuclear Event Scale – INES) byla havárie ve Fukušimě hodnocena?

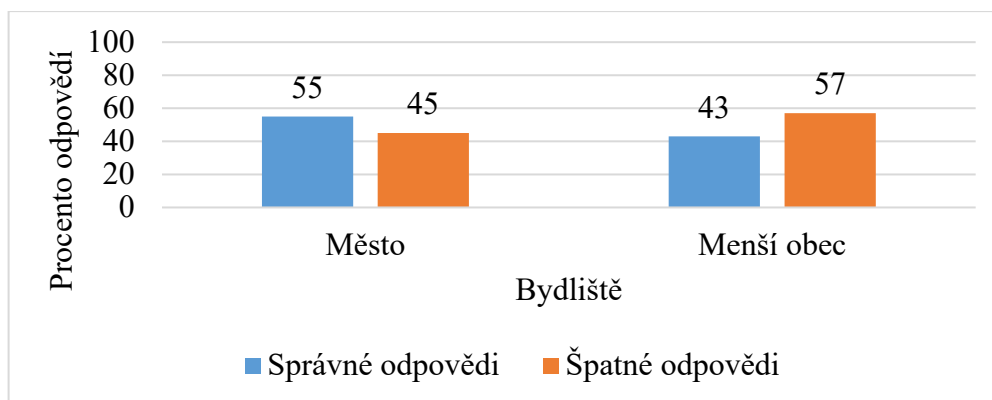
- a) 4. stupeň – Havárie bez vážnějšího vlivu na okolí
- b) 5. stupeň – Havárie s rizikem vlivu na okolí
- c) 6. stupeň – Těžká havárie
- d) 7. stupeň – Velmi těžká havárie**





Obr. 18: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 7; zdroj: vlastní výzkum

Na otázku č. 7 odpovědělo správně 49 % respondentů, tj. celkem 53 oslovených obyvatel z měst i obcí. Chybně odpovědělo 51 % respondentů, tj. celkem 56 oslovených (obr. 18).

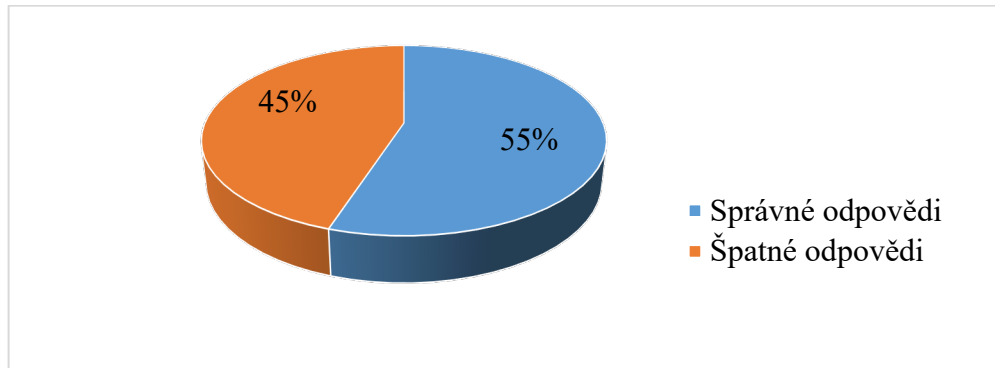


Obr. 19: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 7; zdroj: vlastní výzkum

Na otázku č. 7 odpovědělo správně 55 % respondentů z města a 43 % respondentů z menších obcí (obr. 19).

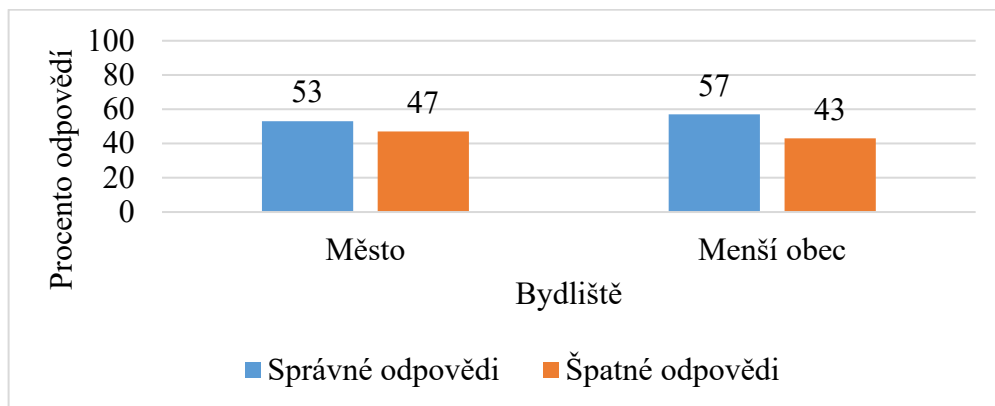
## 8. Kolik reaktorů bylo v době havárie Fukušimy v provozu?

- a) všech 6 reaktorů
- b) 1 reaktor
- c) 3 reaktory**
- d) žádný reaktor



Obr. 20: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 8; zdroj: vlastní výzkum

Na otázku č. 8 odpovědělo správně 55 % respondentů, tj. celkem 60 oslovených obyvatel z měst i obcí. Chybně odpovědělo 45 % respondentů, tj. celkem 49 oslovených (obr. 20).

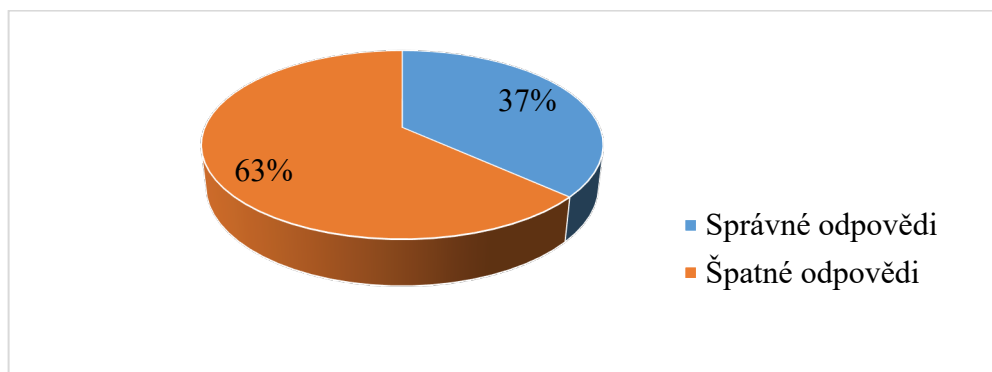


Obr. 21: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 8; zdroj: vlastní výzkum

Na otázku č. 8 odpovědělo správně 53 % respondentů z města a 57 % respondentů z menších obcí (obr. 21).

### 9. Jak velká je v současnosti zakázaná zóna v okolí elektrárny Fukušima?

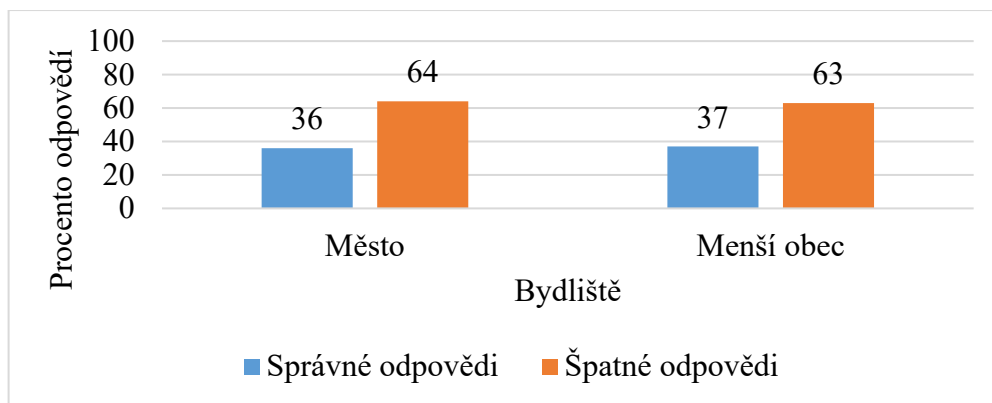
- a) 5 km
- b) 10 km
- c) **20 km**
- d) v okolí není zakázaná zóna



Obr. 22: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 9; zdroj: vlastní výzkum

Na otázku č. 9 odpovědělo správně 37 % respondentů, tj. celkem 40 oslovených obyvatel z měst i obcí. Chybně odpovědělo 63 % respondentů, tj. celkem 69 oslovených (obr. 22).

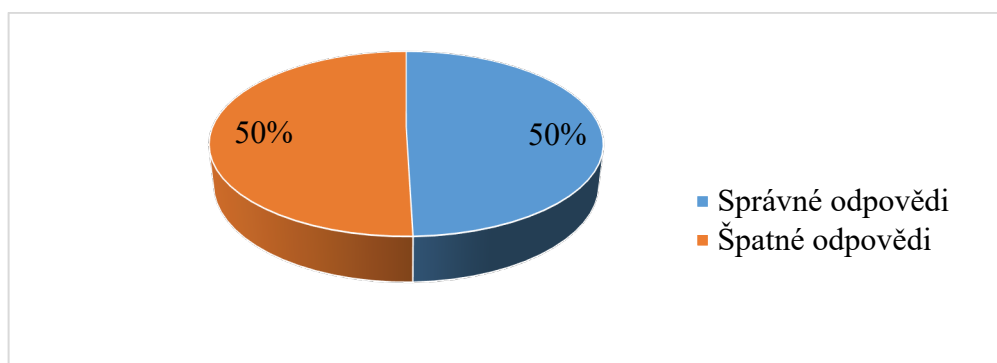
Na otázku č. 9 odpovědělo správně 36 % respondentů z města a 37 % respondentů z menších obcí (obr. 23).



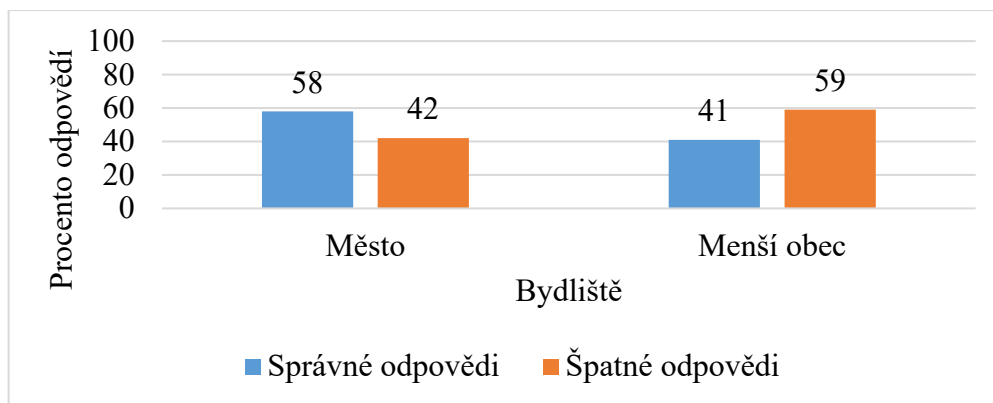
Obr. 23: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 9; zdroj: vlastní výzkum

**10. Která evropská země je rozhodnuta odstavit všechny své jaderné bloky do roku 2022 jako reakci na havárii ve Fukušimě?**

- a) Francie
- b) Švýcarsko
- c) **Německo**
- d) Itálie



Obr. 24: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 10; zdroj: vlastní výzkum



Obr. 25: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 10; zdroj: vlastní výzkum

Na otázku č. 10 odpovědělo správně 50 % respondentů, tj. celkem 54 oslovených obyvatel z měst i obcí. Chybně odpovědělo 50 % respondentů, tj. celkem 55 oslovených (obr. 24).

Na otázku č. 10 odpovědělo správně 58 % respondentů z města a 41 % respondentů z menších obcí (obr. 25).

#### 4.2 Parametrické testování – jednovýběrový t-test

Pro parametrické testování a ověření první hypotézy byl v práci zvolen jednovýběrový t-test. Dále byla stanovena nulová hypotéza  $H_0$  alternativní hypotéza  $H_a$ .

$H_0$ : Znalosti obyvatelstva o havárii v jaderné elektrárně Fukušima budou dosahovat alespoň 70 %.

$H_a$ : Znalosti obyvatelstva o havárii v jaderné elektrárně Fukušima je statisticky významně nižší než 70 %.

Pro výpočet byly použity tyto empirické parametry:

$$n = 10$$

$$O_1 = \mu = 50,1$$

$$\mu_0 = 70$$

$$S_x = 21,37$$

$$t_{\text{exp}} = \frac{\mu - \mu_0}{s_x} * \sqrt{n} = -2,94$$

$$W = (-\infty; -t_{n-1}(\alpha)) = (-\infty; -1,96)$$

Dle výsledku lze konstatovat, že hodnota  $t_{\text{exp}}$  náleží do oboru kritických hodnot  $W$ . Je tedy nezbytné přijmout alternativní hypotézu  $H_a$ : „*Informovanost obyvatelstva o havárii v jaderné elektrárně Fukušima je statisticky významně nižší než 70 %.*“

#### **4.3 Výsledky statistického šetření u obyvatel žijících ve městě**

V této části práce jsou prezentovány výsledky statistického šetření informovanosti o havárii v jaderné elektrárně Fukušima u obyvatel žijících ve městě.

HNJ – informovanost obyvatelstva žijícího ve městě v Jihočeském kraji o havárii v jaderné elektrárně Fukušima

SJ – obyvatel Jihočeského kraje žijící ve městě

SZ – počet správných odpovědí

HSZ – 0–10 odpovědí

ZSS – 55 vyplněných dotazníků

VSS = ZSS

NV – nebyl proveden

##### **4.3.1 Škálování a měření**

Pomocí výpočtu Sturgesova pravidla,  $k = 1 + 3,3 \log_{10} n$ , bylo vytvořeno 7 prvků škály, které jsou uvedeny v tabulce 1.

Výpočet škál dle Sturgesova pravidla:  $k = 1 + 3,3 \log_{10} n = 1 + 3,3 \log_{10} 55 = 6,7$ .

prvek škály	procento správných odpovědí	počet respondentů
1	0 % – 14 %	1
2	15 % – 29 %	5
3	30 % – 44 %	11
4	45 % – 59 %	17
5	60 % – 74 %	9
6	75 % – 89 %	6
7	90 % – 100 %	6

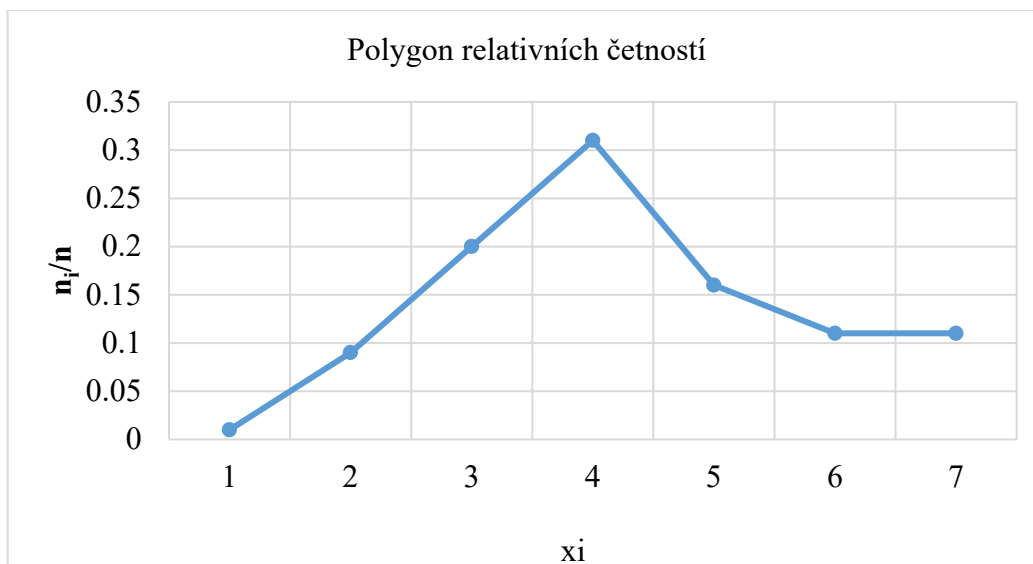
*Tabulka 1: Škálování výsledků šetření u obyvatel žijících ve městě; zdroj: vlastní výzkum*

#### 4.3.2 Elementární statistické zpracování

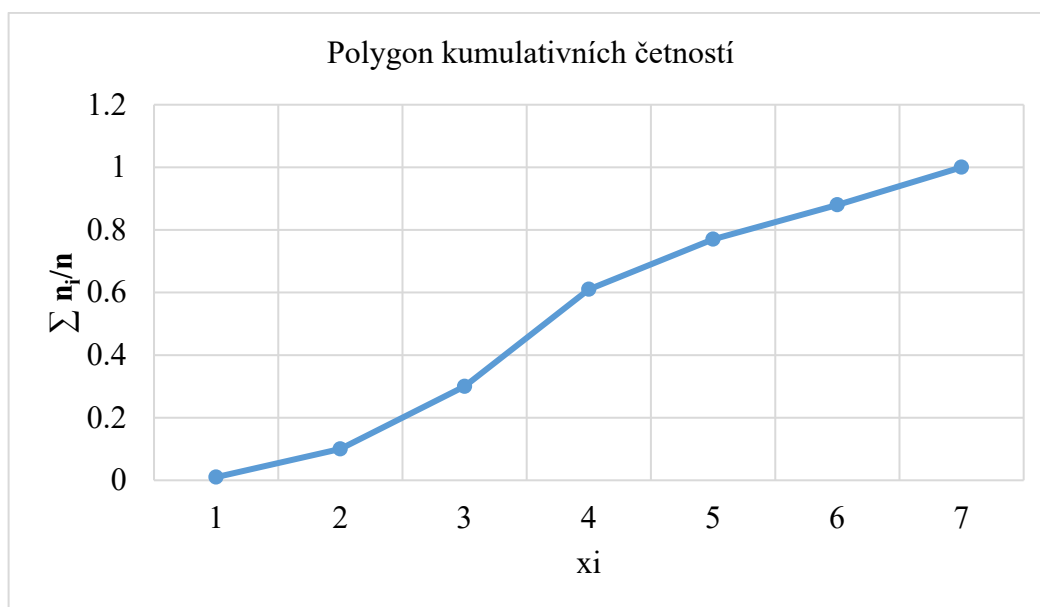
Výsledky elementárního statistického zpracování jsou uvedeny v tabulkách 2 a 3 a na obrázcích 26 a 27.

$x_i$	$n_i$	$\sum n_i$	$n_i/n$	$\sum n_i/n$	$x_i n_i$
1	1	1	0,01	0,01	1
2	5	6	0,09	0,10	10
3	11	17	0,20	0,30	33
4	17	34	0,31	0,61	68
5	9	43	0,16	0,77	45
6	6	49	0,11	0,88	36
7	6	55	0,11	1	42
$\Sigma$	<b>55</b>		<b>1</b>		<b>235</b>

*Tabulka 2: Výsledky měření – město; zdroj: vlastní výzkum*



Obr. 26: Empirické rozdělení relativních četností – město; zdroj: vlastní výzkum



Obr. 27: Empirické rozdělení kumulativních četností – město; zdroj: vlastní výzkum

parametr	výsledek
obecný moment 1. řádu = $O_1$	4,27
centrální moment 2. řádu = $C_2$	2,24
směrodatná odchylka = $S_x$	1,50

Tabulka 3: Vypočítané empirické parametry – město; zdroj: vlastní výzkum



#### 4.4 Výsledky statistického šetření u obyvatel žijících v menších obcích

V této části práce jsou prezentovány výsledky statistického šetření informovanosti o havárii v jaderné elektrárně Fukušima u obyvatel žijících v menších obcích.

HNJ – informovanost obyvatelstva žijícího v menších obcích v Jihočeském kraji o havárii v jaderné elektrárně Fukušima

SJ – obyvatel Jihočeského kraje žijící v menších obcích

SZ – počet správných odpovědí

HSZ – 0–10 odpovědí

ZSS – 54 vyplněných dotazníků

VSS = ZSS

NV – nebyl proveden

##### 4.4.1 Škálování a měření

Pomocí výpočtu Sturgesova pravidla,  $k = 1 + 3,3 \log_{10} n$ , bylo vytvořeno 7 prvků škály, které jsou uvedeny v tabulce 4.

Výpočet škál dle Sturgesova pravidla:  $k = 1 + 3,3 \log_{10} n = 1 + 3,3 \log_{10} 54 = 6,7$ .

prvek škály	procento správných odpovědí	počet respondentů
1	0 % – 14 %	1
2	15 % – 29 %	2
3	30 % – 44 %	25
4	45 % – 59 %	12
5	60 % – 74 %	12
6	75 % – 89 %	1
7	90 % – 100 %	1

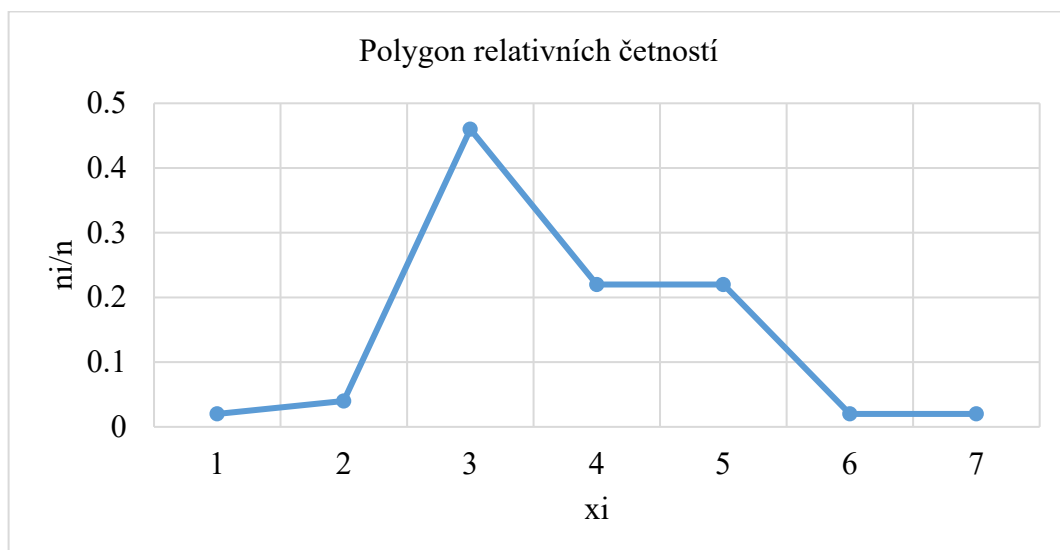
Tabulka 4: Škálování výsledků šetření u obyvatel žijících v menších obcích; zdroj: vlastní výzkum

#### 4.4.2 Elementární statistické zpracování

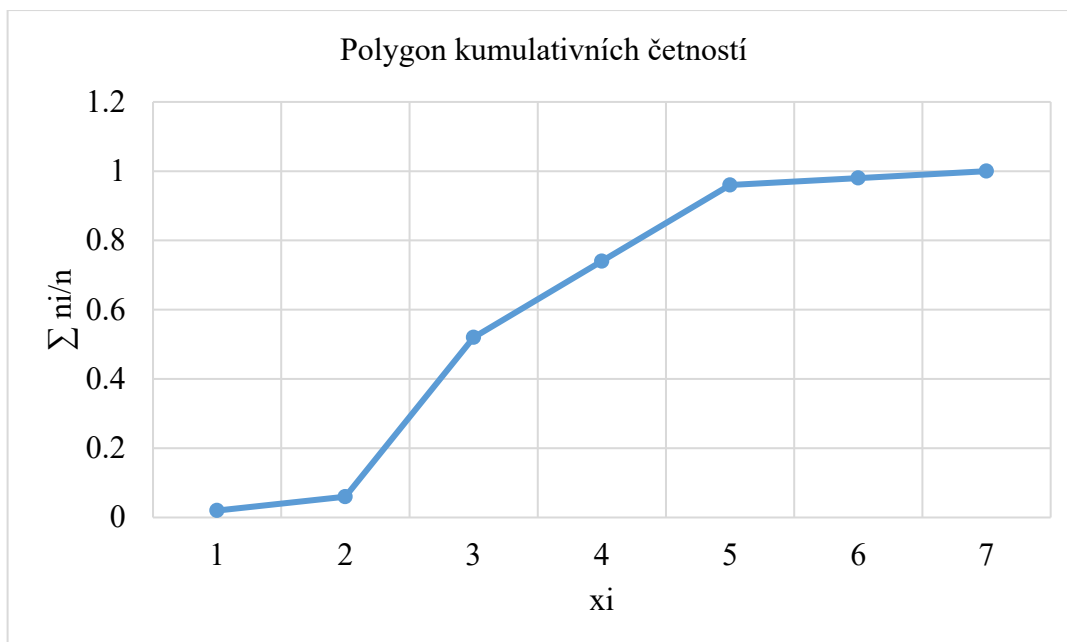
Výsledky elementárního statistického zpracování jsou uvedeny v tabulkách 5 a 6 a na obrázcích 28 a 29.

$x_i$	$n_i$	$\sum n_i$	$n_i/n$	$\sum n_i/n$	$x_i n_i$
1	1	1	0,02	0,02	1
2	2	3	0,04	0,06	4
3	25	28	0,46	0,52	75
4	12	40	0,22	0,74	48
5	12	52	0,22	0,96	60
6	1	53	0,02	0,98	6
7	1	54	0,02	1	7
$\Sigma$	<b>54</b>		<b>1</b>		<b>201</b>

Tabulka 5: Výsledky měření – menší obce; zdroj: vlastní výzkum



Obr. 28: Empirické rozdělení relativních četností – menší obce; zdroj: vlastní výzkum



Obr. 29: Empirické rozdělení kumulativních četností – menší obce; zdroj: vlastní výzkum

parametr	výsledek
obecný moment 1. řádu = $O_1$	3,72
centrální moment 2. řádu = $C_2$	1,16
směrodatná odchylka = $S_x$	1,08

Tabulka 6: Vypočítané empirické parametry – menší obce; zdroj: vlastní výzkum

#### 4.5 Parametrické testování – dvouvýběrový t-test

Pro parametrické testování a ověření druhé hypotézy byl zvolen dvouvýběrový t-test. Dále byla stanovena nulová hypotéza  $H_0$  a alternativní hypotéza  $H_a$ .

$H_0$ : Informovanost obyvatelstva o havárii v jaderné elektrárně Fukušima žijícího ve městech není statisticky významně vyšší než informovanost obyvatelstva žijícího v menších obcích.

$H_a$ : Informovanost obyvatelstva o havárii v jaderné elektrárně Fukušima žijícího ve městech je statisticky významně vyšší než informovanost obyvatelstva žijícího v menších obcích.

Pro výpočty byly empirické parametry, které představovali obyvatelé žijící ve městech, označeny indexem 1. Parametry, které představovali obyvatelé žijící v menších obcích byly označeny indexem 2.

**VSS<sub>1</sub>:**

$$n_1 = 55$$

$$O_{11} = \mu_1 = 4,27$$

$$S_{x1} = 1,50$$

**VSS<sub>2</sub>:**

$$n_2 = 54$$

$$O_{12} = \mu_2 = 3,72$$

$$S_{x2} = 1,08$$

$$t_{\text{exp}} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{(n_1 - 1) S_{x1}^2 + (n_2 - 1) S_{x2}^2}} * \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} = \mathbf{0,16}$$

$$W = (-\infty; -t_{n_1+n_2-2}(\alpha/2)) \cup (t_{n_1+n_2-2}(\alpha/2); +\infty) = (-\infty; -1,96) \cup (1,96; +\infty)$$

Dle výsledku lze konstatovat, že hodnota  $t_{\text{exp}}$  nenáleží do oboru kritických hodnot  $W$ . Je tedy nutné přijmout nulovou hypotézu  $H_0$ : „*Informovanost obyvatelstva o havárii v jaderné elektrárně Fukušima žijícího ve městech není statisticky významně vyšší než informovanost obyvatelstva žijícího v menších obcích.*“

## 5 DISKUSE

Ve výzkumné části bakalářské práce byla zjišťována informovanost obyvatelstva Jihočeského kraje o havárii v jaderné elektrárně Fukušima. Tato havárie z roku 2011 se řadí po výbuchu v jaderné elektrárně Černobyl, v roce 1986, mezi nejhorší jaderné události v historii. V době fukušimské havárie byl svět dostatečně informován prostřednictvím médií a jiných sdělovacích prostředků, z tohoto důvodu by měly znalosti obyvatelstva dosahovat alespoň základní úrovně.

Pro zjištění míry informovanosti obyvatelstva Jihočeského kraje o havárii v jaderné elektrárně Fukušima bylo provedeno dotazníkové šetření. Průzkumu se zúčastnilo 109 obyvatel Jihočeského kraje. Pro porovnání informovanosti obyvatel žijících ve městech a v menších obcích bylo náhodně vybráno 55 obyvatel ze 2 měst a 54 obyvatel ze 4 menších obcí.

### 5.1 Diskuse k jednotlivým otázkám

Dotazník, který byl předložen obyvatelům Jihočeského kraje, byl tvořen 11 uzavřenými otázkami. Obsahoval 1 otázku informativního charakteru, která zařadila respondenta do příslušné kategorie podle místa bydliště, a umožnila tak následně porovnat znalosti obyvatel žijících ve městech a v menších obcích.

První otázka se týkala geografické polohy jaderné elektrárny Fukušima. Správná odpověď byla varianta *d) Japonsko*. Tuto odpověď zvolilo 83 % respondentů, tj. 91 z celkového počtu dotazovaných. V kategorii obyvatel žijících ve městě správně odpovědělo 46 osob a v menších obcích 45. Tato otázka patřila k nejlépe zodpovězeným z celého dotazníku. Dobrou úspěšnost přisuzuji vysokému zájmu médií. Avšak dle mého názoru jde o základní informaci, proto jsem očekávala lepší výsledek.

Druhá otázka se dotazovala na rok, ve kterém se havárie ve Fukušimě odehrála. Správná odpověď byla varianta *c) 2011*. Správný rok zvolilo 71 % respondentů, tedy 77 ze všech dotazovaných. 40 správných odpovědí pocházelo od respondentů z měst a 37 od dotazovaných z menších obcí. I tato otázka patřila k nadprůměrně dobře zodpovězeným. V porovnání s diplomovou prací Bc. Terezy Černé (2017), která prováděla výzkum informovanosti o havárii jaderné elektrárny Fukušima v Kraji Vysočina, vyplývá, že úroveň znalostí obyvatelstva o datu havárie je v obou krajích celkem srovnatelná. V jejím

šetření zvolilo správnou odpověď 73 % dotazovaných. Výsledek otázky se dá považovat za uspokojivý, avšak i tuto otázku považují za základní údaj, a proto jsem předpokládala vyšší úroveň znalostí.

Třetí otázka se týkala přírodních událostí, které havárii ve Fukušimě předcházely. Správná odpověď byla *b) zemětřesení a vlna tsunami*. Tuto odpověď zvolilo celkem 80 % respondentů, tedy celkem 87 oslovených obyvatel. Z měst to bylo 44 respondentů a z menších obcí 43. V této otázce jsem očekávala takto vysokou úspěšnost, jelikož zemětřesení i vlna tsunami byly velmi silné a tím pádem byl událostem věnován dostatečný prostor v médiích a ostatních sdělovacích prostředcích. V porovnání s bakalářskou prací Nikolý Orthové (2015), která prováděla šetření o vnímání obyvatel ČR o radiačních rizicích vyplývajících z havárie jaderné elektrárny Fukušima, plyne, že informovanost obyvatel Jihočeského kraje v otázce příčin předcházejících havárii ve Fukušimě dosahuje velmi vysoké úrovně. V jejím šetření tuto odpověď zvolilo 69,5 % dotazovaných, což je nižší výsledek než v Jihočeském kraji.

Na čtvrtou otázku, která se tázala na maximální okruh evakuace kolem elektrárny Fukušima, odpovědělo správně *b) 20 km* 32 %, tj. 35 osob z celkového počtu dotazovaných. V kategorii obyvatel žijících ve městech to bylo 20 dotazovaných a v kategorii menších obcí 15. Evakuace obyvatel byla nařízena v odpoledních hodinách v den havárie, tedy 11. března 2011. Nejprve byla nařízena obyvatelům žijícím v okruhu 3 km od elektrárny. Následující den byla postupně prodloužena na 20 km a dokončena byla 15. března. U otázky jsem čekala vyšší úspěšnost a výsledek tedy považuji za neuspokojivý. Nejčastější, ale chybnou odpovědí, byla varianta *c) 30 km*.

Na pátou otázku, která zjišťovala, které radioaktivní prvky byly hlavní složkou radioaktivního mraku unikajícího z elektrárny Fukušima, odpovědělo správně *a) cesium a jód* 27 % respondentů, tj. 29 osob z oslovených obyvatel. 21 obyvatel měst a pouze 8 obyvatel menších obcí odpovědělo na tuto otázku správně. Hlavní složkou radioaktivního mraku unikajícího z elektrárny bylo  $\text{Cs}^{137}$ . Poločas přeměny tohoto radioaktivního prvku je 30 let. Z krátkodobého hlediska byl velkým problémem únik  $\text{I}^{131}$ , jehož fyzikální poločas rozpadu je 8 dní. Jód je v lidském těle zachytáván ve štítné žláze, kde je schopen se hromadit a může vést ke vzniku pozdních nádorových onemocnění. Tato otázka patřila k nejhůře zodpovídaným. Špatný výsledek prisuzuji tomu, že laická veřejnost nemá dostatečné znalosti v otázkách radioaktivních látek.

Šestá otázka se týkala počtu zemřelých osob v souvislosti s ozářením. Správná odpověď byla varianta *d) 0*. Správně odpovědělo 17 % dotazovaných, tedy 19 osob z celkového počtu dotazovaných. V kategorii obyvatel žijících ve městech odpovědělo správně 13 osob, a v kategorii menších obcí 6. Nejvíce obětí je přisuzováno silnému zemětřesení a následné vlně tsunami. Značné oběti na životech způsobila také rychlá a chaotická evakuace. Šestá otázka dopadla, co se týče úspěšnosti v procentech, nejhůře. Domnívám se ale, že nízká úroveň výsledků je způsobena špatnou formulací otázky, kdy si dotazovaní mysleli, že se otázka týká celkového počtu obětí, zemřelých v důsledku havárie. Nejčastější odpovědí byla varianta *c) není známo*. V dotazníkovém šetření Nikoly Orthové (2015) správnou odpověď v této otázce zvolilo 21,6 % dotazovaných respondentů. Oba výsledky je tedy možno považovat za srovnatelné.

Sedmá otázka se dotazovala na stupeň, kterým byla havárie na Mezinárodní stupnici hodnocení jaderných událostí (INES) hodnocena. Správnou odpověď *d) 7. stupeň – Velmi těžká havárie* zvolilo 49 % respondentů, tedy 53 oslovených osob. Z měst správně odpovědělo 30 dotazovaných, z menších obcí 23. Výsledek otázky je průměrný, ačkoliv jsem očekávala větší úspěšnost. Po katastrofě v jaderné elektrárně Černobyl v roce 1986 patří fukušimská havárie mezi nejhorší jaderné události, proto jsem předpokládala, že ji větší počet dotazovaných zařadí správně do stupně 7.

Osmá otázka byla zaměřena na počet reaktorů, které byly v době havárie v provozu. Správná odpověď byla *c) 3 reaktory*. Tuto odpověď zvolilo 55 % dotazovaných, tj. 60 respondentů z celkového počtu oslovených. V kategorii obyvatel žijících ve městech správně odpovědělo 29 osob a v kategorii menších obcí 31. Výsledek otázky mě celkem překvapil, jelikož jsem očekávala, že správnou variantu zvolí nižší počet respondentů. V závěru tedy tuto otázku považuji za celkem uspokojivou. V dotazníkovém šetření Bc. Terezy Černé (2017) správnou variantu v této otázce zvolilo 57 % dotazovaných. Oba výsledky jsou tedy v porovnání velmi podobné.

Devátá otázka zjišťovala velikost zakázané zóny v okolí elektrárny Fukušima v současnosti. Správnou odpověď, tedy variantu *c) 20 km* zvolilo 37 % dotazovaných, tj. 40 oslovených obyvatel. Správně odpovědělo 20 obyvatel z měst a 20 obyvatel z menších obcí. I tato otázka patřila k těm hůře zodpovězeným, a její výsledek je tedy neuspokojivý.

Na desátou otázku, která se týkala evropské země, která je rozhodnuta do roku 2022 odstavit všechny své jaderné bloky odpovědělo správně c) *Německo* 50 % respondentů, tj. 54 osob z celkového počtu dotazovaných. V kategorii obyvatel z měst odpovědělo správně 32 osob a z kategorie obyvatel menších obcí 22. Německo bylo rozhodnuto své jaderné elektrárny odstavit již téměř deset let před havárií ve Fukušimě. Postupně od tohoto plánu ale z finančních důvodů odstupovalo, avšak fukušimská havárie přesvědčila německou vládu o plném odstavení všech jaderných bloků na území Německa. Země nahradí jadernou energetiku fosilními a větrnými zdroji. Průměrný výsledek považuji v této otázce za uspokojivý, jelikož jsem očekávala nižší procento správných odpovědí z důvodu nevelké rozšířenosti této zprávy mezi obyvateli.

## **5.2 Diskuse ke statistickému šetření**

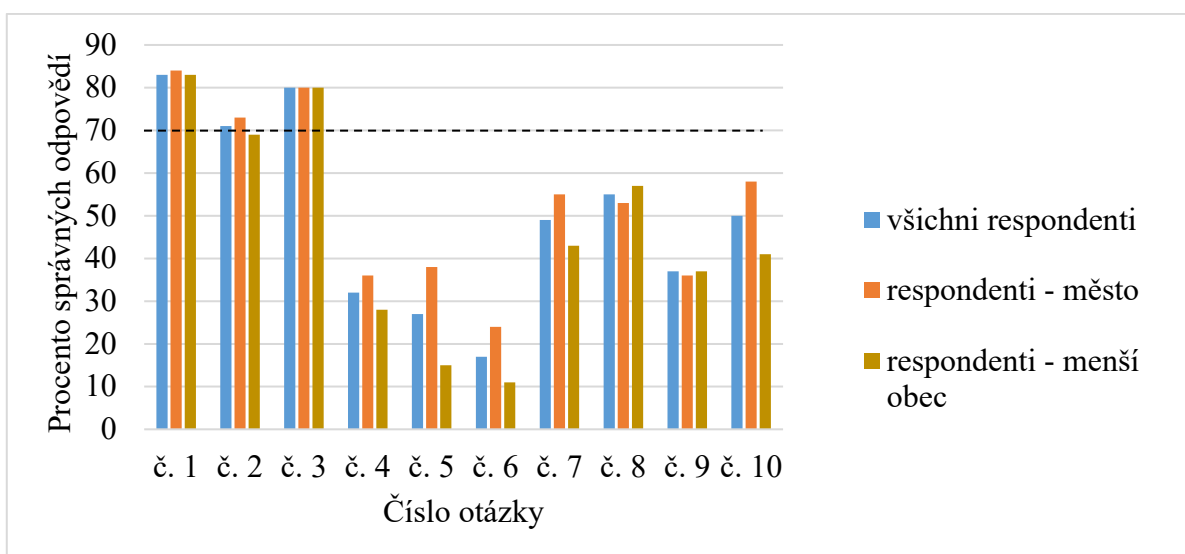
První hypotéza byla ověřována pomocí jednovýběrového t-testu. Z výsledku průměrných znalostí, tj. 50 % je patrné, že experimentální hodnota testového kritéria, tedy -2,94 je prvkem daného kritického oboru. Z toho vyplývá, že první hypotéza byla vyvrácena a znalosti obyvatelstva Jihočeského kraje o havárii v jaderné elektrárně Fukušima nedosahují 70 %.

Druhá hypotéza byla ověřována pomocí dvouvýběrového t-testu. Dle výsledku bylo konstatováno, že experimentální hodnota testového kritéria nenáleží do oboru kritických hodnot. Z toho důvodu byla i druhá hypotéza vyvrácena, tedy informovanost obyvatelstva o havárii v jaderné elektrárně Fukušima žijícího ve městech není statisticky významně vyšší než informovanost obyvatelstva žijícího v menších obcích.

Z výsledků lze usoudit, že znalosti obyvatelstva Jihočeského kraje o havárii v jaderné elektrárně Fukušima jsou průměrné. Znalosti základních faktů o havárii jsou na celkem dobré úrovni. Na obrázku 30 je vidět větší úspěšnost u prvních tří otázek, které se týkaly základních poznatků o havárii. Dá se tedy konstatovat, že obyvatelé mají alespoň základní znalosti o problematice jaderné havárie ve Fukušimě. Myslím, že důvodem je vysoký zájem médií o havárii a dále alespoň částečný zájem obyvatel. Nadprůměrné znalosti však prokázány nebyly. Očekávala jsem lepší výsledky zejména proto, že se na území Jihočeského kraje nachází jaderná elektrárna Temelín.



Co se týče rozdílu informovanosti obyvatel žijících ve městě a v menších obcích, statisticky významný rozdíl potvrzen nebyl. Největší rozdíl v informovanosti byl zaznamenán v otázce č. 5, která se týkala radioaktivních látek unikajících z elektrárny. Obyvatelé žijící ve městech dosahovali 38% úspěšnosti a obyvatelé z menších obcí 15%. Naprosto stejného procentuálního výsledku dosahovaly odpovědi na otázku č. 3, která se dotazovala na události, které havárii předcházely. Správnou odpověď, tedy *b) zemětřesení a tsunami* zvolilo 80 % dotazovaných z měst i menších obcí. V otázce č. 8, která se týkala počtu spuštěných reaktorů v době havárie, dokonce dosahovali lepších výsledků obyvatelé menších obcí. Jejich úspěšnost byla 57 %. Obyvatelé měst dosáhli 53% výsledku.



Obr. 30: Procentuální zastoupení správných odpovědí; zdroj: vlastní výzkum

## 6 ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zpracována na téma: „*Informovanost obyvatelstva Jihočeského kraje o havárii v jaderné elektrárně Fukušima*“.

V teoretické části byly uvedeny základní pojmy týkající se problematiky ionizujícího záření a jeho biologické účinky. Dále byly vysvětleny příčiny havárie, tedy zemětřesení a vlna tsunami. Také byla popsána struktura jaderné elektrárny Fukušima a poté samotná havárie. V závěru teoretické části byly uvedeny zdravotní, sociální i psychologické následky havárie na obyvatelstvo. Nakonec byly popsány dopady havárie na Japonskou a Německou jadernou energetiku.

Ve výzkumné části práce bylo provedeno vyhodnocení dotazníkového šetření pomocí základních metod deskriptivní a matematické statistiky. Výzkum byl zaměřen na informovanost obyvatelstva Jihočeského kraje o havárii v jaderné elektrárně Fukušima. Byly porovnány znalosti obyvatel žijících ve městech a obyvatel žijících v menších obcích. Byly stanoveny dvě hypotézy a obě byly vyvráceny. Je tedy možné konstatovat, že úroveň znalostí obyvatel žijících ve městech není statisticky významně vyšší než úroveň znalostí obyvatel žijících v menších obcích. Informovanost obyvatelstva o havárii v jaderné elektrárně Fukušima nedosahovaly 70 %.

Cíle práce „*Zjistit míru informovanosti obyvatelstva v Jihočeském kraji o havárii v jaderné elektrárně ve Fukušimě*“ a „*Porovnat znalosti obyvatelstva žijícího ve městech s obyvateli žijícími v menších obcích*“ byly v bakalářské práci splněny.

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Atominfo, *Evakuační příkaz byl ve Fukušimě zrušen*, 2019. [online]. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://atominfo.cz/2019/04/evakuacni-prikaz-byl-ve-fukusime-zrusen/>

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, *Schulze: Atomausstieg geht planmäßig voran*, 2019. [online]. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.bmu.de/pressemitteilung/schulze-atomausstieg-geht-planmaessig-voran/>

ČERNÁ, Tereza, 2017. *Informovanost obyvatelstva o jaderné havárii ve Fukušimě v Kraji Vysočina*. České Budějovice. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta. Vedoucí práce Mgr. Renata Havránková, Ph.D.

Elektro, *Japonská elektroenergetika – výroba elektrické energie*, 2008. [online]. [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/37460.pdf>

Enviweb, *Japonsko rozšíří evakuační zónu okolo Fukušimy. Lidé musí odjet povinně*, 2011. [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/86096>

Fakultní nemocnice v Motole, *Obecné informace o radioaktivitě a radiační ochraně*, 2012. [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <http://www.fnmotol.cz/kliniky-a-oddeleni/cast-pro-dospеле/klinika-nuklearni-mediciny-a-endokrinologie-uk-2-l/oddeleni-radiologicke-fyziky/obecne-informace-o-radioaktivite-a-radiacni-ochran/>

FILIPOVÁ, Alžběta, PEJCHAL, Jaroslav, ŠINKOROVÁ, Zuzana, TICHÝ, Aleš, ZÁRYBNICKÁ, Lenka, *Radiační ochrana při radiační mimořádné události*. Hradec Králové: Univerzita obrany, 2016. ISBN 978-80-7231-366-2.

HAVRÁNKOVÁ, Renata, FREITINGER SKALICKÁ, Zuzana, HAVRÁNEK, Jiří, ZÖLZER, Friedo, KUNA, Pavel, *Základy radiobiologie*. 1. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, 2018. ISBN 978-80-7394-696-8.

HOMOLA, Vladimír, *Úvod do statistiky*, 2014. [online]. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <http://homel.vsb.cz/~hom50/SLBSTATS/UST/GS02.HTM>

iDNES.cz, *Stres z nucené evakuace zabil ve Fukušimě víc lidí než tsunami*, 2014. [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/deprese-obyvatele-fukusimy.A140222\\_115509\\_zahranicni\\_mlb](https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/deprese-obyvatele-fukusimy.A140222_115509_zahranicni_mlb)

JURANOVÁ, Eva, HANSLÍK, Eduard, *Havárie jaderné elektrárny Fukušima Daiiči a její vliv na životní prostředí*, 2012. [online]. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: [https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2015/08/vtei\\_2012\\_6.pdf](https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2015/08/vtei_2012_6.pdf)

Klub Praha 7, *Fukushima Daiichi: příčiny-průběh-následky*, 2011. [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <http://www.klubpraha7.cz/?p=1740>

KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše, *Ochrana obyvatelstva*. 1. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. ISBN 9788086634708.

KUSALA, Jaroslav, *K vysokým energiím: Radioaktivita*, 2005. [online]. [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/urychl/k12.htm>

Ministerstvo vnitra ČR, *Bezpečnostní teorie a praxe; sborník Policejní akademie ČR*. 1. vydání. Praha: Vydavatelství Policejní akademie ČR, 2005. ISBN: 80-7251-183-1

NAVRÁTIL, Leoš a kol., *Radiobiologie*, 2011. [online]. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/7-kapitola/75.html>

Nazeleno, *Jaderná elektrárna Fukušima opravdu není Černobyl*, 2011. [online]. [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/energie/jaderna-energie/jaderna-elektrarna-fukushima-opravdu-neni-cernobyl.aspx>

NEJEDLÝ, Petr, *Zemětřesení v Japonsku a jaderná elektrárna Fukušima*, 2011. [online]. [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://nejedly.blog.idnes.cz/blog.aspx?c=181735&setver=touch>

Oenergetice, *8 let po havárii ve Fukušimě se první obyvatelé přilehlého města mohou vrátit*, 2019. [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jadernoelektrarny/8-let-havarii-ve-fukusime-se-prvni-obyvatele-prilehleho-mesta-mohou-vratit>

ORTHOVÁ, Nikola, 2015. *Vnímání obyvatel ČR o radiačních rizicích vyplývajících z havárie jaderné elektrárny Fukušima*. České Budějovice. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta. Vedoucí práce Zölzer Friedo, prof. Dr.rer.nat. DSc.

Portál krizového řízení JmK, *Evakuace*, 2018. [online]. [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/navody/evakuace#prehled>

Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Japonsko u jaderné energetiky zůstane*, b.ra. [online]. [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/informace-o-jadru/japonsko-u-jaderne-energetiky-zustane/>

Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Reakce na informace o aktuálně zjišťovaném zvýšení počtu rakoviny štítné žlázy v populaci ČR*, b.rb. [online]. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/reakce-na-informace-o-aktualne-zjistovanem-zvyseni-poctu-rakoviny-stitne-zlazy-v-populaci-cr/>

Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Situace na jaderných elektrárnách v regionu postiženém silným zemětřesením následovaným vlnou tsunami*, 2012. [online]. [cit. 2020-02-28]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/aktualne/Fukusima/Vznikhavarie.pdf>

Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Stručný přehled biologických účinků záření*, b.rc. [online]. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/strucny-prehled-biologickych-ucinku-zareni/>

Státní úřad pro jadernou bezpečnost, *Stupnice INES*, b.rd. [online]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/jaderna-bezpecnost/ines/stupnice-ines/>

Svět energie, *Jaderný energetický reaktor*, 2016. [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/elektrarny-2/jaderne-elektrarny/jaderny-energeticky-reaktor>

Světová zdravotnická organizace, *Psychická první pomoc: Průvodce pro terénní pracovníky*, 2011. [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44615/9788090650992-cze.pdf?ua=1>

Tokio Electric Power Company Holdings, *History*, 2017. [online]. [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://www.tepco.co.jp/en/hd/about/corporate/history-e.html>

Vyhláška Ministerstva vnitra č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva, 2002. In: *Sbírka zákonů České republiky*, částka 133, s. 7733. ISSN 1211-1244.

WAGNER, Vladimír, *Co nám řekla jaderná havárie ve Fukušimě I?*, 2015a. [online]. Jednota českých matematiků a fyziků. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: [https://dml.cz/bitstream/handle/10338.dmlcz/144486/PokrokyMFA\\_60-2015-4\\_3.pdf](https://dml.cz/bitstream/handle/10338.dmlcz/144486/PokrokyMFA_60-2015-4_3.pdf)

WAGNER, Vladimír, *Fukušima I poté*. 1. vydání. Praha: Novela bohémica, 2015b. ISBN 978-80-87683-45-3.

WAGNER, Vladimír, *Jak se vyvíjí radiační situace ve Fukušimě a okolí*, 2011. [online]. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: [http://hp.ujf.cas.cz/~wagner/popclan/fukusima/radiace\\_fukusima.htm](http://hp.ujf.cas.cz/~wagner/popclan/fukusima/radiace_fukusima.htm)

WAGNER, Vladimír, *Některá fakta o radioaktivní vodě ve Fukušimě I*, 2013a. [online]. Ekolist. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/vladimir-wagner-nektera-fakta-o-radioaktivni-vode-ve-fukusime-i>

WAGNER, Vladimír, *Problémy s radioaktivní vodou ve Fukušimě I*, 2013b. [online]. Objective Source E-Learning. [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.osel.cz/7082-problemy-s-radioaktivni-vodou-ve-fukusime-i.html#menu>

Wikimedia Commons, *Futaba District vs Fukushima evacuation zones*, 2011. [online]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Futaba\\_District\\_vs\\_Fukushima\\_evacuation\\_zones.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Futaba_District_vs_Fukushima_evacuation_zones.png)

World Nuclear Association, *Fukushima Daiichi Accident*, 2020. [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident.aspx>

YAMASHITA, Shunichi, *Risk of thyroid cancer after the Fukushima nuclear power plant accident*, 2013. [online]. ScienceDirect. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212534513000841?via%3Dihub>

ZÁŠKODNÝ, Přemysl, HAVRÁNKOVÁ, Renata, HAVRÁNEK, Jiří, VURM, Vladimír. *Základy statistiky (s aplikací na zdravotnictví)*. 2. vydání. Praha: CURRICULUM, 2011. ISBN 978-80-904948-2-4.

100+1 Zahraniční zajímavost, *Fukušima: Sedm let od havárie jaderné elektrárny*, 2018. [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://www.stoplusjednicka.cz/fukusima-sedm-let-od-havarie-jaderne-elektrarny>

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ANO	Akutní nemoc z ozáření
BWR	Boiling Water Reactor
cm	centimetr
GW	gigawatt
Gy	gray
IAEA	International Atomic Energy Agency
INES	The International Nuclear Event Scale
JE	jaderná elektrárna
km	kilometr
km <sup>2</sup>	kilometr čtvereční
m	metr
mSv	milisievert
MWe	megawatt tepelný
NRA	Nuclear Regulation Authority
PWR	Pressurized Water Reactor
SUJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
TEPCO	Tokio Electric Power Company
T <sub>1/2</sub>	fyzikální poločas přeměny
VVER	vodo-vodní energetický reaktor
μs	mikrosekunda

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1: Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí

Obrázek 2: Jaderný komplex Fukušima I. po zemětřesení a vlně tsunami

Obrázek 3: Poloha epicentra zemětřesení

Obrázek 4: Evakuační zóny

Obrázek 5: Mapa zasažených území a rozčlenění dle kontaminace

Obrázek 6: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 1

Obrázek 7: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 1

Obrázek 8: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 2

Obrázek 9: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 2

Obrázek 10: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 3

Obrázek 11: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 3

Obrázek 12: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 4

Obrázek 13: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 4

Obrázek 14: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 5

Obrázek 15: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 5

Obrázek 16: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 6

Obrázek 17: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 6

Obrázek 18: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 7



Obrázek 19: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 7

Obrázek 20: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 8

Obrázek 21: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 8

Obrázek 22: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 9

Obrázek 23: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 9

Obrázek 24: Zastoupení správných a špatných odpovědí u otázky č. 10

Obrázek 25: Zastoupení správných a špatných odpovědí u obyvatel žijících ve městě a menších obcích u otázky č. 10

Obrázek 26: Empirické rozdělení relativních četností – město

Obrázek 27: Empirické rozdělení kumulativních četností – město

Obrázek 28: Empirické rozdělení relativních četností – menší obce

Obrázek 29: Empirické rozdělení kumulativních četností – menší obce

Obrázek 30: Procentuální zastoupení správných odpovědí

Tabulka 1: Škálování výsledků šetření u obyvatel žijících ve městě

Tabulka 2: Výsledky měření – město

Tabulka 3: Vypočítané empirické parametry – město

Tabulka 4: Škálování výsledků šetření u obyvatel žijících v menších obcích

Tabulka 5: Výsledky měření – menší obce

Tabulka 6: Vypočítané empirické parametry – menší obce

## **10 SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha A – dotazník

# PŘÍLOHY

## Příloha A – dotazník

Dobrý den,

ráda bych Vás požádala o vyplnění krátkého a zcela anonymního dotazníku, který je součástí mé bakalářské práce. Výsledky dotazníku využiji výhradně ve své práci věnující se tématu informovanosti o havárii v jaderné elektrárně Fukušima a rozdílu informovanosti obyvatel na vesnici a ve městech.

Děkuji Vám za Váš čas,

Tereza Třešničková

Studentka Zdravotně sociální fakulty JU, oboru Ochrana obyvatelstva se zaměřením na CBRNE

**Označte prosím, zda žijete v menší obci či ve městě:**

- menší obec
- město

**1. Ve které zemi leží jaderná elektrárna Fukušima?**

- a) Čína
- b) USA
- c) Ukrajina
- d) Japonsko

**2. Ve kterém roce se havárie ve Fukušimě odehrála?**

- a) 1986
- b) 2001
- c) 2011
- d) 2018

**3. Která/é událost/i havárii v elektrárně Fukušima předcházela/y?**

- a) výbuch sopky a zemětřesení

- b) zemětřesení a vlna tsunami
- c) povodně a sesuv půdy
- d) jen vlna tsunami

**4. V jakém maximálním okruhu v okolí elektrárny Fukušima byla vyhlášena evakuace obyvatel?**

- a) 10 km
- b) 20 km
- c) 30 km
- d) evakuace vyhlášena nebyla

**5. Které radioaktivní prvky byly hlavní složkou radioaktivního mraku unikajícího z elektrárny Fukušima?**

- a) cesium a jód
- b) radium a polonium
- c) uran a thorium
- d) radon a uhlík

**6. Kolik lidí zemřelo v souvislosti s ozářením?**

- a) více než 10
- b) více než 100
- c) není známo
- d) 0

**7. Kterým stupněm na Mezinárodní stupnici jaderných událostí (The International Nuclear Event Scale – INES) byla havárie ve Fukušimě hodnocena?**

- a) 4. stupeň – Havárie bez vážnějšího vlivu na okolí
- b) 5. stupeň – Havárie s rizikem vlivu na okolí
- c) 6. stupeň – Těžká havárie
- d) 7. stupeň – Velmi těžká havárie

**8. Kolik reaktorů bylo v době havárie Fukušimy v provozu?**

- a) všech 6 reaktorů
- b) 1 reaktor

- c) 3 reaktory
- d) žádný reaktor

**9. Jak velká je v současnosti zakázaná zóna v okolí elektrárny Fukušima?**

- a) 5 km
- b) 10 km
- c) 20 km
- d) v okolí není zakázaná zóna

**10. Která evropská země je rozhodnuta odstavit všechny své jaderné bloky do roku 2022 jako reakci na havárii ve Fukušimě?**

- a) Francie
- b) Švýcarsko
- c) Německo
- d) Itálie