

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra APLIKOVANÉ EKOLOGIE



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta životního
prostředí**

**Plošná aktivita radionuklidů zjištěná ve vzorcích
odebraných půd - případová studie**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Bakalant: Jaroslav Lhotský

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jaroslav Lhotský

Územní technická a správní služba

Název práce

Plošná aktivita radionuklidů zjištěná ve vzorcích odebraných půd – případová studie

Název anglicky

Surface activity of radionuclides identified in the samples taken of soils – a case study

Cíle práce

Plošná aktivita radionuklidů zjištěná ve vzorcích odebraných půd – případová studie

Metodika

Aktualizace údajů ve vhodných lokalitách ze zprávy "Plošná aktivita ^{137}Cs , ^{134}Cs a ^{103}Ru , zjištěná ve vzorcích odebraných půd při celostátním průzkumu dne 17.06.1986"

viz <http://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/plosna-aktivita-radionuklidu-zjistena-ve-vzorcich-odebranych-pud>

Doporučený rozsah práce

40

Klíčová slova

cesium 137, cesium v půdách, havárie jaderné elektrárny Černobyl

Doporučené zdroje informací

Bučna I., Dvořák Z., Malátová I et al.: Radionuklidy z černobylské havárie v půdě na území ČSSR: jejich původ, depozice a distribuce.

Hůlka J., Malátová I.: Radiační situace v České republice. Státní ústav radiační ochrany,
http://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/radiacni_situace_v_cr_po_cernobylu.pdf

Malátová I.: Situace po černobylské havárii v České republice. [online]. Dostupné z:
http://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/situace_po_cernobylske_havarii_v_ceske_republi-ce.pdf

www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/plosna-aktivita-radionuklidu-zjistena-ve-vzorcich-odebranych-pud

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Konzultant

Doc. RNDr. Emílie Pecharová, CSc.

Elektronicky schváleno dne 26. 2. 2018

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 26. 03. 2018

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením prof. Ing. Jana Vymazala, CSc. a Doc. RNDr. Emílie Pecharové, CSc. a že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Dasnicích 18. 4. 2018

.....

Poděkování:

Děkuji tímto všem, kteří mi se zpracováním bakalářské práce pomohli. Zejména pak Doc. RNDr. Emílii Pecharové, CSc. za odborné vedení a poskytnutí cenných a užitečných informací. Dále děkuji Sokolovské uhelné, právní nástupce a.s., městu Františkovy Lázně, obci Josefov, obci Pomezí nad Ohří a Ing. Jiřímu Vackovi, kteří mi umožnili odběr vzorku na jejich pozemcích. Děkuji rovněž prof. Ing. Janu Vymazalovi, CSc, Mgr. Janu Helebrantovi, pracovníkovi odboru havarijní připravenosti, oddělení SVZ a analytické expertní skupiny Státního úřadu radiační ochrany za poskytnutí důležitých odborných informací a rad a dále Tomáši Mňukovi a Bc. Petře De Luca za jejich čas a znalosti, při odběrech vzorků půdy a zpracování. Děkuji i Státnímu ústavu radiační ochrany za analýzu mnou odebraných vzorků.

V Dasnicích 18.4.2018

.....

Abstrakt

Práce je zaměřena na plošnou aktivitu radionuklidů v odebraných vzorcích půdy v Karlovarském kraji. První část práce rešeršní formou je zaměřena na havárii v jaderné elektrárně Černobylu a důsledky této havárie. Práce popisuje, jak se po havárii v Černobylu vyvíjela situace na území České republiky. V praktické části práce jsou představena čtyři odběrná místa, kde byly odebrány vzorky půdy a kde bylo provedeno měření detektorem Safecast bGegie NanoTento, což je detektor zaznamenávající ionizující záření. V diskuzi jsou uvedeny výsledky z odebraných půd. Dále poskytuji návrh, jakým způsobem bych snížil kontaminaci potravinového řetězce radionuklidy. Tento návrh lze využít k ochraně zdraví obyvatelstva před kontaminací radionuklidy.

Klíčová slova

Cesium 137, cesium v půdách, havárie jaderné elektrárny Černobyl, radionuklidy

Summary

The project is focused on the surface activity of radionuclides which are collected from soil samples in the Region of Karlovy Vary. The first part of the research is focused on the accident at Chernobyl nuclear power station and the consequences of this accident. The project describes how was the situation in the Czech Republic area after of the Chernobyl disaster. In the practical part of the thesis are presented four sampling points, where samples of soil were taken and it was made by Safecast bGegie NanoTento detector that records ionizing radiation. Discussion shows results from soil samples. In the next step, I provide how to reduce the contamination of the woodland ecosystem food chain with radionuclides. This suggestion can be used to protect the health of the population from radionuclide contamination.

Keywords

Cesium 137, cesium in soils, crash of Chernobyl power plant, radionuclides

Obsah

1. ÚVOD:	9
2. CÍLE:	10
3. JADERNÁ ELEKTRÁRNA ČERNOBYL	10
3.1 Lokalita a historie Černobylu	10
3.2 Černobylský test	11
3.3 Bezprostředně po havárii	13
3.4 Oběti havárie	14
3.5 Evakuace obyvatel	15
3.6 Ekologické důsledky havárie	15
3.6.1 Zemědělství	15
3.6.2 Lesy	16
3.6.3 Města	16
3.6.4 Voda	16
3.6.5 Černobylská fauna a flora	17
3.6.6 Mutace po havárii	17
3.7 Stav v Československu v roce 1986	18
3.8 Radioaktivní mrak v Československu	19
3.9 Možné důsledky havárie Černobylu na obyvatele v Československu	20
3.10 Povrchová kontaminace radionuklidy v České republice	21
3.11 Kontaminace obyvatel	22
3.12 Kontrola radionuklidů v potravinách	22
3.13 Stav radionuklidů v České republice v roce 1999	23
3.14 Kontaminace ovzduší z roku 1999	24
3.15 Kontaminace potravin z roku 1999	24
3.16 Kontaminace vody	24
3.17 Kontaminace osob	24
3.18 Kontaminace České republiky po 25 letech	25
3.19 Počátky jaderné energetiky	26
3.20 Jaderná energetika po Černobylské havárii	26
<u>3.21. Hlavní radionuklidy v životním prostředí po havárii v Černobylu:</u>	28
4. METODIKA:	29
5. PRAKTICKÁ ČÁST	31
5.1 Úvod do praktické části	31
5.2 Lokalita Bukovany	33
5.2.1 Odběrné místo číslo 1	33

5.2.2 Odběrné místo číslo 2	35
5.2.3 Měření radiačního mapování lokality Bukovany	36
5.2.4 Výběr parcel v Bukovanech	37
5.3 Lokalita Josefov – část Radvanov	38
5.3.1 Odběrné místo číslo 3	38
5.3.2 Odběrné místo číslo 4	40
5.3.3 Měření radiačního mapování Lokality Josefov - Radvanov	41
5.3.4 Výběr parcel v Josefově – část Radvanov	42
5.4 Lokalita Františkovy Lázně	43
5.4.1 Odběrné místo číslo 5	43
5.4.2 Odběrné místo číslo 6	45
5.4.3 Měření radiačního mapování lokality Františkovy Lázně	46
5.4.4. Výběr parcel ve Františkových Lázních	47
5.5 Lokalita Pomezí nad Ohří	48
5.5.1 Odběrné místo číslo 7	48
5.5.2 Odběrné místo číslo 8	50
5.5.3 Měření radiačního mapování lokality Pomezí nad Ohří	52
5.5.4 Výběr parcel v Pomezí nad Ohří	52
6. DISKUZE	55
6.1 Bukovany u Sokolova	56
6.2 Josefov - Radvanov	57
6.3 Františkovy Lázně	58
6.4 Pomezí nad Ohří	60
6.5 Měření Safecast bGeigie Nano	62
6.6. Environmentální bezpečnost	63
7. ZÁVĚR	64
8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A OBRÁZKŮ	66
8.1 Knižní a časopisové zdroje	66
8.2 Internetový zdroj	67
8.3 Seznam obrázků	67
8.4 Tabulky	69
8.5 Grafy	69

1. ÚVOD:

V roce 1986 v době od 01:23 hodin dne 26. dubna došlo k dosud největší havárii jaderné elektrárny Černobyl nacházející se na území tehdejšího Sovětského svazu, v severní části dnešní Ukrajiny v blízkosti hranic s Běloruskem. Uvedená havárie zasáhla svým rozsahem téměř celou Evropu. Bezprostředně po havárii došlo k úmrtí osob z důvodu jejich onemocnění z ozáření. Nešlo o jediné oběti havárie. K jiným onemocněním s trvalými následky a úmrtí došlo v následujících letech.

Při havárii bylo do ovzduší uvolněno velké množství radionuklidů. Toto množství vytvořilo radioaktivní mrak, který se pohyboval po celé Evropě. Následkem pohybu radioaktivního mraku a dešťových srážek došlo k zamoření zemského povrchu a povrchových vod.

V České republice, respektive v bývalém Československu bylo po havárii provedeno měření za účelem zjištění koncentrace zamoření půd na území Československé republiky. Toto bylo provedeno dne 16.6.1986 při celostátním průzkumu odebraných vzorcích půd.

Pro svou bakalářskou práci jsem se rozhodl provést opětovný odběr jednotlivých vzorků půd za účelem zjištění přesné koncentrace radionuklidů. Pro svou studii jsem zvolil lokalitu Karlovarského kraje, kde jsem odebral vzorky jednotlivých půd. Dále jsem provedl měření detektorem určeným k radiačnímu mapování terénu – Safecast bGeigie Nano.

V první části své práci rozebírám samotnou havárii Černobylské elektrárny. Popisuji zde její příčiny, následky a šíření radionuklidů po Evropě. Rovněž zde popisuji stav v Československu.

V praktické části popisuji samotné odebírání půd, lokalit a vyhodnocuji jednotlivá měření.

2. CÍLE:

Cílem mé práce bude vybrat vhodné lokality k odběru půdních vzorků. Provést odběr z pozemků, které nebyly zemědělsky obdělávány a naopak odebrat vzorky z pozemků, které byly od doby havárie v Černobyli zemědělsky obdělávány. V odebraných vzorcích budou zjišťovány hodnoty radionuklidů, které budou porovnány s naměřenými hodnotami zjištěných při celostním průzkumu odebraných půd ze dne 17.6.1986. Jednotlivé hodnoty zjištěné při odběru budou rovněž porovnány i mezi sebou vzájemně. Dále je nutné provést přístrojem Safecast bGeigie Nano radiační mapování terénu na území Karlovarského kraje. Všechny tyto měření, zjištěné poznatky cítím jako potřebné informace pro obyvatele České republiky. Zjištěné hodnoty jsou pro veřejnost jasným důkazem, do jaké míry je v dané lokalitě jejich zdraví ohroženo v důsledku radioaktivity v okolním životním prostředí. Zjištěné poznatky mohou být přínosné pro environmentální bezpečnost. Environmentální bezpečnost je stav, při kterém je pravděpodobnost vzniku krizové situace vyvolané narušením životního prostředí ještě přijatelná.

3. JADERNÁ ELEKTRÁRNA ČERNOBYL

3.1 Lokalita a historie Černobyli

Dnes, již bývalá jaderná elektrárna se nachází severu Ukrajiny, v Kyjevské oblasti, poblíž hranic s Běloruskem v kraji nazývaném Polesí. Protéká jím řeka Pripjat' (Tůma, 2000).

Počátek výstavby jaderné Černobylské elektrárny je datován k roku 1971. Rok před tím vzniklo město energetiků. Jaderná elektrárna Černobyl měla čtyři reaktory o celkovém výkonu 4000 MW. Reaktory byly tlakovodní. Ke zpomalování neutronů v reaktoru a jeho regulaci bylo užito grafitu. Z grafitu bylo vyrobené těleso, ve kterém je síť chladicích trubek, ve které kolovala chladicí voda. V tělese jsou umístění tyčen s radioaktivním palivem. Celý reaktor je chlazen vodou. Vzniklá pára při chlazení rozhání turbínu vyrábějící elektrickou energii. Cirkulace vody se v reaktorech nesmí zastavit. Pak dochází ke stavu, kdy hrozí exploze. Uvedení do provozu Černobylské elektrárny bylo o několik měsíců dříve, než bylo plánováno. Jaderná elektrárna byla vystavena několika zkouškám, které se zabývaly funkčními

systemy řízení jaderné elektrárny. Nebyly však provedeny všechny potřebné zkoušky nebo nebyly zcela dokončené (Tůma, 2000).

Nehoda v jaderné elektrárně Černobyl byla jednou z největší projektovou nehodou, se kterou mohli konstruktéři elektrárenského zařízení počítat. Nehodu způsobilo několik na sebe navazujících porušení předpisů a zásad bezpečnosti jaderného reaktoru, jehož režim a vybavení neodpovídaly světové praxi. Nehodu, které předcházela experiment, který měl prověřit jednu ze základních funkcí reaktoru, bezpečného fungování reaktoru byl proveden v první fázi testování. Tato fáze měla být ještě před zpuštěním samotné jaderné elektrárny. Samotný proces experimentu neproběhl tak, jak byl před tím původně plánován. Test zařízení byl brán jako záležitost elektrotechnická a proto byla provedena pod vedením elektrotechniků. Specialisté na jaderné reaktory se přímo na testu nepodíleli. Pracovníci noční směny vypnuli protihavarijní systém. Snížil se výkon reaktoru. Pracovníci přešli z automatizovaného řízení na manuální. Díky tomu reaktor vyhasl. Následným pokusem vše napravit a obnovit tak chod reaktoru způsobil havárii, která způsobila radioaktivní spád větší, než výbuchy v Japonsku, konkrétně v Hirošimě a Nagasaki v roce 1945. Stopová množství spadlých radionuklidů byla měřitelná po celé severní polokouli Země (Štuller, 1996; Tůma, 2000).

Následky havárie byly zvýšeny prvotními pokusy celou událost utajit před veřejností režimem, kterému málo záleželo na lidském zdraví a životním prostředí obecně (Štuller, 1996; Tůma, 2000).

3.2 Černobylský test

Nešťastná havárie se udála v Černobylské jaderné elektrárně dne 26. dubna 1986, kdy na jaderném reaktoru byl proveden běžný experiment, který se však odchýlil od svého naplánování. Šlo v podstatě o využití elektrického výkonu z dobíhajícího turbogenerátoru ke krátkodobému nouzovému chlazení reaktoru. Uvedené zařízení je pro bezpečnost jaderného reaktoru vysoce důležité. Elektrická energie z turbogenerátoru je zdrojem pro čerpadla, která mají za úkol chlazení reaktoru a dále pak ochlazují havarijní tyče. Rovněž je zdrojem energie pro vedoucí místnost s řídicím zařízením. Dne 25. dubna 1986 po jedné hodině ranní byl pracovníky snížen výkon reaktoru. Zároveň byl systém havarijního chlazení odpojen.

To z tohoto důvodu, aby experiment nebyl přerušen. Následně byl test zastaven a o devět hodin odložen. Přestože byl test odložen, nebylo nouzové chlazení opětovně uvedeno do provozu. Byl to postu v rozporu s předpisy jaderné elektrárny. Experiment byl přenechán druhé směně provozu. Ta však na něj nebyla připravena. V době od 23:00 hodin dne 25. Dubna 1986 bylo pokračováno ve snižování výkonu reaktoru. Během toho, co byly prováděny přípravy na test, měli operátoři problémy s udržením stability výkonu reaktoru. Během toho došlo k prudkému poklesu výkonu na úroveň 30 MW. Šlo v podstatě o zastavení štěpné reakce v reaktoru. V tuto chvíli měl být experiment zastaven. Nedošlo by tak k havárii reaktoru. Pracovníci, elektrotechnici bez přítomnosti odborníků a jaderných inženýrů obsluhy reaktoru se snažili zvýšit výkon reaktoru. Provedli to tím, že vytáhli regulační tyče současně s havarijními tyčemi. Havarijní tyče měly funkci pohlcování neutronů. Toto byla osudová chyba. V 00:31 hodin dne 26. Dubna 1986 tepelný výkon reaktoru se na krátko dostává nad 700 MW. Pak následně vlivem několika chyb obsluhy rychle propadne na 500 MW. Došlo ke snížení výkonu k hodnotě 200 MW. To byla hodnota, při které byl provoz reaktoru zakázán. Minimální provoz tohoto reaktoru byl 700 MW až 1000 MW. Pracovníci si byli vědomi toho, že došlo k prudkému poklesu výkonu. Dle zástupce hlavního inženýra Djatlova mělo jít o nepatrné riziko a proto i nadále trval na pokračování ve snižování výkonu. V 00:36 hodin dne 26. dubna 1986 poplachové zařízení upozorní na nízkou hladinu vody v odlučovačích. Tím je dán zároveň signál, že do aktivní zóny jaderného reaktoru za nízkém tepelném výkonu je čerpáno malé množství vody. Při čerpání velkého množství chladné vody dochází k tomu, že chladná vody nedokáže dostatečně prohřát. Tím se tvoří málo páry o nízkém tlaku. Vzniklá pára se odvádí na pohon turbín elektrárny. Při čerpání malého množství vody, což bylo v případě Černobyly, došlo k rychlému ohřevu vody a tím i vzniku velkého množství páry. S rostoucím množstvím páry a tepla se v reaktoru zvyšoval tlak. Rovněž rostlo množství neutronů a štěpných reakcí atomu uranu. Tím vzrostl výkon, teplota i množství páry v zařízení. Na tomto základě pracovníci elektrárny vydali rozhodnutí zasunout regulační tyče spolu s havarijními tyčemi zpět do reaktoru. To vše v čase 1:23:40 hodin dne 26. dubna 1986. Operace trvala přibližně po dobu 36 vteřin. Přesto nedošlo k zastavení štěpné reakce uvnitř reaktoru. Některé tyče se nepodařilo vzhledem k jejich deformaci způsobené teplem zasunout. Některé tyče, respektive jejich kovové konce urychlily štěpnou reakci v reaktoru. V důsledku uvedených událostí došlo v čase 1:23:44 hodin

dne 26. dubna 1986 ke dvou výbuchům reaktoru. Tento byl páru přetlaková. Došlo k tepelné a vzápětí i vodíkové explozi, která vymrštila tisíce tunové víko vzhůru. Víko poničilo střechu budovy. Rovněž došlo k roztahání samotného reaktoru. Rozžhavené trosky z reaktoru zapálily střechu budovy. Vzápětí došlo k propadu střechy budovy do trosek reaktoru. Následkem toho došlo k vyvržení mračna kouře spolu s radioaktivním palivem (Štuller, 1996; Tůma, 2000; Drábová et al. 2001).

3.3 Bezprostředně po havárii

Po explozi, která zničila reaktor Černobylské elektrárny, došlo k následnému požáru. Požár hořel po dobu 10 dnů. Při požáru došlo k významnému úniku radioaktivních materiálů do okolní životního prostředí. Oblak s radioaktivním materiálem se rozšířil téměř nad celou Evropu. Jako první mimo Sovětský svaz naměřili zvýšenou radiaci ráno po výbuchu ve Švédské jaderné elektrárně Forsmark. Zde odhadli, že muselo dojít k jaderné havárii a odhadli i místo, Černobylskou elektrárnu (Hanus et al., 2006).

Oblak, který se rozšířil nad velkou část Evropy v sobě četné množství radioaktivních látek. Byly to především radionuklidy cesia a jódu. Radioaktivní cesium ^{137}Cs má poločas rozpadu 33 let a ve velkých částech Evropy a je měřitelné v půdách. Může být obsaženo v některých potravinách. Radioaktivní jód ^{131}I , který především zasahuje štítnou žlázu, má poměrně krátký čas rozpadu. Rozpad trvá přibližně 8 dnů. Jód ^{131}I se prakticky rozpadl pár týdnů po havárii. K největší kontaminaci půd došlo v bezprostředním okolí elektrárny, v rozsáhlých oblastech bývalého sovětského svazu, kde se v dnešní době nachází Ukrajina Bělorusko a Ruská federace. V několika dnech po havárii bylo užito několik meteorologických metod k pozorování následků. Jednou z těchto metod byla tzv. aplikace Mesos, která byla vyvinuta ke studiu jaderných nehod a vyhodnocování rizik různých projektů. (Damveld, 1992; ApSimon et al., 1989).

Na území tehdejšího Československa byl radioaktivní mrak z Černobylu zjištěn dne 29. dubna roku 1986. První zjištění bylo zaznamenáno v jaderné elektrárně Jaslovské Bohunice (na území dnešního Slovenska). V té době bylo Československo málo informováno. Bylo to dáno i politickou situací. Československo bylo jako socialistická republika částečně pod Sovětským vlivem.

Samotný sovětský svaz se snažil celou věc udržet v tajnosti. Havárii Sovětský svaz potvrdil až 28. dubna 1986 (Vaněk, 1996).

Ve světě dle výsledků měření byla přítomnost radiace zjištěna 29. Dubna 1986 v Polsku, Rumunsku Německu a Rakousku. Dne 30. dubna 1986 ve Švýcarsku a na severu Itálie. Dne 1 a 2 května 1986 byla zjištěna radiace ve Francii, Nizozemsku, Belgii, Velké Británii a na severu Řecka. Dne 3 května 1986 byla zjištěna zvýšená radiace již v Asii. Konkrétně šlo o Turecko, Kuvajtu a Izraeli. Radioaktivní mrak, který byl větrem poháněn, se rozšířil na tolik, že 2. Května byly zjištěny látky v Japonsku. 4 května 1986 byly zaznamenány v Číně. V následujícím dnu v Indii. 5 až 6 května 1986 ve Spojených státech amerických a v Kanadě. Z Černobyli se stal globální problémem (Aleksíjevíč, 2002).

3.4 Oběti havárie

V období roku 1986 a 1987 bylo do likvidace následků výbuchu reaktoru zapojeno přes 200 000 tisíc členů armády, zaměstnanců elektrárny, horníků, policistů a hasičů. Pozdější počet pracovníků stoupl na téměř 600 000 tisíc lidí. Malý počet pracovníků byl vystaven nebezpečnému záření. Nevětší dávku záření zasáhly havarijní skupiny a zaměstnanci elektrárny. Bylo to si 1000 lidí během 24 hodin po havárii. Počet mrtvých v důsledku Černobylské havárie byl ve středu zájmu vědců, politiků, médií a především veřejnosti. Původně se tvrdilo, že mělo v důsledku havárie zemřít na stovky tisíc lidí. Tvrzení tohoto rozměru je však nepravdivé. Celkový počet osob, které mohli zemřít v důsledku ozáření během života likvidačních pracovníků, a okolních obyvatel nejvíc zamořených oblastí se odhaduje na 4000 osob. Tento počet je včetně 50 mrtvých hasičů a pracovníků. Tito zemřeli na syndrom akutního ozáření. Dále zemřelo 9 dětí na rakovinu štítné žlázy. Odhadem dále zemřelo 3940 osob, které zemřeli na rakovinu v důsledku ozáření. Počet úmrtí na syndrom akutního ozáření v průběhu prvního roku od havárie byl zadokumentován. Dle UNSCEAR byl syndrom akutního záření diagnostikován u 237 likvidačních pracovníků a obsluhy jaderné elektrárny. Detailním vyšetřením postižených osob bylo akutní ozáření potvrzeno u 134 z nich. Postižení měli v mnoho případech komplikace jako popáleniny a sepsí, kterou zapříčinilo extenzivní záření beta. Z postižených osob zemřelo 28 v roce 1986 na syndrom akutního ozáření. Dalších 19 zemřelo v období roků 1987 – 2004 z různých příčin. Další onemocnění způsobena ozářením mohlo v následujících letech zapříčinit u některých osob jejich

úmrťí, i když byly vystaveny akutnímu ozáření. U osob z řad široké veřejnosti postižené spadem z radioaktivního spadu z Černobylu byly radioaktivní dávky poměrně nízké. Nedošlo u nich k syndromu akutního ozáření. Naopak počet úmrtí v době 20 let po havárii, které lze přisoudit havárii, je pouze odhadem. Důvodem je skutečnost, že osoby nebyly vystaveny takovým dávkám, aby se u nich mohlo jasně projevit syndrom akutního ozáření. Osoby umírají ze stejných příčin jako osoby, které nebyly ozáření vystaveny. U zkoumaných skupin jak u místních obyvatel, tak u pracovníků elektrárny byl nárůst úmrtnosti ve srovnání s jinými kontrolními skupinami nevýrazný a velmi nízký. Ve skutečnosti je nepravděpodobné, že bude znám přesný počet usmrcených počet osob způsobený při havárii Černobylské jaderné elektrárny (Dědictví Černobylu, 2006; Bennet et al. 2006).

3.5. Evakuace obyvatel

V blízkosti jaderné elektrárny Černobyl se nachází město Pripjat'. Po výbuchu dne 26. dubna 1986 město o počtu 50 000 obyvatel nemělo ponětí o jaderné havárii. Tehdejší vedení komunistické strany oznamovaly, že nehrozí žádné nebezpečí. Až po prvních úmrtích z řad hasičů a dělníků úřady reagovaly. Do oblasti byli posláni specialisté. Ti zhodnotili po jejich příjezdu situaci. Následně byla nařízená evakuace obyvatel. Dva dny po výbuchu přijely autobusy do města Pripjat'. Začala evakuace, která se rozšiřovala. Evakuace následně postihla 120 000 osob. Obyvatelé si směli vzít pouze ty nejnnutnější věci. Do svých domovů se již nikdy nevrátili. Havárii přiznala vláda Sovětského svazu až po třech dnech. Bylo to až v době, kdy se radioaktivní mrak šířil Evropou (Švehla, 2016).

3.6 Ekologické důsledky havárie

3.6.1 Zemědělství

Velkému úniku radioaktivity při Černobylské havárii došlo při požáru, který vznikl po výbuchu reaktoru. Šlo o radioaktivní plyny, kondenzované aerosoly a částice jaderného paliva reaktoru. Odhaduje se, že uniklo přibližné množství 14 EBq, z toho jód ^{131}I tvořil 1,8 EBq, cesium ^{137}Cs 0,085 EBq, ^{99}Sr 0,01 RBq. Vzácné plyny činili 50 %. Přes 200 000 kilometrů čtverečních bylo po havárii kontaminováno. Kolem 70 % bylo na území Běloruska. Po havárii se rozšířil ve velké míře jód ^{131}I a cesium ^{137}Cs . V přírodě (v lesích, polích) a ve městech se

kontaminace projevila rozdílně. V prvních měsících po havárii docházelo k zamoření především zemědělských pozemků a neustájených zvířat. V prvních dvou měsících byl hlavním radionuklidem ^{131}I . Tento radionuklid byl objeven v mléce. Jeho obsažení v mléce vedlo při konzumaci u osob ke zvýšené akumulaci ve štítné žláze. Toto se hlavně projevilo u dětí. V Evropě, mimo nejvíce zasaženou oblast kolem jaderné elektrárny došlo vlivem lokální radioaktivního spadu ke zvýšení jódu ^{131}I v mléce. Bylo to především tam, kde se zvířata volně pásala na pastvinách, kde došlo k dešťovým srážkám. Ekologická náprava trvala dlouhodobě. K výraznému snížení radioaktivity v zeleniny, ovoce a zvířat došlo díky látkové výměně. Dnešní koncentrace cesia ^{137}Cs je z nejvíce zamořených míst po akční národní i mezinárodní úrovni (Dienstbier, 2010).

3.6.2 Lesy

V lesních porostech a horských oblastech se prokázala vysoká koncentrace radioaktivního cesia ^{137}Cs . Jedny z největších hodnot byly zjištěny měřením v lesních plodech především v houbách. Koncentrace cesia ^{137}Cs byla zjištěna rovněž ve vysokém množství u zvěře. Celý proces obnovení normálního stavu bude trvat desetiletí. Přítomnost radioaktivního cesia ^{137}Cs byla zjištěna u zvěře ve vzdálených oblastech Finska, Švédska, Norska a Ruska. Zvěř se v arktických a subarktických oblastech Evropy živí Lišejníky. Tyto rostliny byly hlavním zdrojem cesia ^{137}Cs (Dienstbier, 2010).

3.6.3 Města

Městské aglomerace byly zamořeny především na otevřených prostorech. Šlo především o praky, ulice, náměstí, travnaté plochy, střechy budov a jejich stěny. Intenzivní byla kontaminace v místech, kde se shromažďovala voda po deštích. Ta oplachovala budovy, ulice a náměstí. V nejbližším městě Pripjaťi v blízkých vesnicích bylo však nutné obyvatelé kvůli kontaminaci evakuovat. Radiace zde byla tak vysoká, že nebylo možné, aby zde lidé zůstali. (Dienstbier, 2010)

3.6.4 Voda

Povrchové vody byly především kontaminovány v okolí elektrárny Černobyl. Radioaktivita zasáhla ale i vodní systémy ve vzdálených místech Evropy. Ne ale v takové míře jako v okolí elektrárny. Vzhledem k menšímu spadu a nižší bioakumulaci nebyly hladiny cesia ^{137}Cs v rybách tak vysoké. V dnešní době již jsou

hladiny cesia ^{137}Cs ve vodě a rybách v rybnících, jezerech, řekách a dalších vodních nádržích nízké. V některých jezerech a uzavřených plochách zůstane voda a ryby v ní kontaminovány do rozpadu cesia ^{137}Cs . Tedy ještě několik desetiletí (Hanuš, 2006).

Z počátku byl vydán zákaz používání pitné vody a veškerá konzumace ryb v nejvíce zasažených oblastech. Pro obyvatelstvo byla zajištěné jiné zdroje pitné vody a nekontaminovaných potravin. V okolních státech Evropy tyto zákazy byly rovněž zavedeny. Vzhledem k monitorování radiační situace byly uvolňovány, až se od nich upustilo úplně (Dienstbier, 2010).

3.6.5 Černobylská fauna a flora

Kontaminace radioaktivitou měla velmi dlouhodobé důsledky v odumírání jehličnatých stromech, savců a bezobratlých živočichů. Rostliny a zvířata trpěla defektem reprodukční schopnosti. Byly zasaženy vysokou dávkou radiace. Do dnes se pozorují buněčné anomálie. Regenerace postižené fauny a flóry v uzavřené ochranné zóně byla usnadněna absencí jakékoliv lidské činnosti. Zavřená zóna je v současné době i vzhledem k její silné kontaminaci jedinečným místem pro biodiverzitu. Nacházejí se zde v současné době místy vzácné druhy rostlin. Je zde rovněž existenčně ohrožená zvěř, která se téměř nenachází v jiných nekontaminovaných oblastech (Dienstbier, 2010).

3.6.6 Mutace po havárii

První, kdo evidoval zvýšené četnosti mutací u lidské populace, byla Y. E. Dobrivová. Ta zjistila větší četnost mutací, poškození DNA u dětí likvidátorů. Mutace byly zjištěny v lokusech na jejich tandemových repetičích s délkou základního motivu větší než 6-8 nukleotidů. Tandemové repetice jsou sekvence nukleotidů opakující se na tomtéž vlákně DNA stále za sebou. Tandemové repetice nejsou dostatečně prozkoumanou částí genomu vyšších organismů. Do dnešní doby se nepodařilo rovněž v souvislosti a atomovými haváriemi (v Černobyli) a útoky (atomových bomb Japonsku) zjistit zvýšené četnosti mutací strukturních genů, které kódují proteiny. Zjistit příčinu onkologického onemocnění je velmi složité. Zhoubné bujení může být vyvoláno a urychleno mnoha příčinami, zejména změnami imunitního systému. Z tohoto důvodu je těžké tvrdit, zda určitý nádor vznikl v důsledku přímého genetického poškození, nebo zda již existoval a vnější okolí jej pouze popudilo k rychlejšímu rozvoji. S bytostmi, které označujeme za genetické

zrůdy, a mrzáky vznikají, tedy mohou vznikat i bez genetických poškození. Mohou se objevit i v důsledku různých onemocnění matky jednotlivce, jako výsledkem případného úrazu matky nebo kontaktu s chemickými látkami v kritických částech vývoje plodu. U lidské populace se ukazuje, že je to těžká otázka. Ve světě je mnoho radioaktivních oblastí, ve kterých je přirozeného radioaktivního záření řádově desetinásobně nebo i více násobně vyšší než celosvětový průměr. Jedna z nejvíce známých takových lokalit je Razmaru v Íránu. Zde je roční dávka až 260 μSv . Celosvětový průměr je 3,5 μSv . Vzhledem k takto vysokým hodnotám není u obyvatel Razmaru pozorováno zvýšení úmrtnosti a ani zvýšení výskytu dětí s vrozenými vadami nebo defekty. U zdejších obyvatel byly zjištěny jasné rozdíly v odolnosti krevních buněk vůči záření oproti obyvatelům oblastí s nízkým přirozeným radioaktivním pozadím. Údaje z experimentálních sledování lidských populací, které žijí v radioaktivních oblastech, svědčí o tom, že v těchto místech je z generace na generaci selekce, jejímž výsledkem je vzrůstající četnost jedinců odolných vůči radiaci. Co se týče osob postižených nejvíce po výbuchu Černobyli, můžeme reálně vyhodnotit až nyní, po jednatřiceti letech, protože potomci narození krátce po katastrofě jsou teprve několik let v přirozeném reprodukčním věku. Skutečné genetické následky katastrofy pro lidskou populaci můžeme pozorovat v posledních letech (Glazko et. Glazko, 2006)

3.7 Stav v Československu v roce 1986

V bývalém Československu byla první změna ve výkyvu elektrické energie v síti zjištěna na centrálním energetickém dispečinku dne 28. dubna 1986. Pravděpodobným zdrojem se stala jaderná elektrárna Černobyl. Později v dopoledních hodinách oznámilo Švédsko zvýšené hodnoty radiace ve vzduchu. Jako první v Československu zvýšenou přítomnost radiaci zjistili pracovníci v jaderné elektrárně v Jaslovských Bohunicích v odpoledních hodinách dne 29. dubna 1986. Jako druhá instituce, která odhalila na území tehdejšího Československa radioaktivitu, byla Krajská hygienická stanice v Hradci Králové. Na základě zjištěných skutečností byla ustanovena havarijní komise. V centru hygieny zařízení v Institutu hygieny a epidemiologie v Praze byla prováděna kontrola celostátní situace. Informace ze Sovětského svazu byla vydána až po 48 hodinách po havárii. V té době již Švédská vláda zjišťovala, odkud přichází zvýšená radioaktivita

nad území Švédska. Sovětská vláda svým jednáním vystavila spoustu svých občanů, ale i občanů jiných zemí ohrožení jejich zdraví. První zpráva ČTK vyšla dne 29. dubna 1986 ve večerních hodinách. Šlo o krátkou zprávu. V následujícím prohlášení ze dne 5. května 1986 byla přiznána zvýšená aktivita. Polsko hlásilo zvýšení koncentrace radioaktivního jódu dne 1. května 1986. Pětinasobek radioaktivity byl naměřen ve Švédsku. Žádné mimořádné zvýšení však nebylo měřením zjištěno v Maďarsku, spolkové republice Německo a v Rakousku. Tehdejší hlavní hygienička ČSSR Dr. Dana Zuzková, pracovnice ministerstva zdravotnictví informovala dne 7. května 1986 o tom, že na některých místech Československa byla naměřena zvýšená radioaktivita. Z vyjádření však bylo patrné, že hodnoty nepřekračují platné normy. Později se však ukázalo, že zamoření, které bylo přípustné, bylo 12. května 1986 překročeno několika násobně překročeno. Šlo o okresy Nový Jičín, Semily, BRUNTÁL, Kutná Hora, Žďár nad Sázavou, Šumperk, Náchod, Opava, a Benešov. Mírné překročení bylo rovněž zjištěno od Českého Krumlova, Jihlavy, Klatov, Českých Budějovic a Svitav. Bylo evidentní, že tehdejší vláda neinformovala veřejnost pravdivě (Dienstbier, 2010).

3.8 Radioaktivní mrak v Československu

Radioaktivní mrak při svém putování zasáhl Československo. První doporučení tehdejšího vedení země doporučovalo omývat si zeleninu, ovoce. Dále bylo doporučováno zvýšit osobní hygienu. Dne 30. dubna 1986 byly hodnoty radioaktivity nad územím Československé republiky ve vzduchu úrovně přibližně 257 becquerelů na metr krychlový. Mrak z Černobylu obsahoval především jó a cesium. Následně byly zaznamenány dva menší radioaktivní mraky. Dne 8. května 1986 byla naměřena hygienickou stanicí hodnota 38 becquerelů. 8. května 1986 7 becquerelů. Tyto tři mraky detekovali hygienické stanice v Moravském Krumlově, Českých Budějovicích a v Praze. Radionuklidy, které kontaminovaly území současné České republiky, se projeví i jejich vzrůstem v lidském těle. Měření přítomnosti radioaktivity v lidském těle začalo dne 4. května 1986 v době, kdy vrcholila další z vln přicházející radioaktivity. Průměrná hodnota radiace celého lidského těla byla 4000 becquerelů za vteřinu. Radioaktivita byla v době od 30. dubna do 3. května odhadnuta na 9000 becquerelů za vteřinu. V období od 30. dubna do 1. května přšelo v některých částech Česka. Kde docházelo ke srážkám, byla radioaktivita výrazně

vyšší. Hygienické stanice měřily především prvky jód ^{131}I , cesium ^{137}Cs . Dne 1. května 1986 jedno z míst, kde se provádělo měření a kde docházelo k dešťovým srážkám, byla zjištěna hodnota 80 370 becquerelů na metr čtvereční. Na tom samém místě byla při opětovném měření za sucha zjištěna hodnota 539 becquerelů na metr čtvereční. V lokalitách, kde docházelo k četnějším srážkám během doby, kdy se nad Českou republikou nacházely mraky s radionuklidy, bylo zjištěno, že se i dnes v lesní zvěři nachází stopy radioaktivity. V roce 1994 v okrese Klatovy byl zjištěn největší hodnota v mase divokého prasete ve výši 49 000 becquerelů. Toto zjištění bylo otisknuto v článku Lovná zvěř a radioaktivita časopisu Myslivost 8/2000. Zvýšená radioaktivita je přisuzována právě havárii v Černobylu. V oblastech, kde docházelo ke srážkám a následného zamoření je předpoklad, že se v lesních plodech může nacházet cesium ^{137}Cs (Bobůrková, 2004).

3.9 Možné důsledky havárie Černobylu na obyvatele v Československu

Jeden z možných důsledků v Československu, respektive v České republice je propad porodnosti. Zjištění Ústavu experimentální medicíny Akademie věd České republiky. Od roku 1950 do 1999 zda roste počet vrozených vad u novorozenců a celé populaci obecně. Po celou dobu je patrné, že se rodí více chlapců než dívek. V listopadu roku 1986 je však citelný propad. Na území se narodilo o 470 chlapců méně. Podle vědců je ženy potratili v důsledku havárie v Černobylu. Při výzkumu vrozených vad, především v obličejových částech si vědecký tým všiml, že vyšší počet vad je v březnu a nejméně v listopadu. Z tohoto důvodu lékaři začali hledat souvislosti, mimo jiné i se stavem životního prostředí v okamžiku lidské početí. Proto Ústav akademie věd ČR provedl zkoumání oficiálních statistik od roku 1950 do 1999. Ze statistik vyplývá, že nejvíce dětí se rodí v první části roku. Nejméně pak v listopadu. V tomto měsíci došlo k výraznému poklesu porodnosti chlapců. Pracovníci ústavu zjišťovali, jaká příčina mohla vést k takovému poklesu. Ten rok došlo pouze k jedné závažné havárii a to k té Černobylské. Po havárii v Černobylu vědci ze západních zemí pozorně sledovaly výskyt nádorových onemocnění, počet potratů, úmrtí novorozenců dětí. V nejvíce zasažených oblastech se zvýšila úmrtnost až 3 krát. Ve vzdálených zemích jako jsou Finsko a Norsko rovněž pozorovali vzestup počtu potratů a úmrtí novorozenců a Downova syndromu. Rovněž se při sledování ověřil fakt, že plod mužské pohlaví je mnohem zranitelnější

než holčičí plody. Dle zjištění život chlapců zanikne ještě před narozením. Rovněž se rodí s častější vadou a umírají obecně dříve než ženy. Podle Miroslava Peterky, pracovníka ústavu experimentální medicíny akademie věd ČR v populaci zasažené Černobylským mrakem byly pochopitelně těhotné ženy. Chlapci, kteří se měli narodit v listopadu 1986, byli počati od 8. Února 1986 až do 10 března 1986. Jejich nitroděložní věk byl tedy v rozmezí 87 až 87 dní. V tomto stádiu je již pohlaví plodu určené. Obrácený poměr narozených chlapců a dívek jde na vrub potratů některých mužských plodů. K tomuto závěru se došlo, když výzkumný tým neprostudoval studii Vědců z Japonska. Ze studie vědců z Nagasaki a Hirošimy je patrné, že ve třetím měsíci nitroděložního vývoje plodu je velmi kritické. V tu dobu vývoje putují plodem nervové buňky do mozku. Tyto nervové buňky jsou velmi náchylné na poškození radiací (Bobůrková, 2004).

3.10 Povrchová kontaminace radionuklidů v České republice

Ke zjištění kontaminace půdy po havárii v Černobylu byl proveden odběr na území celého tehdejšího Československa. Jednorázový odběr byl proveden ve dnech od 16. června 1986 do 18. června roku 1986. Odběrem bylo odebráno přibližně 1300 vzorků. Šlo o vzorky samotné půdy. Jednotlivé vzorky byly vybrány tak, aby co nejvíce odrážely skutečný stav kontaminace radioaktivního spadu na území Československa. Na území dnešní České republiky to bylo přibližně 900 vzorků. K odebírání vzorků byla zvolena jednotná metodika. Lokality odběry byly vybírány tak, že tyto nesměli být zakryty budovami, jejich částmi, stromy a keři. Především šlo o zemědělskou půdu, která nebyla od 26. dubna 1986 obdělávaná. Sklon nebyl více jak 3°. Půda byla málo propustná pro vodu. Odebírané vzorky byly brány z hloubky 3 cm. Tato metodika odběru vzorků a jejich následné zpracování zaručovala vyloučení případných chyb případným nedodržením stanovené hloubky odběru. Rovněž to mělo minimalizovat příspěvek spadu, který pocházel z dřívějších zkoušek jaderných zbraní. Po odebrání všech vzorků a provedení měření kontaminace byly z výsledku na území Československa vypočteny aritmetické průměry plošných aktivit jednotlivých radionuklidů. Aritmetický průměr cesia ^{137}Cs v České republice byly vypočteny z logaritmického – normálního rozdělení naměřených hodnot. K 16. červnu 1986 byla hodnota cesia ^{137}Cs 6,5 kBq na metr čtvereční. Maximální hodnota byla zjištěna 95 kBq na metr čtvereční. Nejmenší pak

jen 0,2 6,5 kBq na metr čtvereční. V letech 1987 a 1988 bylo provedeno v některých lokalitách opětovné měření. To proto, aby bylo možné citlivějším měřením radionuklidů s menšími aktivitami. Následným odběrem vzorků byla průměrná hodnota cesia ^{137}Cs ve spadu z Černobylského marku stanovena na 7,6 kBq na metr čtvereční (Drábová et al., 2001).

3.11 Kontaminace obyvatel

Obyvatelstvo Československa bylo rovněž podrobena měření na přítomnosti radionuklidů. Měření bylo provedeno za pomoci celotělovém počítači CHZ IHE. Tento počítač měl dobré schopnosti v rozlišování a identifikování jednotlivých druhů radionuklidů. Měření začalo dne 4. května 1986. Lidé, kteří podstoupili měření, byli rozděleni několika skupin. První skupina byla složena přibližně ze 40 dobrovolníků, původem z Prahy a jejího okolí. Tito se dobrovolně podrobovali měření od května roku 1986 až do doby roku 1999 (zveřejnění výsledků). Intervaly mezi měřeními se průběhem doby měnili. Z počátku bylo měření opakováno jednou za dva týdny. Pak jednou za měsíc a následně pak od roku 1992 jednou ročně. Provedené měření je základem pro vyhodnocení dávkového ekvivalentu z vnitřního ozáření cesia ^{137}Cs a cesia ^{134}Cs . Druhá skupina byla složená z ostatních obyvatel státu. Měření u těchto obyvatel bylo provedeno proto, aby mohly být zachyceny možné rozdíly ve vnitřní kontaminaci v závislosti na úrovni spadu v jednotlivých oblastech státu a v závislosti na konzumaci potravin (vesnické stravování, domácí zelenina a podobně). Provedený srovnáním první a druhé skupiny ve vnitřní kontaminaci nebyly zjištěny. Místo, stravování a dalšími faktory (Drábová et al., 2001).

3.12 Kontrola radionuklidů v potravinách

Sledování a kontrola radionuklidů v potravinách bylo prováděno současně s měřeními ovzduší a v půdách. Od 1. května 1986 bylo měření prováděno v mléce. Následně pak bylo zahájeno měření v pitné vodě a dalších potravinách. Kvůli možné kontaminaci mléka a masa bylo zahájeno kontrolování i krmiva. Kontrola mléka, výrobků z něj a kontrola masa bylo v prvotním období velmi rozsáhlé. Zvířata byla po většinu doby při přechodu kontaminovaného mraku z Černobylu převážně venku, na pastvě. Pila kontaminovanou vodu a pásala se na loukách, které byly rovněž

kontaminované. Kontaminovaná území u nás byla velmi rozsáhlá. Největší zamoření způsobilo cesium ^{134}Cs , cesium ^{137}Cs a jódu ^{131}I . Cesta stravováním kontaminovaných potravin mohla být daleko významnější, než inhalace dýcháním. Z tohoto důvodu bylo několik vybraných mlékáren, rovnoměrně rozdělených po Československu. Uvedené mlékárny měli 30 % podíl na tehdejší přímé spotřebě mléka. Účelem tohoto měření bylo najít místa s vyšší koncentrací kontaminace. Reakce na zjištění zvýšené kontaminace by se případně mělo aplikovat opatření, zjistit stav zvolených mlékáren a zjistit, kde kontaminace je dána v důsledku spadem v dané oblasti, odkud se do mlékárny mléky sváží. Přítomnost jódu ^{131}I se vrcholila po 8 dnech a to na úrovni 0 Bq na litr. Měření cesia ^{137}Cs se provádělo do roku 1999. Cesium ^{134}Cs bylo dne 5. Května 1986 na úrovni 400 Bq na litr. Do konce srpna roku 1986 klesla na hodnotu 10 Bq na litr. Od té doby je menší než 1 Bq na litr. Nejen mléko a maso bylo kontrolováno. Šlo dále také o obilniny, ovoce a zeleni. Tyto produkty jsou rovněž významné z pohledu spotřebitele. Jejich kontrola se provádí do dnes. Kontrola těchto vzorků v roce 1986 probíhala v krátkých intervalech. Kontroly probíhali od května do června. Později se intervaly prodlužovaly. V dnešní době se intervaly na kontrolu cesia ^{137}Cs v mase a mléce dělají jednou za měsíc. Hmotnostní přítomnost v obilninách byly vždy velmi nízké. To důvodu objemu jejich spotřeby. V prvních letech po havárii v Černobyli objem jejich význam z hlediska celkové spotřeby byla hladina cesia ^{137}Cs ve srovnání s mlékem a masem téměř stejná (Drábová et al., 2001; Desment et al., 1992).

3.13 Stav radionuklidů v České republice v roce 1999

Po havárii jaderné elektrárny v Černobyli se provádí opakované hodnocení dlouhodobých následků. Tato hodnocení především sleduje a vyhodnocuje obsah cesia ^{137}Cs v ovzduší (aerosoly a spady), v lidském těle (u vybraných skupin obyvatel) a v potravinách. Hodnoty cesia ^{134}Cs iž v roce 1999 nejsou uváděny. Jeho přítomnost je pod mezí detekovatelnosti. Ke konci roku 1999 byla aktivita cesia ^{134}Cs méně než 1 % aktivity cesia – 137. Obsah cesia ^{137}Cs v letech před koncem roku 1999 byla u mnoha vzorků pod mezí detekovatelnosti (Drábová et al., 2001).

3.14 Kontaminace ovzduší z roku 1999

V roce 1999 nebylo měřicími stanicemi (obr. 1) zjištěno závažné odchyly v obsahu radionuklidů v ovzduší. Radionuklidy cesiu - 137 pocházely z vyšších vrstev atmosféry a resuspence předchozího spadu, který byl minimální v jednotkách μBq na metr krychlový. Část zjištěných aktivit cesia ^{137}Cs v atmosféře je pozůstatkem jaderných zkoušek zbraní. Po většinu roku 1999 byla dle měřících stanic hodnota cesia ^{137}Cs pod mezí detekovatelnosti (Drábová et al., 2001).

3.15 Kontaminace potravin z roku 1999

V roce 1999 byly kontroly u potravin voleny podle jejich závažnosti z hlediska spotřeby obyvateli. Meze detekovatelnosti u cesia ^{137}Cs byly u mléka (určeného pro konzumaci) při měření radiochemických hodnot zpravidla pod 0,1 Bq/l. Měření bylo prováděno jak u mléka, tak i u sušeného mléka. U masa z jatečních zvířat byla hodnota jako u mléka při použití měření radiochemických hodnot zpravidla méně než 0,2 Bq/l. U ovoce a zeleniny byly tyto hodnoty podobné jako u jatečního masa, tedy 0,2 Bq/kg (Drábová et al., 2001).

3.16 Kontaminace vody

Kontrola kontaminace vody byla prováděna především ve větších zdrojích a přítomnost radioaktivního cesia byla převážně pod hladinou detekovatelnosti (Drábová et al., 2001).

3.17 Kontaminace osob

Kontaminace osob byla prováděná už od roku 1986. Vzhledem k časovému odstupu se měření protáhlo na roční intervaly. To i vzhledem k malému obsahu cesia ^{137}Cs u obyvatel. Testování bylo prováděno na počítači státního úřadu radiální ochrany (SÚRO). Bylo provedeno u třiceti osob. Ve skupině bylo zastoupeno 15 žen a 15 mužů. Převážně obyvatelé hlavního města Prahy ve věku od 25 do 70 let. Při měřeních, která probíhala dlouhodobě byla stanovena průměrná aktivita cesia ^{137}Cs v těle jednoho člověka byla přibližně na 50Bq. V roce 1999 byl rovněž proveden test

na úrovni celé České republiky. Byl to tes vnitřní kontaminace osoby cesiem ^{137}Cs prostřednictvím měření z moči jednotlivého subjektu za dobu 24 hodin. Test byl proveden v květnu a červnu roku 1999. Bylo to provedeno u 77 osob (39 mužů a 38 žen). Z odebraných vzorků vyloučené moči v časovém období 24 hodin byla stanovena hodnota 0,3 Bq. Tato vycházela z měření všech 77 vzorků. Po přepočtu průměrný obsah aktivity cesia – 137 v těle jedné osoby je 47 Bq. Z provedených měření od roku 1990 do roku 1999 je patrné, že meziroční změny kontaminace cesiem ^{137}Cs jsou téměř nepozorovatelné. (Bečková et al., 1999)

3.18 Kontaminace České republiky po 25 letech

Přes dobu 25 let jsou v České republice stále známky po havárii Jaderné elektrárny v Černobylu. Poločas rozpadu je u cesia ^{137}Cs je 30 let. Proto je v roce 2011 stále objevuje v půdě, rostlinách, především v houbách a lesních plodech. Rovněž je cesium ^{137}Cs přítomno u lesní zvěře, ale i v mléce a u jatečního masa. Přes potravinový řetězec se aktivní radionuklidy dostávají do lidských těl. I po tak dlouhé době po havárii je prováděno měření kontaminace u potravin. Nařízením Evropské unie se provádí měření u všech dovážených potravin ze třetích zemí a to z důvodu právě Černobylské havárie. V České republice jsou stále oblasti, které jsou především severu území. Orlické Hory, Novohradské Hory a Jeseníků jsou nejvíce postižené oblasti, které byly zasaženy radioaktivním mrakem z Černobylu. V České republice byly v roce 2011 koncentrace radionuklidů nízké. I přesto je ale nutné zvažovat využití pozemků, kde byla zjištěna zvýšená koncentrace radionuklidů. Pro pastvu dobytka nejsou vhodné. Stále jsou zjišťovány vysoké hodnoty u lesní zvěře. Norma Evropské unie stanovuje maximálně 600 Bq na kilogram masa. Největší schopnost udržovat v sobě cesium mají houby. Ty zadržují stále velké množství Černobylského cesia. Z tohoto důvodu jsou houby stále kontrolovány. Pravidelným měřením bylo zjištěno, že od doby havárie v Černobylu kontaminace klesla jen minimálně. To z toho důvodu, že v lesních porostech se radioaktivita zadržuje déle. Cyklicky se vyměňuje mezi půdou a vegetací. Přímé ohrožení radioaktivitou osob však nehrozí. Lidé by museli požívat houby po velkém množství, aby mohlo dojít k ohrožení zdraví. (Břešťan, 2011; Rataj, 2006)

3.19 Počátky jaderné energetiky

Počátek pronikání jaderné energetiky do běžného trhu s energiemi je datován k roku 1954. V tomto roce byly uvedeny do provozu první reaktory v Sovětském svazu a ve Spojených státech amerických. Následně v roce 1960 bylo již v provozu 17 reaktorů s celkovým instalovaným výkonem 1200 MWe a to již ve čtyřech zemích – Francii, USA, SSSR a Velké Británii. O deset let později již bylo v provozu 90 reaktorů s výkonem 16500 MWe a to v patnácti zemích. Tento trend budování jaderných elektráren rostl a v roce 1980 již bylo v provozu 253 reaktorů a s instalovaným výkonem 135 000 MWe ve 22 zemích. Další 230 reaktorů bylo v té době ve výstavbě. Stavba reaktorů nebyla náhodná. V 70 letech minulého století docházelo k častým ropným krizím. Tyto okolnosti podmínily rozvoj jaderné energetiky (Ščerbak, 1990). S rozvojem jaderné energetiky si veřejnost uvědomovala přítomnost jaderných elektráren a začala projevovat své obavy. Tyto obavy stoupli po havárii jednoho jaderného reaktoru v elektrárně Three Mile Island v Pensylvánii ze dne 28. března 1979. Při této havárii nedošlo k významnému úniku radioaktivity. V důsledku této havárie došlo ke snižování tempa výstavby nových reaktorů. Havárie důrazně upozornila jaderný průmysl na nutnost zvyšovat bezpečnostní opatření, zlepšení konstrukce reaktorů a vyšší jakost při výrobě zřízení. V roce 1986 se jaderná energetika začala opět stabilizovat (Drábová, 2006).

3.20 Jaderná energetika po Černobylské havárii

Havárie v Černobylu v dubnu roku 1986 byla pro jadernou energetiku a průmysl šok. Havárie kontaminovala podstatnou část severní polokoule. Došlo ke měřitelné kontaminaci. Po havárii došlo ke 4000 rakovin štítné žlázy u dětí a mladistvých. Dopady na zdraví a přírodu staví Černobylskou havárii jako nejvážnější jadernou havárii v historii. Uvedená havárie byla pro všechny bezesporu traumatizujícím zážitkem. Ekonomické dopady jsou do dnes citelné. Na Ukrajině, v Rusku a Bělorusku jsou stále vynakládány značné finanční prostředky k nápravě havárie. Přes všechny dopady havárie nenaplnili katastrofické očekávání široké veřejnosti. Dopady na jaderný průmysl nebyly tak fatální. V roce 1986 se začaly stavět pouze dvě jaderné elektrárny. Šlo o elektrárny Itaka v Japonsku a Temelín v tehdejší Československu. Ihned po havárii docházelo k protestům proti jaderné energetice. V té době došlo k předpovědi útlumu jaderné energetiky. Rovněž bylo

předpovězeno, že bude nahrazena alternativními zdroji. Úpadek jaderné energetiky se však nenaplnil. V roce 2005 bylo ve třech zemích světa provozováno na 443 reaktorů. Jejich výkon dosahoval 370000 MWe. Ve výstavbě bylo dalších 28 reaktorů. Některé evropské země jako je Francie je podíl vyrobené elektrické energie je téměř 60 %. Ostatně energie z jaderných elektráren je v Evropské unii významným zdrojem (Kovalevskaia, 1995). V EU je v provozu 148 reaktorů ve 13 zemích. Roku 2004 se v celé unii vyprodukovalo v jaderných elektrárnách více jak jedna třetina energie právě v jaderných elektrárnách. Vstupem České republiky do Evropské unie došlo za ČR navýšení počtu reaktorů o šest českých. Dva z jaderné elektrárny Temelín a čtyři z jaderné elektrárny Dukovany. Český instalovaný výkon je 760 MWe. Výkon bloků spol. ČEZ je 2,6 % z celkového instalovaného výkonu v Evropské unii (Drábová, 2006).

Jaderné elektrárny jsou častým politickým tématem. Ve světě je jejich provoz častým tématem pro diskuze a politické spory. Je mnoho zemí, které jadernou energii odsuzují. V současné době se chce jaderné energie vzdát úplně. SRN chce jadernou energii nahradit alternativními zdroji energie. Jiné země jako Slovensko, Finsko, Rumunsko a Bulharsko jdou opačným směrem a budou nebo již budují své nové reaktory. Evropská unie jako celek má k jaderné energii rozporuplný vztah. Cílem Evropské unie je zabezpečit všechny své občany, spotřebitele dodávkami za dostupné ceny při respektování životního prostředí. Politika Evropské unie se zaměřuje na snižování závislosti unie na dovozu energie nebo jejich zdrojů. Snaží se sama efektivně využívat své vlastní zdroje. Těchto cílů závisí na pragmatickém postoji k jaderné energetice. Evropská unie totiž nemá za jadernou energii adekvátní náhradu. Spousta asijských zemí jako například Čína, Jižní Korea, Indie a Japonska zdroj energie z jádra masivně podporují. V jejich očích je to reálný zdroj energie, který může uspokojit energetické nároky ekologicky, ekonomicky i politicky. Rozdílné názory na jadernou energii mají především kvůli haváriím v zařízeních vyrábějících elektrickou energii. Havárie v Černobylské jaderné elektrárně byla ukázkou, že mezinárodní společenství může spolupracovat na úrovni ekonomické, politické, vědecké ale především lidské. Studium příčina a vzniku havárie pomohla k jejímu vyhodnocení i její zmírnění. Díky tomuto byly zjištěny politické i technologické chyby v jaderné elektrárně. Tato zjištění však negativně ovlivnila vývoj jaderné energetiky po celém světě. Některé zkušenosti zjištěné po havárii

v Černobyli mohou být uplatněny při případných dalších katastrofách. Havárie v Černobyli odhalila zásadní rozdíly v požadavcích na projekt, jeho kvalitu a bezpečnost provozu. Z tohoto důvodu došlo ke spolupráci a sdílení informací i zkušeností. Odborníci provedli na mezinárodní úrovni řadu hodnocení mnohořadých aspektů bezpečnosti v jednotlivých elektrárnách. Dohodly se a uvedly se následně mezinárodní konvence. Ty vytvářejí závazek jednotlivých států směrem k prosazování bezpečnosti. Černobylská havárie znamenala konec jedné éry a zároveň začátek nové, bezpečnější éry jaderných elektráren. Konec éry izolovanosti vzniku výrobních prostředků a postupů a začátek etapy ke sdílení mezi všemi členy jaderné komunity. Černobylská havárie ukázal, že bezpečnost jaderných zařízení přesahují hranice (Drábová, 2006; Apikyan et. al).

3.21. Hlavní radionuklidy v životním prostředí po havárii v Černobyli:

Nejvíce vyskytující se radionuklidy byly v Černobylském mraku obsaženy cesium ^{137}Cs a jód ^{131}I . Tyto byly nejvýznamnějšími radionuklidy, které se šířily po výbuchu reaktoru krajinou.

Jód ^{131}I - Jde o radionuklid, který má poločas rozpadu pouhých 8 dní. Z tohoto důvodu byl nebezpečný pro obyvatelstvo několik týdnů po havárii v Černobylské jaderné elektrárně. Po výbuchu nebo obyvatelstvo chráněno vládou Sovětského svazu a nedostávalo se obyvatelstvu patřičné ochrany. Obyvatelé mohli být chráněny obyčejnými tablety s jódem. Ten se však k lidem nedostávalo. Radioaktivní jód ^{131}I především soustředil b v mléce, kam se do těla skotu dostal při pastvě na loukách při požívání další vegetace (Comby, 2007)

Cesium ^{137}Cs je radionuklid, mající poločas rozpadu 33 let. V současné době je stále přítomen v životním prostředí. Jde o radionuklid, který se snadno začleňuje do vodních i suchozemských ekosystémů. Cesium ^{137}Cs byl nejvíce sledovaným prvkem po jaderné havárii v Černobyli. Jeho přítomnost byla zjištěna v rostlinách a i tělech domácích i lesních zvířatech (Comby, 2007).

4. METODIKA:

Teoretická část práce rešeršní formou seznámí nejdříve s havárií jaderné elektrárny Černobyl, jejími následky, a pak následky v České republice.

Druhá část bude věnována samotnému odebrání vzorků. To bylo provedeno za pomoci půdní sondy z netoxické oceli. Půdní sonda je kovová tyč s výdutí, které je z části otevřená a je tak možné nahlédnout na vrstvy půdy odebraného vzorku. Sonda užitá k odběru je o délce odebírané výdutě 1 metru. Samotný odběr probíhá tak, že sonda je zatloukána do zeminy kolmo k jejímu povrchu za pomoci silonové palice. Po zatlouknutí do hloubky 1 metru je sonda vytažena pomocí kovové rukojetě, která je protažena hlavou sondy. Samotný odběr zeminy ze sondy probíhá za pomoci špachtle. Zemina byla ze sondy rozdělena do tří částí. Zemina z hloubky od 0 cm až 30 cm, 30 cm až 60 cm a 60 cm až 100 cm hloubky z odebíraného místa. K označení hloubky byl užit svinovací metr. Za pomoci špachtle byly jednotlivé vzorky umístěny do plastových sběrných krabic. Po dosažení potřebného množství vzorku zeminy bylo odebrání zatloukání sondy opakováno v celkem 7krát. Každý takto odebraný vzorek byl řádně popsán na víko sběrné plastové krabice.

Příprava vzorků k měření byla zdlouhavá. Muselo dojít k vysoušení vzorků. Odebrané vzorky jsem umístil na krytém místě zastřešení balkonu rodinného domu. Vzorky umístěné v plastových krabicích byly po celou dobu otevřené, aby k nim proudil stále čerstvý vzduch a docházelo k jejich vysoušení. Vzorky byly takto vysoušeny po dobu dvou měsíců. Po vysoušení vzorků muselo dojít k jejich rozmělnění. To bylo nutné vzhledem k tomu, že vzorky byl převážně s větším obsahem jílu. K jejich rozmělnění jsem použil klasickou kovovou palici. Jejimi údery jsem zeminu rozmělnil a hrubé části oddělil. Šlo většinou o zbytky rostlin a větší kusy kamenní. Takto připravené vzorky byly dále prosety sítem, jejíž rozměry ok byla 1 mm na 1 mm. Přes síto byly všechny vzorky přesety. Hrubé části – větší zrna byla opět oddělena. Vzorky po jejich další úpravě byly řádně označeny na víku plastového obalu a byly dále předány k odběrnému měření.

Měření radiačního mapování terénu bylo provedeno přístrojem Safecast bGeigie Nano. Jedná se o lehce ovladatelný detektor záření gama na bázi GM (Geiger-Müllerova) detektoru určený k radiačnímu mapování v terénu. Přístroj je vybaven vestavěným GPS přijímačem a spolu s daty automaticky ukládá polohu a

čas na paměťovou kartu. Detektor Safecast bGeigie Nano. Detektor byl vyvinut organizací SAFECAST, která vznikla v Japonsku po havárii v jaderné elektrárně Fukushima v březnu 2011. Detektor byl vyvinut ve snaze zajistit monitorování úrovní radioaktivity i mimo možnosti oficiálních japonských zdrojů a zapojit do měření veřejnost. Měřicí systém je dnes zprovozněn tak, že umožňuje předat data z libovolného místa do centrální celosvětové databáze a zobrazit je na mapě světa.

Nejvýznamnější zdroje záření gama, které bGeigie Nano měří, jsou přírodní nuklidy ^{226}Ra , izotopy uranu (^{238}U , ^{235}U), ^{232}Th a ^{40}K (a produkty jejich rozpadu), případně ^{137}Cs např. z Černobylského spadu. Přístroj, měří a na paměťovou kartu spolu s GPS souřadnicemi ukládá počet impulsů za interval 5 vteřin a datum a čas začátku každého měřicího intervalu, na displeji pak zobrazuje hodnotu klouzavého průměru za poslední minutu resp. za posledních 12 ti-sec měření. Počet impulsů v GM trubici zaznamenaných za minutu (CPM).

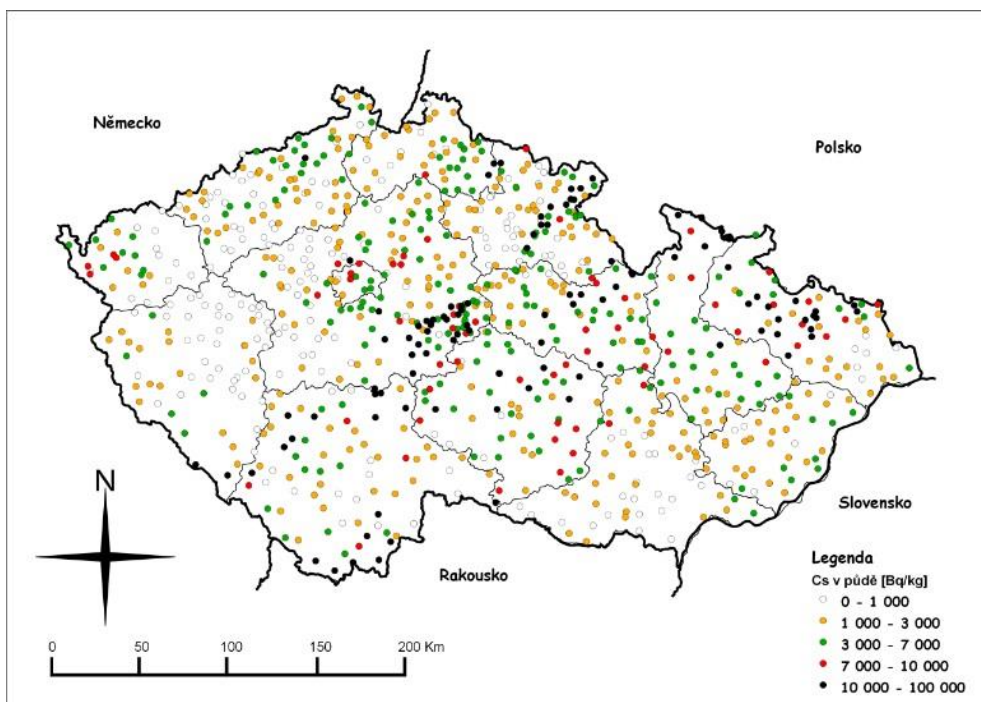
Z CPM se počítá příkon prostorového dávkového ekvivalentu (ADER), zjednodušeně zvaný někdy „dávkový příkon“, udávaný v mikroSievertch za hodinu ($\mu\text{Sv/h}$ nebo $\mu\text{Sv/h}$). Měření bylo prováděno v průběhu léta, podzimu a zimy roku 2017a začátku roku 2018. Samotné měření probíhá zapnutím přístroje. Tento se po rozsvícení příslušné kontrolky – červené Led diody zaznamenává na paměťovou kartu zaznamenaná data. Ke každému měření se vyplnil online protokol, ve kterém byly zaznamenány údaje o měřiteli, číslu měřicího přístroje, čas a datum zapnutí a vypnutí, místa polohy detektoru a poloha umístění detektoru při měření. Samotná data po jejich stažení byla odeslána přes e-mail na SURO, kde byla zanesena do sítě naměřených hodnot.

Na základě zjištěných poznatků z měření bude diskuze ke zhodnocení zjištěných radionuklidů.

5. PRAKTICKÁ ČÁST

5.1 Úvod do praktické části

V roce 1986 byla provedena v Československu plošná aktivita především radionuklidů cesia ^{137}Cs a cesia ^{134}Cs , zjištěná ve vzorcích odebraných půd při celostátním průzkumu. Zpráva je ze dne 17.6.1986. Praktická část bakalářské práce je zaměřena na opětovný odběr půdních vzorků a zjištění koncentrace cesia ^{137}Cs v Karlovarském kraji. Místa odběrů půdních vzorků byla zvolena na základě předchozích nejvyšších zjištěných hodnotách. Z výsledků, které byly zveřejněny vyplývá, že nejvyšší hodnoty byly v roce 1986 na Karlovarsku zjištěny v katastru obcí Bukovan, Habartova, Františkových Lázní a Chebu (Obr. 1). V okolí těchto lokalit proto byly odebrány vzorky za účelem zjištění současných hodnot cesia ^{137}Cs . Vždy se ale jednalo o pozemky, které byly v posledních 30 letech zemědělsky obdělávané a naopak pozemky, které nebyly obdělávané. Odběr půdních vzorků byl proveden pomocí žlábkovým jednodílným vrtákem (sondýrkou) určeným pro těžké půdy – typ Purkhauer (Obr. 2). Uvedený vrták je určen pro získání jádrového vzorku půdního profilu do hloubky 1 m. Je vyroben z netoxické oceli s vysokou pevností v tahu. Z každého pozemky byly odebrány 3 vzorky půdy a to v rozmezí od 0 cm - 30 cm, 30 cm – 60 cm a 60 do 100 cm hloubky daného odběrového místa. Vzorky byly po jejich usušení a dalším zpracování předání k měření na Státní úřad radiační ochrany. Zde bylo provedeno měření spektrometrií. V roce 1986 byl odběr prováděn pouze povrchově do hloubky maximálně tří cm v horizontální vrstvě (SÚRO, 2011). Všechny odběry měly jednotnou metodiku. Rovněž bylo na území Karlovarského kraje provedeno měření radiačního mapování dávkového ionizujícího záření v terénu detektorem Safecast bGeigie Nano (Obr. 3).

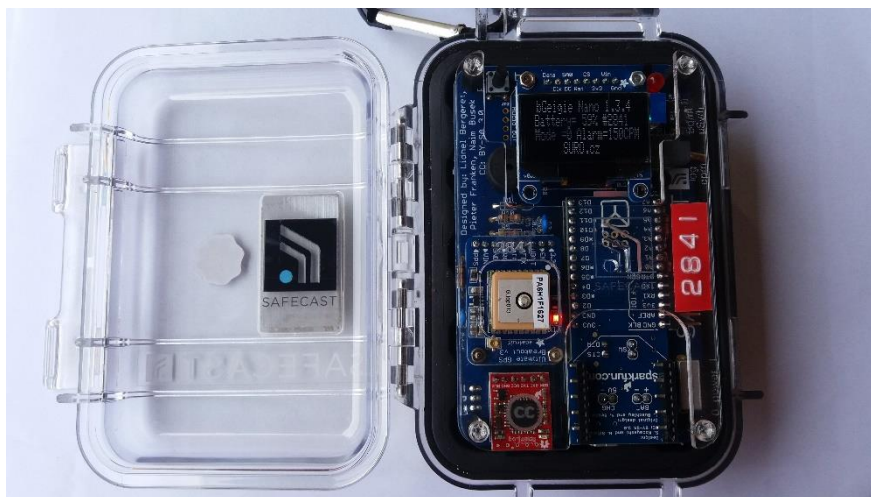


Obr. 1: Plošné kontaminace ČR ^{137}Cs v důsledku havárie JE Černobyl (SÚRO, 2011)

Poznámka: Oprava - správná jednotka v legendě je Bq/m²



Obr. 2: Sondýrka Purkhauer



Obr. 3: Detektor Safecast bGeigie Nano

5.2 Lokalita Bukovany

První lokalitou byla zvolena obec Bukovany u Sokolova. Obec se nachází nedaleko bývalého okresního města Sokolov v Karlovarském kraji. V roce 1986 byl na souřadnicích sev. šířky $50^{\circ} 10' 5''$ a vých. délky $12^{\circ} 34' 25''$ odebrán vzorek půdy.

5.2.1 Odběrné místo číslo 1

Vzorky č. 1 až č. 3 byly odebrány z parcely č. 256 (katastrální území Bukovany u Sokolova), jehož je majitelem Sokolovská uhelná, právní nástupce a.s.. Vzorky byly odebrány na souřadnicích (GPS souřadnice $50^{\circ} 9' 39.19''$ N a $12^{\circ} 34' 46.87''$ E). Dle dostupných informací z katastru nemovitostí nemá pozemek evidované BPEJ. V katastru nemovitost je způsob využití pozemku vedeno jako jiná plocha (Obr. 4). Samotný pozemek je podmáčený a je tvořen jílovitou zeminou (Obr. 5). V době odběru byl pozemek mokvý a samotný odběr sondýrkou probíhal bez větších problémů. Odběr byl proveden dne 11.6.2017. Výsledky měření odebraných vzorků jsou uvedeny v tabulce č. 1.



Obr. 4: Odběrné místo č. 1



Obr. 5: Odebraný vzorek č. 1

číslo vzorku	hloubka [cm]	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	aktivita ⁴⁰ K [Bq/kg]	aktivita ¹³⁷ Cs [Bq/kg]	aktivita (sušina) ⁴⁰ K [Bq/kg]	aktivita (sušina) ¹³⁷ Cs [Bq/kg]
1	0 - 30	0,362	0,236	460±50	16±2	470±50	16±2
2	30 - 60	0,396	0,255	480±50	2.3±0.2	490±50	2.4±0.2
3	60 - 100	0,478	0,448	550±60	0.71±0.07	550±60	0.72±0.07

Tab. č. 1: Naměřené hodnoty radionuklidů na odběrném místě č. 1 (SÚRO, 2018)

5.2.2 Odběrné místo číslo 2

Vzorky č. 4 až č. 6 byly odebrány z parcely č. 253/1 (katastrální území Bukovany u Sokolova), jehož je majitelem Česká republika. Vzorky byly odebrány na souřadnicích (GPS souřadnice $50^{\circ} 9' 39.19''$ N a $12^{\circ} 34' 46.87''$ E). Dle dostupných informací z katastru nemovitostí má pozemek evidované BPEJ 5.54.11 a 5.53.11. V katastru nemovitost je pozemek veden v zemědělském půdním fondu (Obr. 6). Samotný pozemek je tvořen písiky na jílech a smíšeným terciérem. Pozemek je v mírném sklonu $3^{\circ} - 7^{\circ}$. Jedná se o půdy velmi málo produkční. V době odběru byl pozemek v horní části suchý (Obr. 7). Ve spodní části byl vlhký. Samotný odběr sondýrkou probíhal bez větších problémů. Odběr byl proveden dne 11.6.2017. Výsledky měření odebraných vzorků jsou uvedeny v tabulce č. 2.



Obr 6: Odběrné místo č. 2



Obr. 7: Odebraný vzorek č. 2

číslo vzorku	hloubka [cm]	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	aktivita ⁴⁰ K [Bq/kg]	aktivita ¹³⁷ Cs [Bq/kg]	aktivita (sušina) ⁴⁰ K [Bq/kg]	aktivita (sušina) ¹³⁷ Cs [Bq/kg]
4	0 - 30	0,407	0,22	490±50	12±1	500±50	12±1
5	30 - 60	0,354	0,232	520±50	5.9±0.6	530±50	6.1±0.7
6	60 - 100	0,401	0,25	530±50	1.5±0.2	540±50	1.5±0.2

Tab. č. 2: Naměřené hodnoty radionuklidů na odběrném místě č. 2 (SÚRO, 2018)

5.2.3 Měření radiačního mapování lokality Bukovany

Měření radiačního mapování terénu bylo provedeno přístrojem Safecast bGeigie Nano dne 30.8.2017 (obr. 8). Měření bylo provedeno na pozemních č. 256 a č. 253/1. Bylo provedeno při chůzi. Měřicí část přístroje směřovala směrem k zemi. Přístroj byl ve výši 1,4 metru.

Title: Bukovany parcely č. 256,253/1

Description: bGeigie in 1.4 m, facing down, walking

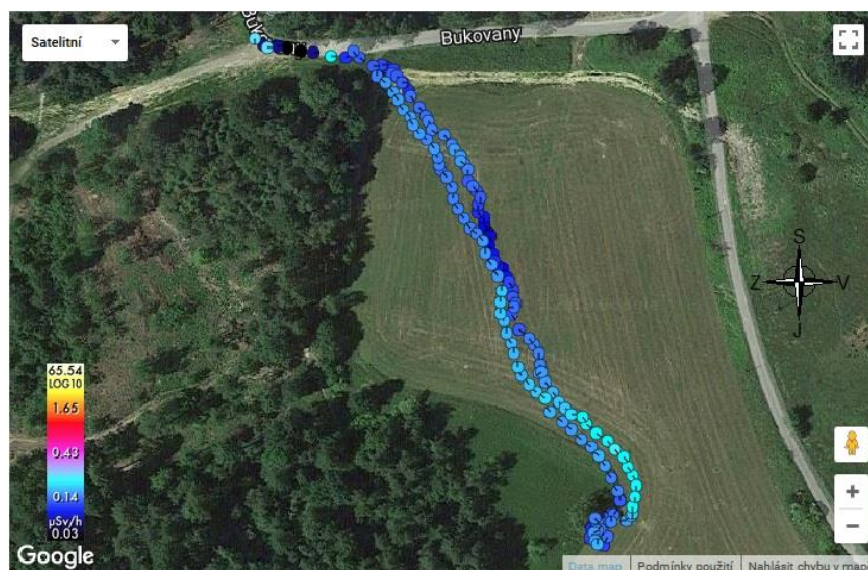
Credits: Jaroslav Lhotský (for SURO.cz)

Height: 1.4m

Orientation Facing: Down

Cities: Bukovany

(Legenda je uváděna v anglickém jazyce)



Obr. 8: Provedené měření radiačního mapování lokality Bukovany

(SÚRO, 2017)

Provedeným měřením přístrojem Safecast bGeigie Nano bylo na parcelách č. 256, 253/1 zjištěno, že během měření byly hodnoty záření v rozmezí od 0,08 $\mu\text{Sv/h}$ do 0,22 $\mu\text{Sv/h}$. Naměřené hodnoty jsou na spodním spektru měřitelnosti a jsou malé.

5.2.4 Výběr parcel v Bukovanech

Uvedené parcely byly vybrány vzhledem k jejich umístění. Jsou hned vedle sebe a mají rozdílnou historii v jejich využívání. Parcela č. 256 nebyla v posledních 30 letech zemědělsky využívána vzhledem ke svému půdnímu složení. Pozemek č. 253/1 byl od havárie jaderné elektrárny v Černobylu zemědělsky využíván Sokolovskou uhelnou společností a.s. V posledních pěti letech se parcela zemědělsky již neuvívá. Pouze se zde provádí sekání travnatého povrchu. Při výběru vhodné lokality bylo využito i náhledu do historických map z 50. let 20. století, které jsou k dispozici na Geoportálu jako ortofotomapy (Obr. 9, Obr. 10) Z obrázku je evidentní, že se parcela č. 256 nikdy nepoužíval k zemědělským účelům a parcela č. 253/1 byla zemědělsky.



Obr. 9: Parcely č. 256 a č. 253/1 z 50. let 20. Století (Geoportal, 2018)



Obr. 10: Současný stav parcel 256 a 253/1 (ČÚZK, 2018)

5.3 Lokalita Josefov – část Radvanov

Druhou lokalitou byla zvolena obec Josefov – část Radvanov. Uvedená obec sousedí s městem Habartov nedaleko města Sokolov v Karlovarském kraji. V roce 1986 byl odebrán vzorek půdy na souřadnicích sev. šířky $50^{\circ} 10' 58''$ a vých. délky $12^{\circ} 33' 8''$.

5.3.1 Odběrné místo číslo 3

Vzorky č. 7 až č. 9 byly odebrány z parcely č. 202/50 (katastrální území Josefov - Radvanov), jehož je majitelem Obec Josefov. Vzorky byly odebrány na souřadnicích (GPS souřadnice $50^{\circ} 11' 59.02''$ N a $12^{\circ} 34' 52.84''$ E). Dle dostupných informací z katastru nemovitostí má pozemek evidované BPEJ 7.53.01 a 7.50.11. V katastru nemovitost je pozemek veden v zemědělském půdním fondu (Obr. 11). Samotný pozemek je tvořen písiky na jílech a smíšeným terciérem. Pozemek je převážně v úplné rovině v maximálním sklonu od 0° – 3° . Jedná se o půdy velmi málo produkční. V době odběru byl pozemek v značně vysušený. Pouze ve spodní části byla zemina vlhká (Obr. 12). Samotný odběr sondýrkou byl ztížený, vzhledem suché zemině. Odběr byl proveden dne 18.6.2017. Výsledky měření odebraných vzorků jsou uvedeny v tabulce č. 3.



Obr. 11: Odběrné místo č. 3



Obr. 12: Odebraný vzorek č. 3

číslo vzorku	hloubka [cm]	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	aktivita ⁴⁰ K [Bq/kg]	aktivita ¹³⁷ Cs [Bq/kg]	aktivita (sušina) ⁴⁰ K [Bq/kg]	aktivita (sušina) ¹³⁷ Cs [Bq/kg]
7	0 - 30	0,361	0,215	390±40	6.6±0.7	400±40	6.8±0.7
8	30 - 60	0,353	0,223	400±40	2.5±0.3	410±40	2.6±0.3
9	60 - 100	0,615	0,57	480±50	0.88±0.09	490±50	0.90±0.09

Tab. č. 3: Naměřené hodnoty radionuklidů na odběrném místě č. 3 (SÚRO, 2018)

5.3.2 Odběrné místo číslo 4

Vzorky č. 10 až č. 12 byly odebrány z parcely č. 202/6 (katastrálního území Josefov – Radvanov), jehož je majitelem Česká republika. Vzorky byly odebrány na souřadnicích (GPS souřadnice $50^{\circ} 11' 59.02''$ N a $12^{\circ} 34' 52.84''$ E). Dle dostupných informací z katastru nemovitostí nemá pozemek evidované BPEJ. V katastru nemovitost je způsob využití pozemku vedeno jako vodní plocha (Obr. 13). Samotný pozemek je podmáčený a je tvořen písky na jílech (Obr. 14). V době odběru byl pozemek mokrý a samotný odběr sondýrkou probíhal bez větších problémů. Odběr byl proveden dne 18.6.2017. Výsledky měření odebraných vzorků jsou uvedeny v tabulce č. 4.



Obr. 13: Odběrné místo č. 4



Obr. 14: Odebraný vzorek č. 4

číslo vzorku	hloubka [cm]	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	aktivita ⁴⁰ K [Bq/kg]	aktivita ¹³⁷ Cs [Bq/kg]	aktivita (sušina) ⁴⁰ K [Bq/kg]	aktivita (sušina) ¹³⁷ Cs [Bq/kg]
10	0 - 30	0,393	0,227	390±40	6.6±0.7	390±40	6.7±0.7
11	30 - 60	0,374	0,257	400±40	4.5±0.5	410±40	4.7±0.5
12	60 - 100	0,357	0,221	470±50	1.4±0.1	480±50	1.4±0.1

Tab. č. 4: Naměřené hodnoty radionuklidů na odběrném místě č. 4 (SÚRO, 2018)

5.3.3 Měření radiačního mapování Lokality Josefov - Radvanov

Měření radiačního mapování terénu bylo provedeno přístrojem Safecast bGeigie Nano dne 30.8.2017. Měření bylo provedeno na parcelách č. 202/50 a č. 202/6 (Obr. 15). Bylo provedeno při chůzi. Měřicí část přístroje směřovala směrem k zemi. Přístroj byl ve výši 1,4 metru.

Title: Josefov parcely č. 202/50, 202/6

Description: bGeigie in 1.4 m, facing down, walking

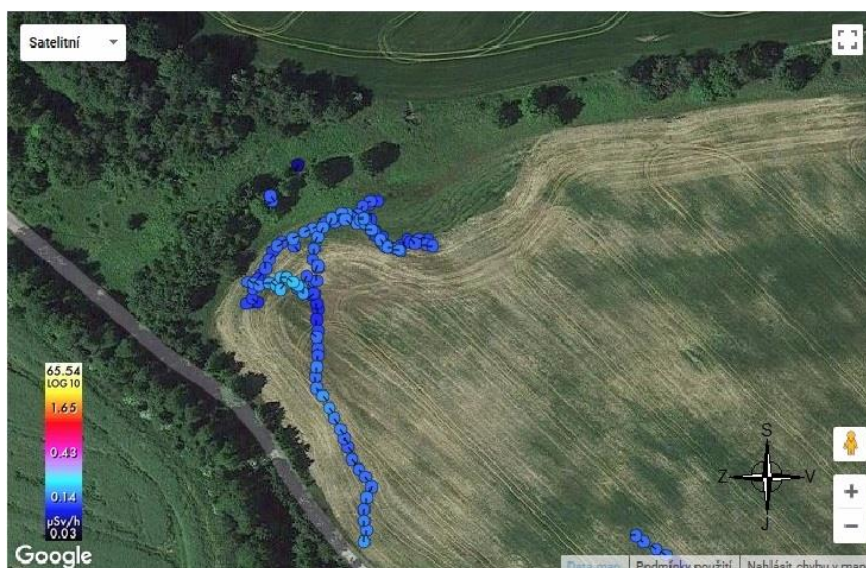
Credits: Jaroslav Lhotský (for SURO.cz)

Height: 1.4m

Orientation: Facing Down

Cities: Josefov

(Legenda je uváděna v anglickém jazyce)

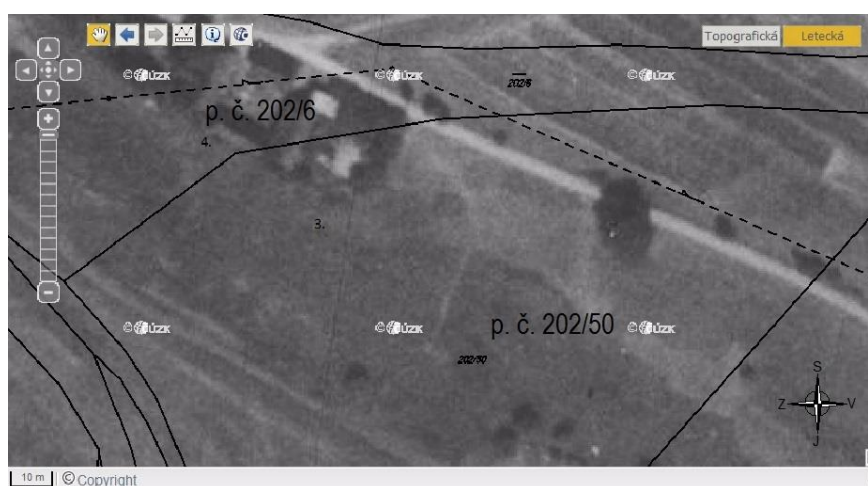


Obr. 15: Měření radiačního mapování lokality Josefov – Radvanov (SÚRO, 2018)

Měřením přístrojem Safecast bGeigie Nano bylo na parcelách č. 202/50 a č. 202/6 zjištěno, že během měření byly hodnoty záření v rozmezí od 0,07 $\mu\text{Sv/h}$ do 0,18 $\mu\text{Sv/h}$. Naměřené hodnoty jsou ve spodním spektru měřitelnosti a jsou nízké.

5.3.4 Výběr parcel v Josefově – část Radvanov

Parcely byly vybrány vzhledem k jejich blízkosti města Habartov, kde byl v roce 1986 odebrán vzorek půdy. Od roku 1986 oblast Habartova a jeho okolí prodělala poměrně velkou změnu v okolní krajině. Jedná se o město, které je nedaleko bývalého hnědouhelného dolu Medard. Tento je v současné době zatopený a probíhá zde v jeho okolí rekultivace. Při výběru parcel jsem zvolil vedlejší obec Josefov – část Radvanov. K odběru byly zvoleny dvě sousedící parcely č. 202/50 a č. 202/6. Tyto spolu přímo sousedí a mají rozdílnou historii v jejich využívání. Parcela č. 202/50 je od doby Černobylské havárie zemědělsky využívána. V době provádění odběru na parcely bylo vysázeno obilí. Pozemek č. 202/6 nebyl od havárie jaderné elektrárny v Černobylu zemědělsky využíván. Při výběru vhodné lokality jsem využil rovněž do náhledu historických map z 50. let 20. Století (Obr. 16, Obr. 17). Zde je patrné, že se na místě nacházela zemědělská stavba, která byla v 60 letech odstraněna. Z níže následujících obrázků je patrné rozdílné využití parcel v posledních 30 letech.



Obr. 16: Historické foto parcel 202/50 a 202/6 z 50. let 20. Století

(Geoportal, 2018)



Obr. 17: Současný stav parcel 202/50 a 202/6 (ČÚZK, 2018)

5.4 Lokalita Františkovy Lázně

Třetí lokalitou bylo zvoleno město Františkovy Lázně. Jedná se o lázeňské město v Karlovarském kraji nedaleko Chebu a je v blízkosti u státní hranice mezi Českou republikou a SRN. V roce 1986 byl odebrán vzorek půdy na souřadnicích sev. šířky $50^{\circ} 7' 14''$ a vých. délky $12^{\circ} 21' 14''$.

5.4.1 Odběrné místo číslo 5

Vzorky č. 13 až č. 15 byly odebrány z parcely č. 124/10 (katastrální území Františkovy Lázně – Jedličná), jehož je majitelem město Františkovy Lázně. Vzorky byly odebrány na souřadnicích (GPS souřadnice $50^{\circ} 08' 15.23''$ N a $12^{\circ} 19' 15.23''$ E). Dle dostupných informací z katastru nemovitostí nemá pozemek evidované BPEJ. Samotný pozemek je tvořen převážně písčitou zemínou (Obr. 19). V době odběru byl pozemek vysušený. Pouze ve spodní části byla zemina vlhká. Pozemek je převážně v úplné rovině v maximálním sklonu od 0° – 3° . Jedná se o pozemek určený k plnění funkce lesa. Je zalesněný (Obr. 18) Samotný odběr sondýrkou byl jednoduchý vzhledem ke složení půdy. Odběr byl proveden dne 30.7.2017. Výsledky měření odebraných vzorků jsou uvedeny v tabulce č. 5.



Obr. 18: Odběrné místo č. 5



Obr. 19: Odebraný vzorek č. 5

číslo vzorku	hloubka [cm]	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	aktivita ^{40}K [Bq/kg]	aktivita ^{137}Cs [Bq/kg]	aktivita (sušina) ^{40}K [Bq/kg]	aktivita (sušina) ^{137}Cs [Bq/kg]
13	0 - 30	0,326	0,179	860±90	40±4	880±90	41±4
14	30 - 60	0,558	0,43	1200±100	4.6±0.5	1200±100	4.6±0.5
15	60 - 100	0,647	0,447	1400±100	0.39±0.04	1400±100	0.39±0.04

Tab. č. 5: Naměřené hodnoty radionuklidů na odběrném místě č. 5 (SÚRO, 2018)

5.4.2 Odběrné místo číslo 6

Vzorky č. 16 až č. 18 byly odebrány z parcely č. 334/1 (katastrální území Františkovy Lázně). Majitelem parcely je Ing. Jiří Vacek, který pozemek využívá k zemědělským účelům. Vzorky byly odebrány na souřadnicích (GPS souřadnice 50° 08' 15.23'' N a 12° 19' 15.23'' E). Dle dostupných informací z katastru nemovitostí má pozemek evidované BPEJ 7.52.01 a 7.52.11. V katastru nemovitostí je pozemek veden v zemědělském půdním fondu (Obr. 20). Samotný pozemek je tvořen písčými jíly a smíšeným terciérem (Obr. 21) Bylo zde značné množství kamenní. Pozemek je převážně v úplné rovině v maximálním sklonu od 0° – 3° viz obrázek č.. Jedná se o půdy velmi málo produkční. V době odběru byl pozemek vysušený (Obr. 21). I ve spodních částech byla zemina značně suchá. Samotný odběr sondýrkou byl ztížený, vzhledem k suché zemině. Odběr byl proveden dne 30.7.2017. Výsledky měření odebraných vzorků jsou uvedeny v tabulce č. 6.



Obr. 20: Odběrné místo č. 6



Obr. 21: Odebraný vzorek č. 6

číslo vzorku	hloubka [cm]	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	aktivita ⁴⁰ K [Bq/kg]	aktivita ¹³⁷ Cs [Bq/kg]	aktivita (sušina) ⁴⁰ K [Bq/kg]	aktivita (sušina) ¹³⁷ Cs [Bq/kg]
16	0 - 30	0,574	0,461	380±40	7.3±0.7	390±40	7.3±0.7
17	30 - 60	0,786	0,471	1100±100	0.89±0.09	1100±100	0.90±0.09
18	60 - 100	0,667	0,484	1300±100	0.84±0.08	1300±100	0.85±0.09

Tab. č. 6: Naměřené hodnoty radionuklidů na odběrném místě č. 6 (SÚRO, 2018)

5.4.3 Měření radiačního mapování lokality Františkovy Lázně

Měření radiačního mapování terénu bylo provedeno přístrojem Safecast bGeigie Nano dne 23.8.2017. Měření bylo provedeno na parcelách č. 124/10 a č. 334/1 (Obr. 22). Bylo provedeno při chůzi. Měřicí část přístroje směřovala směrem k zemi. Přístroj byl ve výši 1,4 metru.

Title: Františkovy Lázně parcely č. 124/10, 334/1

Description: bGeigie in 1.4 m, facing down, walking

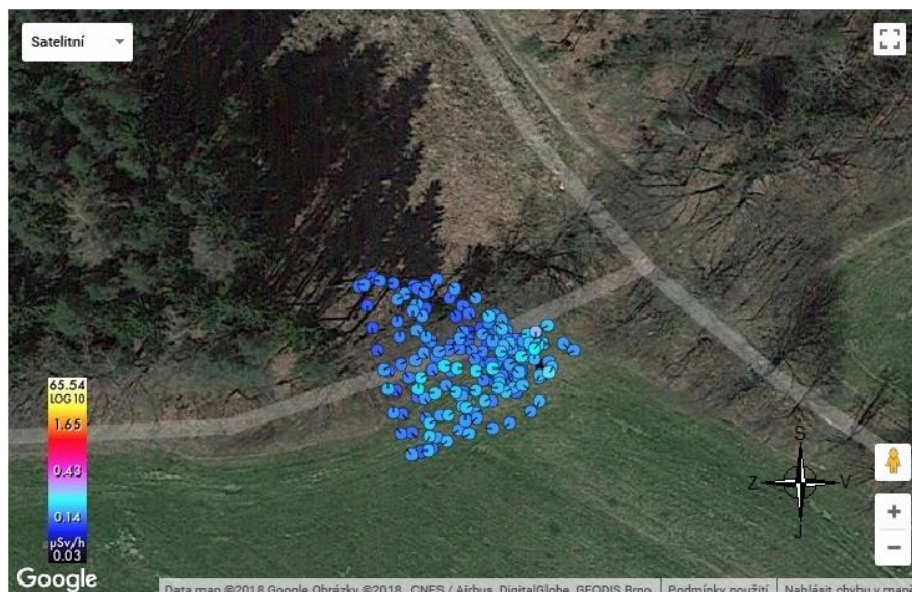
Credits: Jaroslav Lhotský (for SURO.cz)

Height: 1.4m

Orientation: Facing Down

Cities: Františkovy Lázně

(Legenda je uváděna v anglickém jazyce)



Obr. 22: Měření radiačního mapování lokality Františkovy Lázně (SÚRO, 2017)

Měřením přístrojem Safecast bGeigie Nano bylo na parcelách č. 124/10 a č. 334/1 zjištěno, že během měření byly hodnoty záření v rozmezí od 0,13 $\mu\text{Sv/h}$ do 0,27 $\mu\text{Sv/h}$. Naměřené hodnoty jsou ve spodní části měřeného spektra.

5.4.4. Výběr parcel ve Františkových Lázních

Parcely byly vybrány vzhledem k předchozímu odběru vzorků půdy z roku 1986. Uvedené parcely jsou od havárie v Černobylu beze změny. K odběru byly zvoleny sousedící parcely č. 124/10 a č. 334/1. Parcela č. 124/10 slouží k plnění funkce lesa a parcela č. 334/1 je vedena v zemědělském půdním fondu. V době provádění odběru na parcele č. 334/1 byla porostlá travnatým porostem. Při výběru vhodné lokality jsem využil rovněž do náhledu historických map z 50. let 20. století (Obr. 23 Obr. 24). Z náhledu do historických map je vidět stálé a neměnné využívání uvedených pozemků.



Obr. 23: Parcely 124/10 a 334/1 z 50. let 20. století (Geoportal, 2018)



Obr 24.: Současný stav parcel 124/10 a 334/1 (ČÚZK, 2018)

5.5 Lokalita Pomezí nad Ohří

Čtvrtou lokalitou byla zvolena obec Pomezí nad Ohří. Jedná se o obec nacházející se v Karlovarském kraji, jejíž katastr sousedí se státní hranicí se SRN. Je v blízkosti města Cheb, ve kterém byl v roce 1986 odebrán vzorek půdy na souřadnicích sev. šířky $50^{\circ} 5' 51''$ a vých. délky $12^{\circ} 22' 21''$.

5.5.1 Odběrné místo číslo 7

Vzorky č. 19 až č. 21 byly odebrány z parcely č. 654 (katastrální území Pomezí nad Ohří), jehož je majitelem obec Pomezí nad Ohří. Vzorky byly odebrány na souřadnicích (GPS souřadnice $50^{\circ} 05' 46''$ N a $12^{\circ} 15' 02''$ E). Dle dostupných informací z katastru nemovitostí nemá pozemek evidované BPEJ. Samotný pozemek je tvořen písky na jílech a smíšeným terciérem (Obr. 26). Pozemek je v mírném

sklonu 3° – 7°. Pozemek je evidován jako jiná plocha – neplodná půda. Je zalesněný (Obr. 25). V době odběru byl pozemek vysušený. Pouze ve spodní části byla zemina vlhká. Samotný odběr sondýrkou byl složitý vzhledem ke složení půdy a jejímu značenému vysušení. Odběr byl proveden dne 30.7.2017. Výsledky měření odebraných vzorků jsou uvedeny v tabulce č. 7.



Obr. 25: Odběrné místo č. 7 (Lhotský, 2017)



Obr. 26: Odebraný vzorek č. 7 (Lhotský, 2017)

číslo vrstvy	hloubka [cm]	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	aktivita ⁴⁰ K [Bq/kg]	aktivita ¹³⁷ Cs [Bq/kg]	aktivita (sušina) ⁴⁰ K [Bq/kg]	aktivita (sušina) ¹³⁷ Cs [Bq/kg]
19	0 - 30	0,470	0,454	360±40	15±2	370±40	15±2
20	30 - 60	0,448	0,443	410±40	6.3±0.6	420±40	6.4±0.6
21	60 - 100	0,452	0,286	570±60	2.2±0.2	580±60	2.3±0.2

Tab. č. 7: Naměřené hodnoty radionuklidů na odběrném místě č. 7 (SÚRO, 2018)

5.5.2 Odběrné místo číslo 8

Vzorky č. 22 až č. 24 byly odebrány z parcely č. 283/12 (katastrální území Pomezí nad Ohří). Majitelem parcely obec Pomezí nad Ohří. Vzorky byly odebrány na souřadnicích (GPS souřadnice 50° 05' 46'' N a 12° 15' 02'' E). Dle dostupných informací z katastru nemovitostí má pozemek evidované BPEJ 7.54.11 a 7.53.11. V katastru nemovitost je pozemek veden v zemědělském půdním fondu. V současné době je pozemek dlouhodobě pronajímán k zemědělcům ze SRN, kteří pozemek využívají k zemědělským účelům (Obr. 27). Samotný pozemek je tvořen vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím. Bylo zde u značné množství kamenní. Pozemek je v mírném sklonu s od 3° – 7°. Jedná se o půdy produkčně málo významné. V době odběru byl pozemek vysušený. I ve spodních částech byla zemina značně suchá (Obr. 28). Samotný odběr sondýrkou byl ztížený, vzhledem suché zemině a přítomnosti kamenní. Odběr byl proveden dne 30.7.2017. Výsledky měření odebraných vzorků jsou uvedeny v tabulce č. 8.



Obr. 27: Odběrné místo č. 8



Obr. 28: Odebraný vzorek č. 8

číslo vzorku	hloubka [cm]	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	aktivita ⁴⁰ K [Bq/kg]	aktivita ¹³⁷ Cs [Bq/kg]	aktivita (sušina) ⁴⁰ K [Bq/kg]	aktivita (sušina) ¹³⁷ Cs [Bq/kg]
22	0 - 30	0,51	0,485	420±40	13±1	430±40	13±1
23	30 - 60	0,436	0,296	530±50	10±1	540±50	10±1
24	60 - 100	0,417	0,271	600±60	1.3±0.1	620±60	1.4±0.1

Tab. 8: Naměřené hodnoty radionuklidů na odběrném místě č. 8 (SÚRO, 2018)

5.5.3 Měření radiačního mapování lokality Pomezí nad Ohří

Měření radiačního mapování terénu bylo provedeno přístrojem Safecast bGeigie Nano dne 23.8.2017. Měření bylo provedeno na parcelách č. 654 a č. 283/12 (Obr. 29). Bylo provedeno při chůzi. Měřicí část přístroje směřovala směrem k zemi. Přístroj byl ve výši 1,4 metru.

Title: Pomezí nad Ohří, parcely č. 283/12, 654

Description: bGeigie in 1.4 m, facing down, walking

Credits :Jaroslav Lhotský (for SURO.cz)

Height: 1.4m

Orientation: Facing Down

Cities: Pomezí nad Ohří

(Legenda je uváděna v anglickém jazyce)



Obr. 29: Měření radiačního mapování lokality Pomezí nad Ohří (SÚRO, 2017)

Měření přístrojem Safecast bGeigie Nano bylo na parcelách č. 654 a č. 283/12 zjištěno, že během měření byly hodnoty záření v rozmezí od 0,07 $\mu\text{Sv/h}$ do 0,17 $\mu\text{Sv/h}$. Naměřené hodnoty jsou ve spodním spektru měřitelnosti. Jsou nízké.

5.5.4 Výběr parcel v Pomezí nad Ohří

Výběr parcel byl zvolen vzhledem k jejich blízkosti města Cheb. V tomto městě byl v roce 1986 odebrán půdní vzorek. Od roku 1986 došlo na území katastru města Cheb k mnoho změnám. Byla zde vybudována průmyslová zóna, kolem města je postavená dálnice a rozmohla se zástavba obytných domů a v neposlední řadě

nákupních center. Výběr vhodných lokalit byl velmi zúžen. Z tohoto důvodu jsem vybral sousední katastr obce Pomezí nad Ohří. Zde došlo k minimálním stavebním změnám a od roku 1986 je tato oblast téměř nezměněná. Vzdálenost o města Cheb není velká. Vybrány k odběru byly dvě sousedící parcely č. 654 a č. 283/12. Tyto spolu sousedí a mají částečně společnou historii. V 50 letech minulého století se jednalo o jeden zemědělský pozemek. Toto je patrné z historické ortofotomapy (Obr. 30, Obr. 31). V pozdějších letech se parcela 654 jako zemědělská přestala využívat a došlo k jejímu zalesnění. Parcela č. 283/12 je od doby Černobylské havárie zemědělsky využívána. V době odběrů vzorků byla parcela zaorána. Pozemek č. 654 nebyl od havárie jaderné elektrárny v Černobylu zemědělsky využíván.



Obr. 30: Parcely 654 a 283/12 z 50. let 20. století (Geoportál, 2018)



Obr. 31: Současný stav parcel 654 a 283/12 (ČZÚK, 2018)

Měření Safecast bGeigie Nano v Karlovarském kraji

V době od 21.8.2017 do 5.3.2018 bylo provedeno měření radiačního mapování terénu na území Karlovarského kraje. Měření bylo provedeno během jízdy v dopravním prostředku tak i během chůze. Při měření bylo zjištěno, že na většině území Karlovarského kraje je radiace na nízké úrovni. Při měření bylo vytipováno několik lokalit, kde byl předpoklad možného zvýšeného dávkového ionizujícího záření. Měření bylo provedeno v Jáchymově na Karlovarsku a pak dále v okolí Horního Slavkova. V okolí horního Slavkova bylo zaznamenáno nejvyšší hodnota 1,11 $\mu\text{Sv/h}$ (Obr. 32). Hodnota byla zjištěna na místě, kde byla vytvořena výsypka, kam se odvážela hlušina vznikající při důlní činnosti při těžbě uranové rudy v okolí Horního Slavkova. Uvedené místo se nachází v relativní blízké vzdálenosti od obydlené části města Horní Slavkov.

Title: Horní Slavkov - walk 3

Description: bGeigie in 1.0 m, facing back, walking

Credits: Jaroslav Lhotský (for SURO.cz)

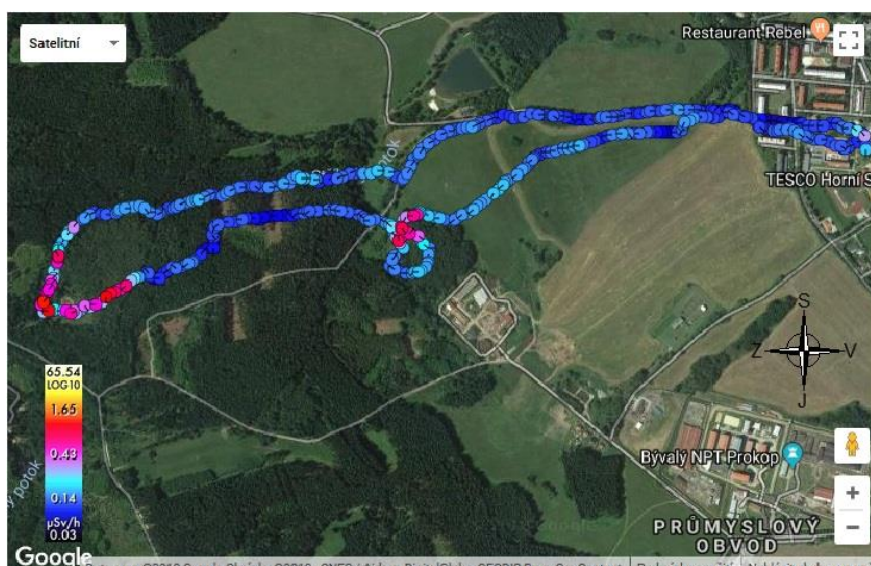
Height: 1.0m

Orientation: Facing Back

Subtype: Drive

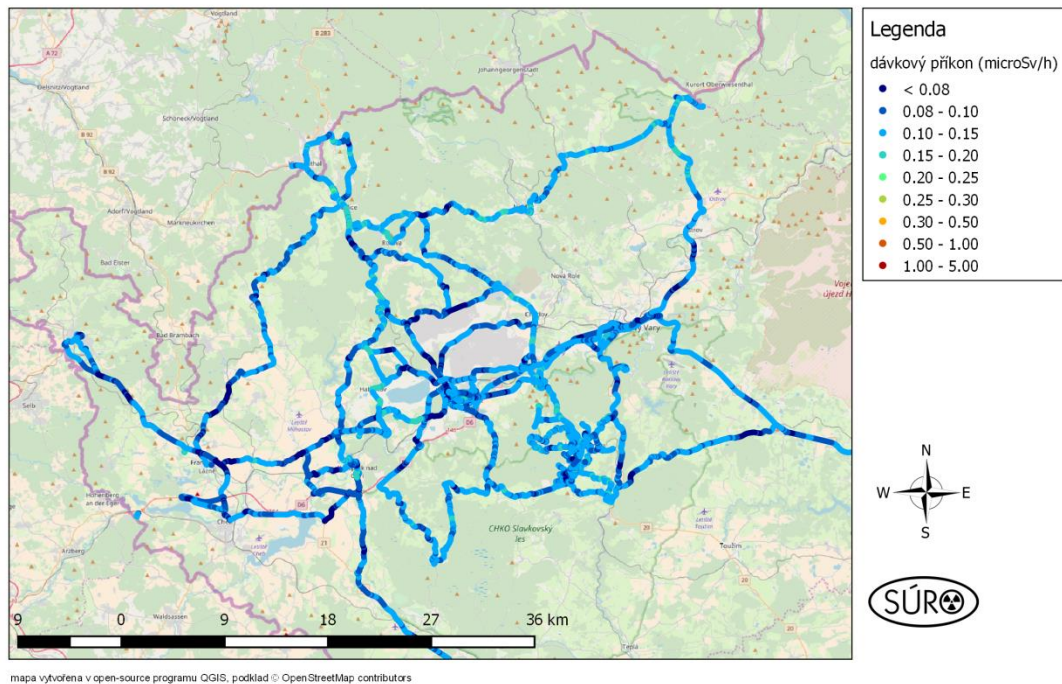
Cities: Horní Slavkov

(Legenda je uváděna v anglickém jazyce)



Obr. 32: Nejvyšší zjištěné záření (SÚRO, 2018)

Měření detektorem Safecast bGeigie Nano č. 2841



Obr. 33 Provedené měření na území Karlovarského kraje (SÚRO, 2018)

6. DISKUZE

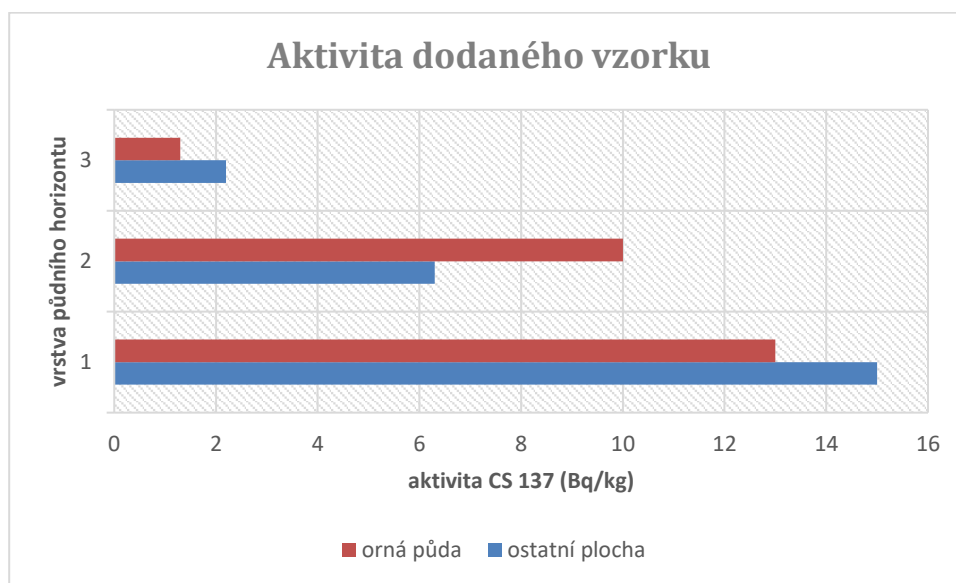
Postupem času od jaderné havárie v Černobylu si většina obyvatel světa již nepřipouští možné ohrožení svého zdraví vlivem havárie v roce 1986. Myslím si, že lidé jsou přesvědčeni, že jim již žádné ohrožení zdraví nehrozí a životní prostředí již nadále není touto katastrofou dotčeno. Na druhou stranu je zde spousta lidí, kteří odmítají jaderné elektrárny jako zdroj elektrické energie. Jako důvod uvádí právě katastrofu v Černobylu. Jde o realitu tohoto světa a jen těžko se tato skutečnost bude měnit. Dnešní svět se však ve spoustu věcí mění, především ohleduplnějším přístupem k životnímu prostředí. Lidem jde o environmentální bezpečnost na všech úrovních.

Přítomnost cesia ^{137}Cs na území Karlovarského kraje se dala předpokládat vzhledem k tomu, že zde byla jeho přítomnost zjištěna již v roce 1986 po provedení měření jak je patrné ze zprávy Plošné aktivity cesia ^{137}Cs zjištěná ve vzorcích odebraných půd při celostátním průzkumu ze dne 17.6.1986. V níže popsáných lokalitách byly na Karlovarsku zjištěny nejvyšší hodnoty cesia ^{137}Cs .

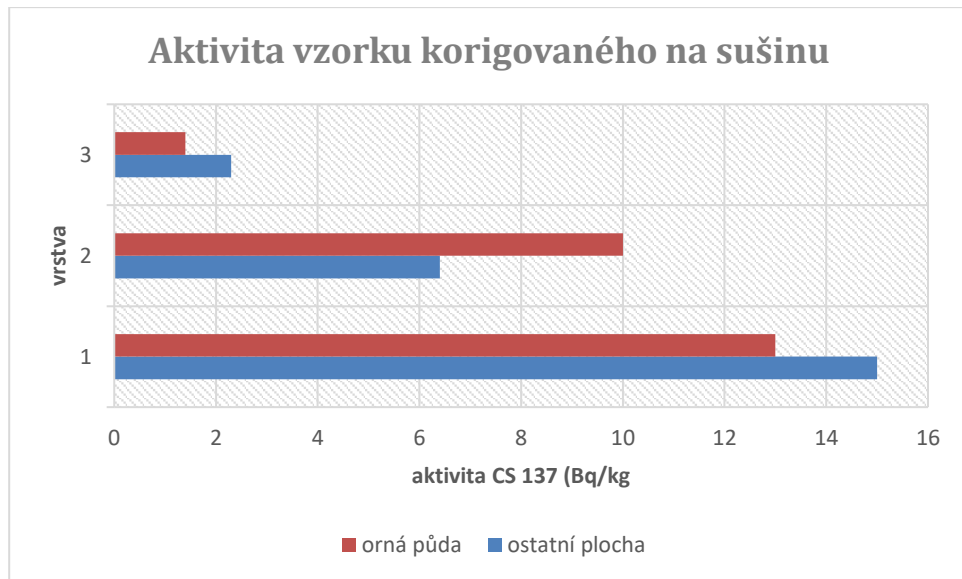
V dodaných výsledcích byla zjištěna přítomnost draslíku ^{40}K . Ten je jedním z hlavních a významných zdrojů ozáření. Je obsažen v každém lidském těle. Jde o přírodní radioaktivní látku. Běžně se vyskytuje v přírodě.

6.1 Bukovany u Sokolova

Na této lokalitě byla zjištěna přítomnost cesia ^{137}Cs ve všech šesti odebraných vzorcích půdy, které byly odebrány z různých vrstev půdního profilu, dvou parcel s rozdílným využitím. Tyto výsledky ze vzorků jsem mezi sebou porovnal. Rozdíly mezi zemědělskou půdou a ostatní plochou jsou výrazné. V zemědělsky využívané ploše byla ve vrstvě od 0 cm do hloubky 30 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 12 Bq/kg a ostatní ploše 16 Bq/kg. Ve vrstvě od 30 cm do hloubky 60 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 5,9 Bq/kg a ostatní ploše 2,3 Bq/kg. Ve vrstvě od 60 cm do hloubky 100 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 1,5 Bq/kg a ostatní ploše 0,71 Bq/kg. Je evidentní, že zemědělsky využívaná půda má nižší obsah aktivity cesia ^{137}Cs ve všech měřených vrstvách (Graf 1). Nejvyšší hodnoty jsou v horních částech. Směrem pod povrch je přítomnost cesia ^{137}Cs menší. Rozdílné jsou i hodnoty mezi odevzdanými vzorky a vzorky, které byly korigovány na sušinu (Graf 2). Ve vrstvě 0 cm do hloubky 30 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 12 Bq/kg a ostatní ploše 16 Bq/kg. Ve vrstvě od 30 cm do hloubky 60 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 6,1 Bq/kg a ostatní ploše 2,4 Bq/kg. Ve vrstvě od 60 cm do hloubky 100 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 1,5 Bq/kg a ostatní ploše 0,72 Bq/kg.



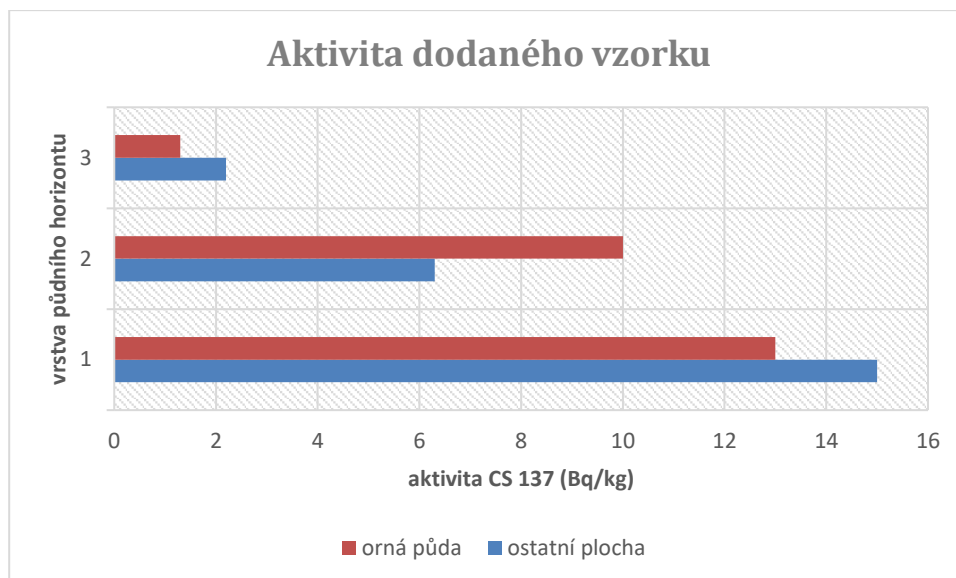
Graf 1: Aktivita cesia ^{137}Cs vzorků z Bukovan u Sokolova. (Lhotský, © 2018)



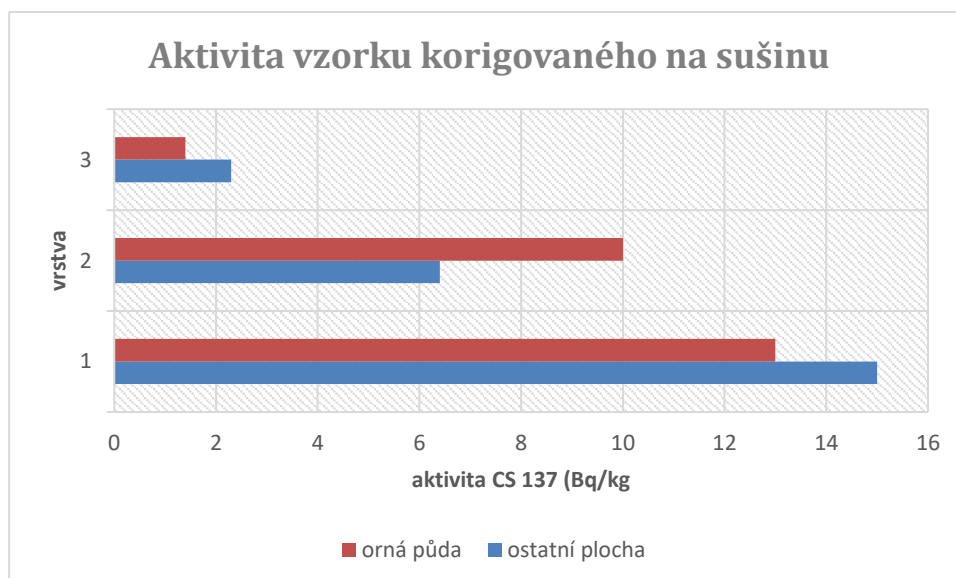
Graf 2: Aktivita cesia ^{137}Cs v sušině vzorků z Bukovan u Sokolova. (Lhotský, © 2018)

6.2 Josefov - Radvanov

V této lokalitě byla zjištěna přítomnost cesia ^{137}Cs rovněž ve všech šesti odebraných vzorcích půdy, které byly odebrány z různých vrstev půdního profilu, dvou parcel s rozdílným využitím. Tyto výsledky ze vzorků jsem mezi sebou porovnal. Rozdíly mezi zemědělskou půdou a ostatní plochou jsou stejně jako v Bukovanech výrazné. V zemědělsky využívané ploše byla ve vrstvě od 0 cm do hloubky 30 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 6,6 Bq/kg a ostatní ploše 6,6 Bq/kg. Ve vrstvě od 30 cm do hloubky 60 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 2,5 Bq/kg a ostatní ploše 4,5 Bq/kg. Ve vrstvě od 60 cm do hloubky 100 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 0,88 Bq/kg a ostatní ploše 1,4 Bq/kg. Je evidentní, že zemědělská půda má nižší obsah aktivity cesia ^{137}Cs ve všech měřených vrstvách (Graf 3). Nejvyšší hodnoty jsou opět v horních částech zeminy. Směrem pod povrch je přítomnost cesia ^{137}Cs menší. Rozdílné jsou i hodnoty mezi odevzdanými vzorky a vzorky, které byly korigovány na sušinu (Graf 4). Ve vrstvě 0 cm do hloubky 30 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 6,8 Bq/kg a ostatní ploše 6,7 Bq/kg. Ve vrstvě od 30 cm do hloubky 60 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 2,6 Bq/kg a ostatní ploše 4,7 Bq/kg. Ve vrstvě od 60 cm do hloubky 100 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 0,9 Bq/kg a ostatní ploše 1,4 Bq/kg.



Graf 3: Aktivita cesia ^{137}Cs vzorků z Josefova. (Lhotský, © 2018)

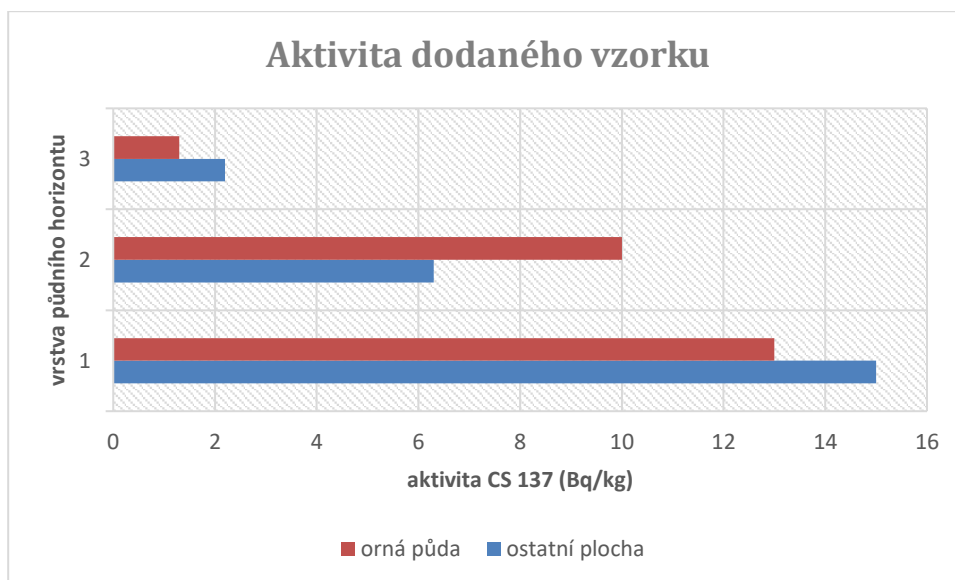


Graf 4: Aktivita cesia ^{137}Cs v sušině vzorků Josefova (Lhotský, © 2018)

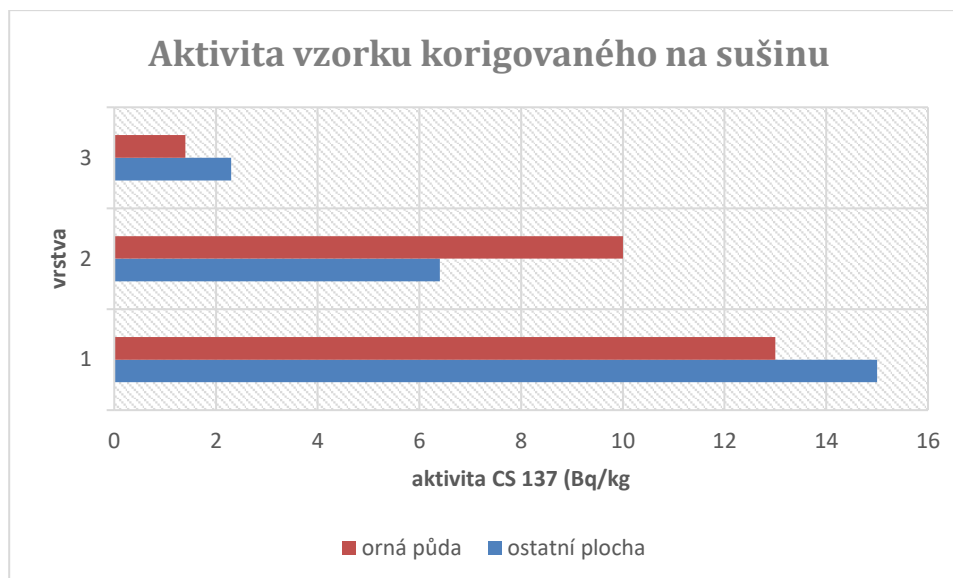
6.3 Františkovy Lázně

Rovněž v této lokalitě byla zjištěna přítomnost cesia ^{137}Cs . Všechny vzorky odebraných půd, které byly odebrány z různých vrstev půdního profilu, dvou parcel s rozdílným využitím obsahovaly cesium ^{137}Cs . Tyto výsledky ze vzorků jsem mezi sebou porovnal. Rozdíly mezi zemědělskou půdou a lesem jsou vysoce odlišné. V zemědělsky využívané ploše byla ve vrstvě od 0 cm do hloubky 30 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 7,3 Bq/kg a v lese 40 Bq/kg. Ve vrstvě od 30 cm do hloubky 60 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 6,3 Bq/kg a v lese 4,6 Bq/kg. Ve

vrstvě od 60 cm do hloubky 100 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 0,84 Bq/kg a v lese 0,39 Bq/kg. I zde je jasné vidět, že zemědělská půda má nižší obsah aktivity cesia ^{137}Cs ve všech měřených vrstvách (Graf 5). Nejvyšší hodnoty jsou opět v horních částech zeminy. Je zde ale enormní rozdíl v horní vrstvě, kde je více než pětinasobná aktivita cesia ^{137}Cs . Směrem pod povrch je přítomnost cesia ^{137}Cs menší. Rozdílné jsou i hodnoty mezi odevzdanými vzorky a vzorky, které byly korigovány na sušinu (Graf 6). Ve vrstvě od 0 cm do hloubky 30 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 7,3 Bq/kg a v lese 41 Bq/kg. Ve vrstvě od 30 cm do hloubky 60 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 0,9 Bq/kg a v lese 4,6 Bq/kg. Ve vrstvě od 60 cm do hloubky 100 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 0,85 Bq/kg a v lese 0,39 Bq/kg.



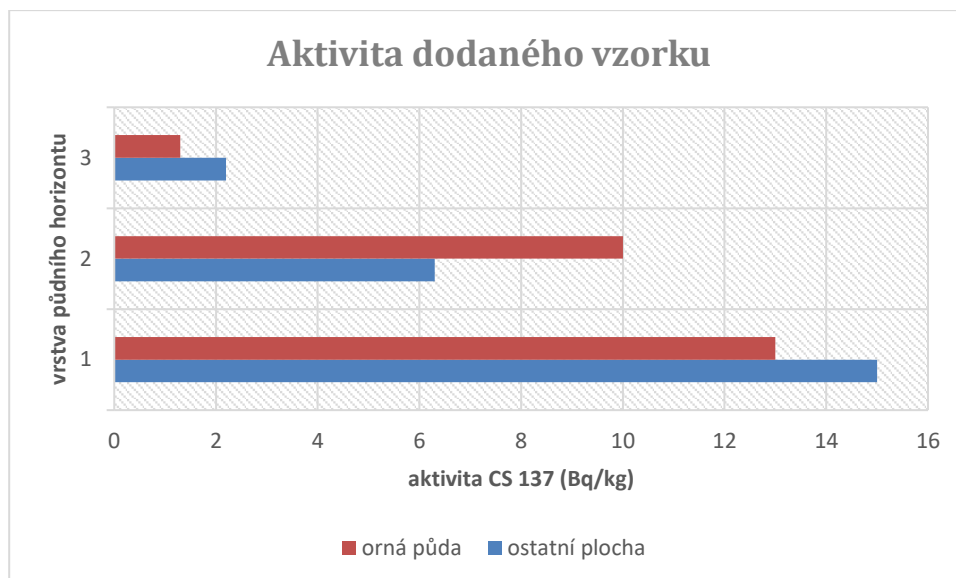
Graf 5: Aktivita cesia ^{137}Cs vzorků z Frant. Lázní (Lhotský, © 2018)



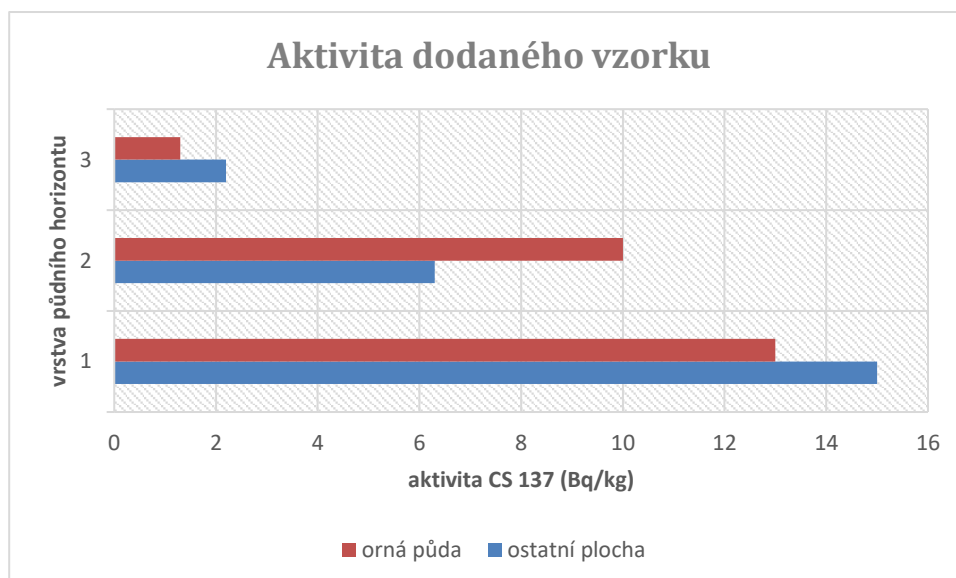
Graf 6: Aktivita cesia ^{137}Cs v sušině vzorků z Frat. Lázní (Lhotský, © 2018)

6.4 Pomezí nad Ohří

I v této lokalitě byla zjištěna přítomnost cesia ^{137}Cs . Všechny vzorky odebraných půd, které byly odebrány z různých vrstev půdního profilu, dvou parcel s rozdílným využitím obsahovaly cesium ^{137}Cs . Rozdíly mezi zemědělskou půdou a lesem jsou rovněž odlišné. V zemědělsky využívané ploše byla ve vrstvě od 0 cm do hloubky 30 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 13 Bq/kg a v lese 15 Bq/kg. Ve vrstvě od 30 cm do hloubky 60 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 10 Bq/kg a v lese 6,3 Bq/kg. Ve vrstvě od 60 cm do hloubky 100 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 1,3 Bq/kg a v lese 2,2 Bq/kg. I zde je jasně vidět, že zemědělská půda má nižší obsah aktivity cesia ^{137}Cs ve všech měřených vrstvách (Graf 7). Nejvyšší hodnoty jsou opět v horních částech zeminy. Směrem pod povrch je přítomnost cesia ^{137}Cs nižší. Rozdílné jsou i hodnoty mezi odevzdanými vzorky a vzorky, které byly korigovány na sušinu (Graf 8). Ve vrstvě od 0 cm do hloubky 30 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 13 Bq/kg a v lese 15 Bq/kg. Ve vrstvě od 30 cm do hloubky 60 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 10 Bq/kg a v lese 6,4 Bq/kg. Ve vrstvě od 60 cm do hloubky 100 cm zjištěna aktivita cesia ^{137}Cs ve výši 1,4 Bq/kg a v lese 2,3 Bq/kg.



Graf 7: Aktivita cesia ^{137}Cs vzorků z Pomezí n/O (Lhotský, © 2018)



Graf 8: Aktivita cesia ^{137}Cs v sušině vzorků z Pomezí n/O (Lhotský, © 2018)

Ze zjištěných hodnot je jasné, že je cesium ^{137}Cs stále přítomno na území Karlovarského kraje. Za rozdílné hodnoty cesia ^{137}Cs v jednotlivých vzorcích a v jednotlivých vrstvách je dle mého názoru ovlivněno několika faktory. V první řadě jde o nerovnoměrný dopad cesia ^{137}Cs z mraku po výbuchu Černobylu. Dále si myslím, že rozdílné množství je dáno rovněž i následným deštěm. Tento také přispěl ke spadu na zem. Dalším faktorem je i rozdílné složení půdy. Otázkou je pro mne, jak je možné, že některé rozdíly mezi zemědělsky využívanou půdou a ostatními plochami a lesy jsou rozdílné. Jde o rozdíly, které nejsou nějak výrazné. Rozdíl

v horních částech půdního profilu je větší než ve spodních půdních profilech. V nejnižších vrstvách je přítomnost cesia ^{137}Cs možným pozůstatkem jaderných zkoušek atomových zbraní jak se uvádí ve zprávě Státního úřadu pro jadernou bezpečnost z roku 1996. Přítomnost cesia ^{137}Cs v horních vrstvách je především důsledkem havárie v Černobylu. Všechny zemědělsky užívané pozemky vykazují menší aktivitu cesia ^{137}Cs . Je to možná dáno tím, že vrchní část zeminy byla při obhospodařování obdělávána. Je i možné, že nižší přítomnost cesia ^{137}Cs je tu také kvůli tomu, že zde byly pěstovány rostliny, které mohli vstřebat cesium ^{137}Cs a tím mohlo dojít k jeho poklesu. V případě lesa ve Františkových Lázních s polem je rozdíl v horních vrstvách extrémní. Je to více než pětinašobek oproti vedle umístěnému poli. Rozdíl v tomto případě připisuji tomu, že lesní porost, mechy a dalšími lesními porost snadno vstřebává cesium ^{137}Cs jak uvádí Robert Břešťan. Možná proto se v horní vrstvě lesního porostu nachází tak vysoká aktivita cesia ^{137}Cs . Ve spodních částech půdního profilu je ve srovnatelných hodnotách s polem.

V roce 1986 byly zjištěny hodnoty cesia ^{137}Cs v půdních vzorcích na Karlovarsku v následujících hodnotách: Bukovany u Sokolova 8,57 kBq. m², Habartov 7,2 kBq.m², Františkovy Lázně 8,62 kBq. m² a Cheb 9,61 kBq.m². Tyto hodnoty nemohou být přímo srovnány s hodnotami mnou odebraných vzorků. Je to dáno metodikou odběru, která byla provedena v roce 1986 a metodikou odběru, kterou jsem provedl já sám. Výsledky z roku 1986 jsou v hodnotách kBq.m². Uváděné hodnoty z mého odběru jsou v jednotkách Bg/kg. Hodnoty jsou z většího půdního profilu, než tomu bylo v roce 1986. Dřívější odběry nebyly tak podrobné a nezabývaly se hloubkou přesahující 5 cm hloubky zeminy.

6.5 Měření Safecast bGeigie Nano

Měření detektorem Safecast bGeigie Nano bylo prováděno na území Karlovarského kraje v průběhu několika měsíců. Bylo provedeno i v místech kde byl proveden odběr vzorků. Měřicí přístroj měří nejvýznamnější zdroje záření gama přírodních nuklidů. Detektor však nerozlišuje typ dopadajícího ionizujícího záření. Nepozná, zda jde o záření z přírodního pozadí nebo z umělých radionuklidů. Cesium ^{137}Cs se tímto přístrojem nedokáže změřit, jak je uvedeno v prezentaci SÚRO. Při provedených měřeních nebylo zjištěno, že se je na Karlovarsku radioaktivní pozadí v pořádku a dávkové záření je v normě. Výjimkou bylo měření v katastru

města Horní Slavkov. Zde na výsypce po těžbě uranové rudy byla zjištěna největší hodnota 1,11 $\mu\text{Sv/h}$. Větší hodnota nebyla mnou změřena.

6.6. Environmentální bezpečnost

Téma jaderné energie je složité vzhledem k havárii Černobylu a rozšíření radionuklidů do přírody. Nikdo si před touto katastrofou nemyslel, že se ještě dnes po dlouhé době budeme potýkat s následky tohoto neštěstí. Touto prací jsem měl možnost zhodnotit stav radionuklidů v Karlovarském kraji. Dle různých pohledů a názorů z písemných zdrojů a provedených měření je evidentní, že se stále potýkáme v půdě cesiem ^{137}Cs . V současnosti se se dostáváme do období, kdy dojde k poločasu rozpadu cesia ^{137}Cs . Dalších více jak 30 let se s ním ještě budeme potýkat. Z pohledu environmentální bezpečnosti je jakákoliv přítomnost nepřírodního záření nežádoucí.

7. ZÁVĚR

V současné době je to 31 let, kdy došlo jedné z největších jaderných havárií. Neštěstí v jaderné elektrárně v Černobylu mělo za následek desítky životů. Dalších tisíce lidí bylo vystavěno radioaktivnímu záření. Došlo k zamoření velkého území kolem jaderné elektrárny. Radioaktivní mrak obsahující radionuklidy se rozšířil nad celou severní polokoulí Země. Škody na majetku jsou nezměrné a do dnes je finančně náročné zabezpečení zničeného reaktoru tak, aby se z něj do okolního prostředí nedostávalo nebezpečné záření. I po více jak třiceti letech se stále i v České republice potýkáme s následky s touto havárií. I přes značnou vzdálenost od místa, kde se nachází jaderná elektrárna, bylo naše území zasaženo spadem z radioaktivního mraku. Spad z mraku byl na našem území monitorován prakticky od doby, kdy byla zveřejněna informace o havárii. V této době bylo obyvatelstvo velmi málo a nedostatečně informováno o vzniklé situaci. V dnešní době je našťastí již situace jiná. V současnosti velká část obyvatelstva má ekologické myšlení. Zajímá se o ochranu přírody a o ochranu životního prostředí. Informovanost obyvatel je na vysoké úrovni, stát mám zájem na ochranu zdraví osob a čistém životním prostředí.

I přestože si spousta lidí myslí, že nás už pominuly následky Černobylu, opak je pravdou. Touto prací jsem chtěl ověřit přítomnost radionuklidů v půdě na území Karlovarského kraje. Přítomnost radionuklidů jsem v půdě předpokládal, vzhledem jejich k charakteristice. Ze získaných výsledku je patrně, že ve všech vzorcích byla zjištěna přítomnost radionuklidů. Byly zde jak ty, přírodní tak i ty umělé. Mou pozornost však zaujala koncentrace cesia ^{137}Cs ve vzorcích, které byly odebrány z horní části půdního profilu. Z výsledku je patrné, že zemědělská půda má téměř ve všech vzorcích menší obsah přítomnosti radionuklidů. Radionuklidy se dostávají z půdy do rostlin, z těchto do zvířat a následně i do potravin. To je cesta, jak se do našich těl dostává radioaktivita. Je tedy na místě si uvědomit, že se vzhledem k přítomnosti radionuklidů v půdách jen tak těchto látek nezbavíme. Doba, kdy budeme moci říct, že se v nás již radionuklidy nenachází, je poměrně dost vzdálená. Osobně si myslím, že by se mělo v celé České republice provádět obdobné zjišťování koncentrace radionuklidů v půdách. Minimálně v těch, které se používají pro zemědělské účely, jako jsou pěstování plodin nebo pastva zvířat. Nejvíce

kontaminované půdy by se dle mého názoru neměli takto využívat. Dle mého názoru by se tímto dalo zamezit nadměrnému přísunu radionuklidů do našich těl.

Na začátku byl test v reaktoru jaderné elektrárny v Černobylu. Osudovou lidskou chybou došlo k havárii, která nemá v dějinách obdoby. Z mého pohledu jde o jednu z největších havárií. Zdánlivá chyba ovlivnila život milionů lidí na naší planetě. S následky se budeme muset potýkat ještě několik desítek let.

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A OBRÁZKŮ

8.1 Knižní a časopisové zdroje

Aleksíjevíč S., 2017: Modlitba za Černobyl: kronika budoucnosti. Pistorius & Olšanská, Příbram, 296 s., ISBN 978-80-87855-76-8.

Apikyan S., Diamond D., 2009: Nuclear Power and Energy Security. Springer, New York, 282 s., ISBN 978-90-481-3503-5.

ApSimon, H. M., Wilson, J. J. N., Simms K. L., 1989: Analysis of the dispersal and deposition of radionuclides from Chernobyl across Europe. Proc. R. Soc., London, A 425.1869 365-405.

Bennett B., Repacholi M., Carr Z., 2006: Health effects of the Chernobyl accident and special health care programmes: report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Health". World Health Organization. Geneva, 282 s., ISBN 978-92-4-159417-2.

Bobůrková E., 2004: Černobyl: Řekni, kde ti chlupci jsou?: České vědce ohromilo nové zjištění - největší jaderná havárie zmařila jen u nás životy možná až 470 chlupců. Mladá fronta Dnes. roč. 15. č. 97.

Bečková V., Bučina I., Drábová D., Filgas R., Fojtíková I., Foltánová Š., Hůlka J., Kroutilíková D., Kuča P., Malátová I., Michálek V., Rulík P., Vlček J., 2000: Zpráva o radiační situaci na území České republiky. Bezpečnost jaderné energie. roč. 8, č. 9-10, s. 273-300.

Břešťan R., 2011: Radioaktivita je stále v nás. Ekonom. roč. 55 č. 16. s. 46-47.

Comby B., 2007: Environmentalisté pro jadernou energii: Pragma, Praha, 321 s., ISBN 978-80-7349-042-3.

Damveld H., 1992: Neštěstí bez konce. Regionální článek Hnutí Brontosaurus, Pardubice, 48 s.

Desment G., Sinnaeve J., 1992: Evaluation of data on the transfer of radionuclides in the food chain: final report: post-Chernobyl action final. Commission of the European communities, Brussels, 313 s., 1992. ISBN 92-826-3731X.

Dědictví Černobylu, 2006: Zdravotní, ekologické a sociálně ekonomické dopady: Doporučení vládám Běloruska, Ruské federace a Ukrajiny. ČSVTS, Praha, 51 s., ISBN 80-02-01806-0.

Dienstbier Z., 2010: Hirošima a zrod atomového věku: cesta od atomových zbraní k nukleární medicíně a jaderným elektrárnám. Kolumbus, Praha, 306 s., ISBN 978-80-204-2224-8.

Drábová D., Bučina I., Klener V., Hůlka J., Kunc E., 2001: Patnáct let od Havárie Černobylu – důsledky a poučení. Ing. Břetislav Janík, Praha, 33 s.

Drábová D., 2006: Jaderná energetika před černobylskou havárií a po ní. Vesmír. roč. 85, č. 3. s. 137-139.

Glazko T. a Glazko V., 2006: Genetické důsledky Černobylu: mýty a skutečnost. Vesmír. roč. 85, č. 4. s. 201-208.

Hanus V., 2006: Jaderná katastrofa v Černobylu funguje dodnes. Svět vědy. roč. 4, č. 4. s. 40-42.

KOVALEVSKAIA L., 1995: Chernobyl' "DSP": Posledstviia Chernobylia. Abris, Kiev, ISBN 5-86828-031-8.

Rataj J., 2006: Dvacet let od jaderné havárie v Černobylu: Jaké byly následky havárie v jaderné elektrárně Černobyl?. Energetika. roč. 56, č. 6, s. 186-188.

Štuller J., 1996: 10 let od jaderné havárie reaktoru c Černobylu – důsledky a poučení. Státní úřad pro jadernou bezpečnost a Státní úřad radiační ochrany, Praha, 80 s.

Ščerbak J., 1990: Černobyl. Práce, Praha, ISBN 802080708X.

Švehla M., 2016: Jako po výbuchu: třicet let od havárie v Černobylu čeká jaderná energetika na zázrak. Respekt. roč. 27, č. 17. s. 13-14.

Tůma J., 2000: Katastrofy techniky děsící 20. století. Academia, Praha, 302 s., ISBN 80-200-0387-8.

Vaněk M., 1996: Černobyl – krize věrohodnosti. Maxdorf, Praha, str. 80 – 86.

8.2 Internetový zdroj

Helebrant J., Rulík P., 2011: Mapa kontaminace půdy České republiky ^{137}Cs po havárii JE Černobyl, SÚRO (online) [cit. 2018. 3.23], dostupné <<https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/plosna-aktivita-radionuklidu-zjistena-ve-vzorcich-odebranych-pud/Zprava>>

8.3 Seznam obrázků

Obr. 1: Plošné kontaminace ČR ^{137}Cs v důsledku havárie JE Černobyl (Súro, 2011)

Obr. 2: Sondýrka Purkhauer (Lhotský, 2017)

Obr. 3: Detektor Safecast bGeigie Nano (Lhotský, 2018)

- Obr. 4: Odběrné místo č. 1 (Lhotský, 2017)
- Obr. 5: Odebraný vzorek č. 1 (Lhotský, 2017)
- Obr. 6: Odběrné místo č. 2 (Lhotský, 2017)
- Obr. 7: Odebraný vzorek č. 2 (Lhotský, 2017)
- Obr. 8: Provedené měření radiačního mapování lokality Bukovany (Súro, 2017)
- Obr. 9: Parcely č. 256 a č. 253/1 z 50. let 20. Století (Geoportal, 2018)
- Obr. 10: Současný stav parcel 256 a 253/1 (ČÚZK, 2018)
- Obr. 11: Odběrné místo č. 3
- Obr. 12: Odebraný vzorek č. 3
- Obr. 13: Odběrné místo č. 4
- Obr. 14: Odebraný vzorek č. 4
- Obr. 15: Měření radiačního mapování lokality Josefov – Radvanov (SÚRO, 2018)
- Obr. 16: Historické foto parcel 202/50 a 202/6 z 50. let 20. Století (Geoportál, 2018)
- Obr. 17: Současný stav parcel 202/50 a 202/6 (ČÚZK, 2018)
- Obr. 18: Odběrné místo č. 5
- Obr. 19: Odebraný vzorek č. 5
- Obr. 20: Odběrné místo č. 6
- Obr. 21: Odebraný vzorek č. 6
- Obr. 22: Měření radiačního mapování lokality Františkovy Lázně (SÚRO, 2017)
- Obr. 23: Parcely 124/10 a 334/1 z 50. let 20. století (Geoportal, 2018)
- Obr. 24.: Současný stav parcel 124/10 a 334/1 (ČÚZK, 2018)
- Obr. 25: Odběrné místo č. 7
- Obr. 26: Odebraný vzorek č. 7

Obr. 27: Odběrné místo č. 8

Obr. 28: Odebraný vzorek č. 7

Obr. 29: Měření radiačního mapování lokality Pomezí nad Ohří (SÚRO, 2017)

Obr. 30: Parcely 654 a 283/12 z 50. let 20. století (Geoportal, 2018)

Obr. 31: Současný stav parcel 654 a 283/12 (ČZÚK, 2018)

Obr. 32: Nejvyšší zjištěné záření (SÚRO, 2018)

Obr. 33 Provedené měření na území Karlovarského kraje (SÚRO, 2018)

8.4 Tabulky

Tab. 1: Naměřené hodnoty radionuklidů na odběrném místě č. 1 (SÚRO, 2018)

Tab. 2: Naměřené hodnoty radionuklidů na odběrném místě č. 2 (SÚRO, 2018)

Tab. 3: Naměřené hodnoty radionuklidů na odběrném místě č. 3 (SÚRO, 2018)

Tab. 5: Naměřené hodnoty radionuklidů na odběrném místě č. 5 (SÚRO, 2018)

Tab. 6: Naměřené hodnoty radionuklidů na odběrném místě č. 6 (SÚRO, 2018)

Tab. 7: Naměřené hodnoty radionuklidů na odběrném místě č. 7 (SÚRO, 2018)

Tab. 8: Naměřené hodnoty radionuklidů na odběrném místě č. 8 (SÚRO, 2018)

8.5 Grafy

Graf 1: Aktivita cesia ^{137}Cs vzorků z Bukovan u Sokolova.

Graf 2: Aktivita cesia ^{137}Cs v sušině vzorků z Bukovan u Sokolova.

Graf 3: Aktivita cesia ^{137}Cs vzorků z Josefova.

Graf 4: Aktivita cesia ^{137}Cs v sušině vzorků Josefova

Graf 5: Aktivita cesia ^{137}Cs vzorků z Frant. Lázní

Graf 6: Aktivita cesia ^{137}Cs v sušině vzorků z Frant. Lázní

Graf 7: Aktivita cesia ^{137}Cs vzorků z Pomezí n/O

Graf 8: Aktivita cesia ^{137}Cs v sušině vzorků z Pomezí n/O