

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**



**Sledování množství ^{137}Cs v půdě a vegetaci a plošné měření
dávkového příkonu na vybraných lokalitách - Modlany**

Bakalářská práce

Autor práce: Martin Šváb

Vedoucí práce: doc. RNDr. Emilie Pecharová, CSc

Praha, 2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Šváb

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Sledování množství ^{137}Cs v půdě a vegetaci a plošné měření dávkového příkonu na vybraných lokalitách – Modlany

Název anglicky

Monitoring of ^{137}Cs in Soil and Vegetation and Area Measurement of Dose Rate at Selected Sites – Modlany

Cíle práce

Cílem práce je odebrat reálné vzorky půdy a vegetace v oblasti Modlany Projekt je řešen ve spolupráci se Státním ústavem radiční ochrany jako pilotní projekt pro hodnocení rezidua ^{137}Cs po havarii v Černobylu. Predikce vývoje radiční situace je možné založit na extenzivním průzkumu půd a následně vyhodnotit případné přestupy ^{137}Cs z půd do rostlin. Současně bude provedeno měření dávkového příkonu na sledovaných lokalitách.

Metodika

Na vybraných plochách s rozdílným využíváním (LU/LC) budou odebrány:

1) vzorky půdy z plochy 20 x 20 cm do hloubky 20 cm (3 náhodně vybrané vzorky pro analýzu tzv. smíšeného vzorku). Množství odebrané půdy je určeno rozměrem vzorku x tři opakování.

2) Odběr biomasy bude proveden v době sklizně popř. v době odhadnutelné nejvyšší biomasy vegetace. Odebírat se budou obiloviny, okopaniny, zeleniny, popř. trvalé travní porosty. Odběry biomasy časově spadají do období červenec – říjen. Jeden vzorek bude vždy tvořit ta část rostliny, která je určena ke konzumaci, druhý vzorek bude tvořen zbytkem rostlinného těla. Množství biomasy je určeno možnostmi na jednotlivých pozemcích, optimální množství je suchý homogenizovaný vzorek o objemu cca 3000 ml.

Získané vzorky půdy budou sušeny při „pokožkové teplotě“ v laboratoři FZP (1 – 2 týdny). Po vysušení budou přesáty přes pedologické síto s okem 2 mm. Výsledný vzorek o objemu minimálně 600 ml bude v plastových nádobách předán k dalšímu zpracování na oddělení radioekologie SURO. U půd bude zaznamenána hmotnost po odebrání a hmotnost po vysušení.

U každého vzorku (půd i biomasy) bude pořízena fotografická dokumentace, GPS souřadnice a zakres do katastrální mapy.

Na sledovaných lokalitách včetně navazujícího okolí bude při každém odběru změřen dávkový příkon v micro-Sv/h ($\mu\text{Sv/h}$) detektorem Safecast bGeigie Nano.

Doporučený rozsah práce

35 stran

Klíčová slova

Residuum, dávkový příkon, Safecast bGegie Nano, transferový koeficient.

Doporučené zdroje informací

1. Databáze SÚRO – Kontaminace půdy ČR 137Cs ČR po havárii JE Černobyl (v excelu) (poskytnutá SURO)
2. Rulík, P., Helebrant, J.: Mapa kontaminace půdy České republiky 137Cs po havárii JE Černobyl. Zpráva SÚRO č. 22 / 2011 Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. 2011
3. Zpráva o Radiační situaci na území ČSSR po havárii JE Černobyl, Institut hygieny a epidemiologie, Centrum hygieny záření, Praha 10, Šrobárova 48, 1987
4. De Medici, D., Komínková, D., Race, M., Fabbicino, M., Součková, L., 2019: Evaluation of the potential for caesium transfer from contaminated soil to the food chain as a consequence of uptake by edible vegetables. *Ecotoxicology and environmental safety* 171: 558-563.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. RNDr. Emilie Pecharová, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2020

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 20. 3. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „**Sledování množství ^{137}Cs v půdě a vegetaci a plošné měření dávkového příkonu na vybraných lokalitách – Modlany.**“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské/závěrečné práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze, dne:

.....

Poděkování

Děkuji tímto doc. RNDr. Emilii Pecharové CSc., pod jejímž vedením jsem zpracoval tuto bakalářskou práci. Děkuji za odborné vedení, ochotu a věnovaný čas. Děkuji za spolupráci Státnímu ústavu radiační ochrany v Praze, který provedl měření vzorků půd a rostlin. Poděkování patří také mé rodině, která mě podporovala nejen při psaní této bakalářské práce, ale také v průběhu celého studia. V neposlední řadě děkuji svému nadřízenému ing. Ivanu Plášilovi, který mi umožnil studium při zaměstnání.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá pohledem na současnou situaci aktivity ^{137}Cs v půdách a biomase v zájmové oblasti Modlany. Zkoumal jsem současný obsah izotopu ^{137}Cs v půdě a rostlinách a transferové vlastnosti radionuklidu na vybraných lokalitách orné půdy, louky a lesa. Jedná se o průzkum ^{137}Cs v půdě, který byl zapříčiněn především havárií JE Černobyl. Projekt, kterého je tato práce součástí, má za úkol zkoumat obsah residua ^{137}Cs v životním prostředí. Porovnával jsem naměřené hodnoty z doby po havarijní s těmi současnými. V katastrálním území Modlan jsem postupoval dle zmíněné metodiky tak, abych získal vzorky předepsaných parametrů, a odeslal je ke zpracování do Státního ústavu radiační ochrany v Praze. Vzorky byly odebrány, zpracovány a měřeny v průběhu roku 2019. Výsledky měření z kú. Modlany byly dále porovnávány s výsledky z kú. Lysá nad Labem, Stvolínky, Nová Telib, Loučeň a Patřín.

Klíčová slova: Residuum, dávkový příkon, Safecast bGegie Nano, transferový koeficient.

Abstract

This bachelor thesis is focused on the current level of ^{137}Cs activity in soils and biomass in the area of interest in Modlany. I investigated The recent amount of ^{137}Cs isotope in soil and plants and the transfer properties of radionuclide in selected localities of arable land, meadow and forest was measured. It is a survey of ^{137}Cs in soil, which presence was mainly caused by the accident of the Chernobyl Nuclear Power Plant. This work is a part of a project, which aims to investigate the content of ^{137}Cs residue in the environment. I compared and measured values from the post-accident period with the current ones. In the cadastral area of Modlan, I followed standardized methodology in order to obtain samples of prescribed parameters and sent them for processing to the State Institute of Radiation Protection in Prague. The samples were obtained, processed and measured during the year 2019. Results of measurements from cadastral Modlany were further compared with results from

Key words: Residuum, dose rate, Safecast bGegie Nano, transfer coefficient.

Obsah

1. Úvod	9
2. Cíl Bakalářské práce.....	10
3. Literární rešerše	11
3.1. Radioaktivita.....	11
3.2. Radionuklidy.....	11
3.2.1. Přírodní radionuklidy	12
3.2.2. Umělé radionuklidy.....	13
3.2.3. Poločas rozpadu	13
3.2.4. ¹³⁷ Cs.....	13
3.2.5. Emise ¹³⁷ Cs.....	13
3.2.6. ¹³⁷ Cs v půdě	14
3.2.7. Vliv ¹³⁷ Cs na lidský organismus	14
3.3. Zdroje ¹³⁷ Cs v životním prostředí	15
3.3.1. Černobyl	15
3.3.2. Fukušima	15
3.3.3. Jaderné zbraně	16
3.3.4. Dumping v moři.....	16
3.4. Půda.....	17
3.4.1. Typy půd	17
3.4.2. Druhy půd	17
3.4.3. Bonita půd.....	18
3.4.4. Ohrožení půd	18
4. Metodika.....	20
4.1. Metodika odběru půdních vzorků	20
4.2. Metodika odběru biomasy.....	22
4.3. Metodika měření ¹³⁷ Cs v zájmové oblasti.....	22
5. Zájmové území.....	24
5.1. Charakteristika zájmového území	24

5.2.	Popis k.ú.: 697711 - Modlany.....	24
5.3.	Geologické vlastnosti zájmového území	25
5.4.	Pedologické vlastnosti zájmového území.....	26
5.5.	Hydrologické vlastnosti zájmového území	27
6.	Výsledky	28
6.1.	Hodnoty ¹³⁷ Cs v půdě	28
6.2.	Hodnoty ¹³⁷ Cs v biomase.....	29
6.3.	Hodnoty měření dávkového příkonu ¹³⁷ Cs	30
6.4.	Transferový koeficient.....	31
7.	Diskuze.....	32
7.1.	Porovnání výsledků aktivity ¹³⁷ Cs v orné půdě.....	32
7.2.	Porovnání výsledků aktivity ¹³⁷ Cs v půdě louky.....	33
7.3.	Porovnání výsledků aktivity ¹³⁷ Cs v lesní půdě.....	34
7.4.	Porovnání výsledků aktivity ¹³⁷ Cs v biomase orné půdy.....	35
7.5.	Porovnání výsledků aktivity ¹³⁷ Cs v biomase louky	36
7.6.	Porovnání výsledků aktivity ¹³⁷ Cs v biomase lesa	36
7.7.	Porovnání měření plošné aktivity ¹³⁷ Cs.....	37
8.	Závěr.....	39
9.	Přehled literatury a použitých zdrojů	40
9.1.	Knižní zdroje.....	40
9.2.	Internetové zdroje.....	41
10.	Přílohy	44

1. Úvod

Téma Bakalářské práce „Sledování množství ^{137}Cs v půdě a vegetaci a plošné měření dávkového příkonu na vybraných lokalitách – Modlany“ jsem si vybral proto, že se jedná o velice diskutované a aktuální téma. Vlivem chování člověka dochází k nechtěným únikům antropogenních radionuklidů do životního prostředí. Práce na téma obsahu ^{137}Cs v půdě a rostlinách ve zvolené lokalitě přispívá k pochopení principů chování zmíněného radionuklidu v našem životním prostředí. Specifické vlastnosti radionuklidů se vyznačují různou intenzitou a dobou trvání jejich produkce radioaktivního záření. Nebezpečí pro život spočívá ve schopnosti radioaktivity pronikat různými materiály o různých tloušťkách. Projektem zkoumaný radionuklid ^{137}Cs je emitován výhradně antropogenní činností. Jaderné zbraně, řízené reakce v blocích atomových elektráren resp. jejich nehody jsou zásadním důvodem existence tohoto prvku na Zemi. Ne jinak tomu bylo také při nehodě v JE Černobyl, jež se stala důvodem zamoření velké části Evropy. Již několik dnů po havárii byla zaznamenána také radioaktivita na území bývalého Československa. Navzdory tomu, že problém nebyl veřejně a včas přiznán, došlo na území ČSSR k monitoringu zamoření. Měření ukázala více či méně zasažené oblasti. Potvrdila vliv havárie na obsah ^{137}Cs v půdách a rostlinách, odkud vlivem potravního řetězce tato látka postupovala do těl živočichů včetně těch lidských. Karcinogenní vliv ^{137}Cs je prokázán, a proto došlo k rozsáhlému sběru dat. Ta definovala nejpostiženější oblasti, mezi které patří také zkoumané Modlany. Práce má ukázat současný stav rezidua ^{137}Cs dnes, více než 30 let po havárii. Mé výsledky jsou porovnávány s výsledky měření mých kolegů v jiných lokalitách ČR.

2. Cíl Bakalářské práce

Cílem práce je odebrat reálné vzorky půdy a vegetace v oblasti Modlany. Projekt je řešen ve spolupráci se Státním ústavem radiační ochrany jako pilotní projekt pro hodnocení rezidua ^{137}Cs po havárii v Černobylu. Predikce vývoje radiační situace je možné založit na extenzivním průzkumu půd a následně vyhodnotit případné přestupy ^{137}Cs z půd do rostlin. Současně bude provedeno měření dávkového příkonu na sledovaných lokalitách.

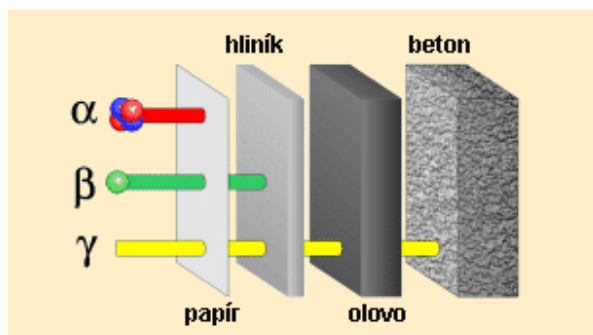
3. Literární rešerše

3.1. Radioaktivita

Definice radioaktivity – Radioaktivita je jev, kdy dochází k samovolné vnitřní přeměně složení nebo energetického stavu atomových jader, přičemž je emitováno vysokoenergetické záření. Jádra vykazující tuto vlastnost se nazývají radionuklidy (URL 4). Do doby objevu radioaktivity znalo lidstvo pouze chemicky a atomárně stabilní prvky. Na konci 19. století, při pokusech a sledování luminiscencí minerálů objevuje Martin Heinrich Becquerel první informace o nestabilních prvcích. K objevu došlo náhodně, při kontaktu uranové rudy s fotografickými deskami v zásuvce Becquerelova stolu (URL 5). Na přelomu století již známe základní formy záření, jakými jsou α a β s různými vlnovými délkami a schopnostmi pronikat materiály. V roce 1900 Paul Ulrich Villard objevil třetí druh záření popsáný γ (URL 5). V té době dochází k objevům primárních zdrojů radioaktivity s různými poločasy rozpadu. V roce 1934 objevují manželé F.Joliot-Curie a I.Joliot-Curierová uměle vyvolanou radioaktivitu, tedy radioaktivitu vznikající záměrným kontaktem prvků. Postupem času byla objevena řada uměle vytvořených izotopů, vykazující α , β i γ záření (URL 4). Okolí člověka i člověk samotný jsou radioaktivitou prostoupeni. Radioaktivní prvky existují v horninách okolo nás. Příkladem takové horniny je žula, která je bohatá na draslík, uran i thorium (URL 6).

3.2. Radionuklidy

Princip radioaktivního prvku oproti neradioaktivnímu nuklidu spočívá v rozdílném nukleonovém čísle. Radionuklidů zná nyní lidstvo podstatně více, než stabilních nuklidů. Zatímco Mendělejevova periodická tabulka obsahuje 118 stabilních prvků, radionuklidů známe více než 2000. Často se jedná o více zástupců jednoho prvku, pod který spadá více radioisotopů. Jak už bylo zmíněno v předchozí kategorii, radionuklidy jsou prvky, u nichž dochází vlivem nestabilního jádra k samovolné přeměně, jsou chemicky a atomárně nestabilní. Takové prvky se vyskytují v přírodě, ale také je umíme uměle vyprodukovat. Primárně dělíme radioaktivní prvky na přírodní a umělé (URL 4).



Obr. č. 1: Prostupy α , β a γ záření jednotlivými materiály. Zdroj: <https://www.cez.cz> (URL 16)

3.2.1. Přírodní radionuklidy

V přírodě se nachází v nízkých koncentracích radioaktivní prvky, které řadíme do třech základních kategorií. Tyto kategorie jsou definovány podle původu a vzniku jednotlivých prvků. Přírodní radionuklidy tak dělíme jako primární, druhotné a kosmogenní a vznikají výhradně přírodní cestou bez lidského zapříčinění. O úrovni aktivity jednotlivých hornin a půd rozhoduje jejich původ, popřípadě z jaké horniny daná půda pochází (URL 11).

- Primární radionuklidy

Zdrojem primárních radionuklidů je hornina. Surová podoba radioaktivního prvku, která vznikla na Zemi v počátečních stádiích vesmíru, a nachází se zde v nerozloženém pevném skupenství. Tyto radioaktivní horniny vznikly v období vzniku vesmíru, a díky svému relativně dlouhému poločasu rozpadu jsou dosud významně zastoupeny na celé planetě. Příkladem takových hornin jsou U^{238} , U^{235} , Th^{232} , K^{40} , Rb^{87} aj. Úroveň jejich aktivity závisí na původu jejich vzniku (URL 12).

- Druhotné radionuklidy

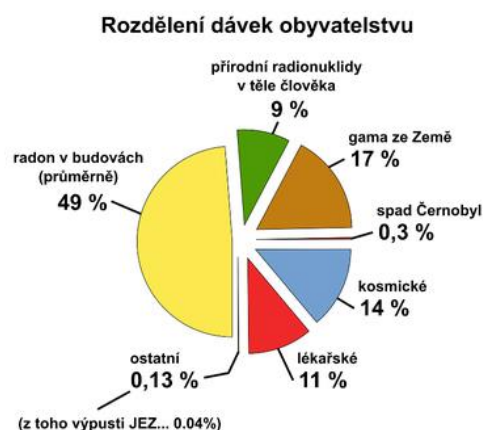
Druhotné nebo také sekundární radionuklidy jsou prvky vznikající rozpadem primárních zdrojů. Nestabilní prvky mají svou rozpadovou řadu, při níž vzniká z primárního prvku ve formě horniny sekundární řada prvků, které se v průběhu času uvolňují do okolí. Sekundární radionuklidy se tak emisemi do životního prostředí stávají součástí potravního řetězce. Z půdy, vody a vzduchu putují do rostlinstva, dále pak do těl živočichů (URL 4).

- Kosmogenní radionuklidy

Kosmogenní radioaktivita vzniká při interakci atmosférických prvků s kosmickým zářením. Takové kosmické záření ještě dělíme na galaktické a sluneční. Zdrojem galaktického záření jsou procesy odehrávající se za hranicí Sluneční soustavy, zatímco zdroj slunečního záření může být jen slunce (Pejchal 2013).

3.2.2. Umělé radionuklidy

Kromě takových radioaktivních prvků, které na naší planetě existují od pradávna, a jsou považovány za přírodní, se na Zemi vyskytují také umělé nestabilní prvky. Jejich zdrojem je záměrná lidská činnost. Produkce může být záměrná s využitím například v lékařství a průmyslu, ale také vedlejší, jako tomu bývá při testech jaderných zbraní, nehodách při jaderných elektrárnách a zařízeních (URL 13).



Obr. č. 2: Původ radioaktivity, které je obyvatelstvo vystavováno. Zdroj: SÚRO

3.2.3. Poločas rozpadu

Schopnost radioaktivity, samovolného rozpadu jader radionuklidů, není věčná. Emise různých druhů částic a elektromagnetického záření probíhá pouze po určitou dobu. Takovou dobu nazýváme u radioaktivních prvků „poločasem rozpadu“ (URL 8). Jedná se o takový čas, během kterého se rozpadne polovina jader mateřských atomů na ty dceřiné. Zatímco některé přeměny trvají řádově sekundy, minuty či dny, některé se odehrávají v řádech milionů let (URL 7).

3.2.4. ^{137}Cs

Cesium 137, chemicky vyjádřený jako ^{137}Cs , má vlastnosti měkkého, ohebného, bílého kovu, který při pokojové teplotě kapalní a jehož poločas rozpadu je 30.17 let. Jedná se o látku, která se váže s chloridy za vzniku krystalického prášku. ^{137}Cs je nejběžnější radioaktivní formou cesia, jejímž zdrojem je výhradně antropogenní činnost (URL 4). Hlavním způsobem odstranění kontaminace je přirozený rozpad na stabilní baryum 137 (Ba^{137}).

3.2.5. Emise ^{137}Cs

K vnášení ^{137}Cs do životního prostředí dochází výhradně antropogenní činností. Sekundární radionuklid, vznikající z rozpadové řady U^{235} lidským zapříčiněním, má několik důvodů výskytu v životním prostředí. Nejčastěji vzniká při štěpných reakcích

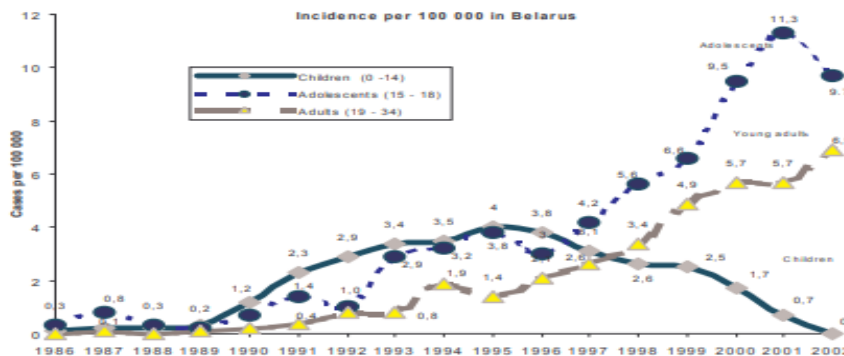
v jaderných reaktorech a při testování a použití jaderných zbraní. V přírodě se ^{137}Cs pohybuje vzduchem, a je snadno rozpustné ve vodě. Silně se váže na beton a půdu, přičemž zůstává při povrchu, takže neprostupuje příliš hluboko pod povrch těchto materiálů. Biomasa, vyskytující se na půdách s obsahem ^{137}Cs , odebírá jen malá množství této látky (URL 4). Nebezpečí radiace kontaminovaného prostředí spočívá v kontaminaci mléka, masných výrobků, zeleniny, produktů zvířat na pastvinách, vlivem přítomnosti radionuklidů. Při zpětném rozkladu biomasy se látka vrací zpět do půdy (Prister et al., 2016).

3.2.6. ^{137}Cs v půdě

(De Brouwer et al., 1994) zmiňuje schopnost vazby ^{137}Cs s organickou hmotou úzce spojenou s minerálními látkami. Tuto kombinaci látek považují (Shand et al., 1994) jako meziprodukt, který zajišťuje přenos ^{137}Cs z biologicky dostupných míst do minerálních látek. (Heinrich 1992) hovoří o přímé souvislosti pH se zvýšeným výskytem ^{137}Cs , tedy čím více obsahu humusu, tím více ^{137}Cs v půdě. (Bakken, Olsen 1990) však dokazují, že samotná kyselost půdy nemá sama o sobě význam. Jde o vzájemně se ovlivňující faktory, kdy činitel zodpovědný za pH půdy zároveň ovlivňuje dostupnost ^{137}Cs v ní. Významný obsah ^{137}Cs je v lesní půdě, kde je vázáno na kořeny a mycelium hub. Houby hromadí 10 až 150krát více ^{137}Cs z půdy než rostliny.

3.2.7. Vliv ^{137}Cs na lidský organismus

Existence ^{137}Cs v životní prostředí a potravním řetězci má prokazatelný vliv na lidský organismus. Expozice těla ^{137}Cs způsobuje popáleniny, ozáření, a smrt vlivem poškození tkáně. Klasifikace velikosti vlivu záření na lidské tělo je dělena do dvou základních kategorií. Stochastické a nestochastické účinky. Stochastické (nahodilé) účinky poškozují malý počet buněk, který se časem stává příčinou vzniku nádorových onemocnění. Nestochastické účinky (jednorázové) způsobené zpravidla jednorázovou velkou dávkou záření. Následuje vznik popálenin, poškození krvetvorných orgánů a s tím související nevolnost, zvracení a poškození vnitřních orgánů. To může vést k trvalému poškození organismu, a ke smrti jedince (Hála 1998). V delším časovém horizontu zvyšuje expozice ^{137}Cs riziko rakoviny kvůli vysokoenergetickému gama záření. Stejně tak požití ^{137}Cs zvyšuje riziko rakoviny působením v měkkých, zejména svalových tkáních. Veliká pozornost byla věnována nárůstu nádorových onemocnění po katastrofách v Černobylu a Fukušimě. Problematikou se zabývá Vědecký výbor Spojených národů pro účinky atomového záření (UNSCEAR), který se analytickým přístupem (case-control studies) snaží o získání spolehlivých výsledků měření následků ozáření (URL 14).



Obr. č. 3: Vývoj případů rakoviny štítné žlázy v souvislosti s havárií v Černobylu. Zdroj: (SÚRO Klener, Tomášek)

3.3. Zdroje ^{137}Cs v životním prostředí

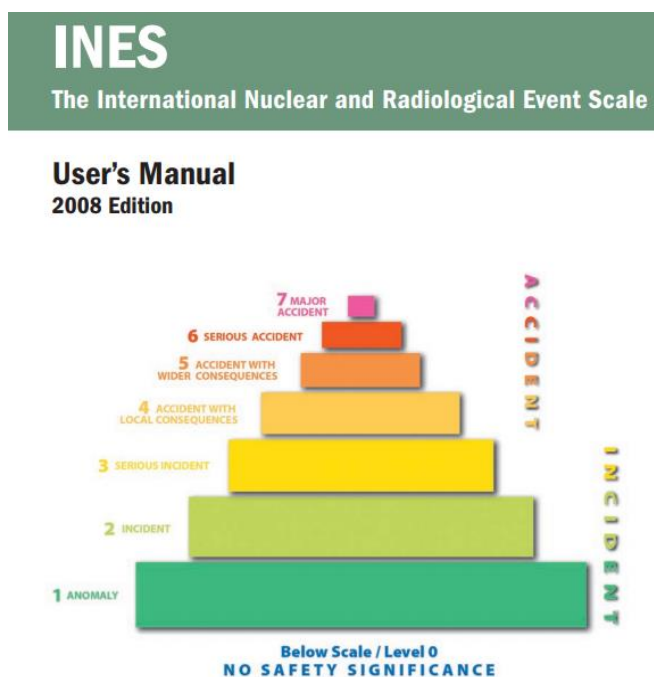
3.3.1. Černobyl

26. dubna 1986 došlo k havárii ve 4. bloku JE Černobyl. K neštěstí došlo vlivem technicky nezvládnuté zkoušky, která měla ověřit funkci regulátoru magnetického pole rotoru. Kvůli špatné komunikaci obsluhy došlo k havárii. Ihned po havárii byl hlavním radioaktivním prvkem ^{131}I (Sinkulová 2006). Z dlouhodobého hlediska jsou to pak radionuklidy ^{137}Cs a ^{90}Sr . Dodnes žije každý 5. Bělorus v oblasti zamořené radioaktivním spadem. Samotná Ukrajina eviduje 4,3% ozářeného území, Rusko 0,5%, Bělorusko 23% s hustotou ozáření $1\text{Ci}/\text{km}^2$, přičemž některá území dosahují až $40\text{Ci}/\text{km}^2$. Jen v Bělorusku bylo zamořeno 1.8mio hektarů orné půdy. Radioaktivní spad pokračoval přes Polsko, Německo, Rakousko, Rumunsko, Švýcarsko, sever Itálie, Francii, Belgii, Nizozemsko, Řecko, Izrael, Turecko. Dále pak přes Japonsko, Čínu, Indii, USA a Kanadu. Do týdne se stala havárie, celosvětovým problémem (Alexijevičová 2017). (Simon 2006) však tato čísla popírá. Tvrdí, že s havárií nejsou prokazatelně spojovány žádné zdravotní poruchy. Své tvrzení opírá o výzkumy OSN, kterých se zúčastnilo 200 odborníků z 25 zemí. Zveličování následků radioaktivity označuje (Simon 2006) za politický a ideologický boj. Oficiální počet obětí katastrofy není znám, avšak (Plokhly 2019) uvádí počet obětí mezi čtyřmi až devadesáti tisíci lidí. V současné době je postižené území elektrárny revitalizováno. Samotná elektrárna je likvidována, a nad místem s nejvyšší radiací stojí nový sarkofág financovaný zahraničními dárci a Evropskou bankou pro obnovu a rozvoj. Vývoj revitalizačních prací lze sledovat na internetových stránkách černobylské elektrárny (URL 9).

3.3.2. Fukušima

Po havárii JE Černobyl se jedná o jedinou další havárii, která byla označena stupněm 7 na stupnici INES (Obr. č. 4). 11. března 2011 došlo, vlivem mimořádně

silného zemětřesení a následné vlny tsunami při Japonském pobřeží, k zatopení generátorů, které sloužily jako náhradní zdroj energie pro kontrolní systémy a záložní chlazení jednotlivých bloků. Nekontrolovaná jaderná reakce tak měla za následek exploze 1., 2. a 3. bloku ve Fukušimě (Wagner 2015). Lidstvo tak bylo opakovaně varováno, a některé státy civilizovaného světa nyní ustupují od využívání jaderných elektráren. Odstavení v Japonsku má zásadní vliv na jeho schopnost ekonomické konkurence. V roce 2010 dosahovala obchodní bilance Japonska přebytku 65mld USD, v dalších letech už se jednalo o deficit 25, 68 a v roce 2013 dokonce 112mld USD (Wagner 2015).



Obr. č. 4: Mezinárodní stupnice jaderných událostí (International Nuclear Event Scale). Osmistupňová škála posuzující závažnost jaderných poruch a havárií. Havárie v Černobylu a Fukušimě jsou označeny hodnotou 7. Zdroj: (URL 17).

3.3.3. Jaderné zbraně

Jednoznačně nejméně prospěšným antropogenním důvodem emisí radionuklidů je testování a použití jaderných zbraní. Použití jádra ve zbrojním průmyslu nemá svou kontrolovatelnou formu. Každé takové zpuštění atomové reakce je neřízené a tudíž bezohledné k následkům. Pozitivní posun se v této oblasti odehrál v devadesátých letech minulého století, kdy se počet testů jaderných zbraní snížil prakticky na nulu. Posledním testujícím jaderné zbraně za posledních 30 let je Severní Korea (URL 15.).

3.3.4. Dumping v moři

Jednou z významných antropogenních emisí radioaktivních látek je dumping v moři. Od dob zacházení s radioaktivním materiálem, přibližně od konce 2. světové

války, skládkovaly jaderné mocnosti radioaktivní odpad v moři. Pro tyto účely byl využíván Pacifik, ale také Bárentsovo či Karašské moře. Obrovskou skládku vytvořila bývalá SSSR nedaleko Novaya Semlya. Předpokládá se ředění mořskou vodou až na hodnoty neškodné koncentrace (Choppin, Liljenzin, Rydberg, 2002). Roku 1975 však byla podepsána Londýnská konvence. Jedním z bodů, kterými se zabývá, je právě znemožnění takovéto likvidace radioaktivního odpadu (IAEA, 1974).

3.4. Půda

Půda je sypkou kompozicí zvětralých hornin a organické hmoty. Je druhově velice různorodá. Kvalita a druh půdy je vždy výsledkem lokální geologie, a druhů, žijících v daném prostředí a tvořících biomasu (Tomášek 2000). Půda je živý a velice dynamický systém, na němž jsou závislé jednotlivé suchozemské ekosystémy. Je vzájemně provázána s jednotlivými druhy, pro které je kvalita půdy klíčová (Šantrůčková et al., 2018). Organismy žijící v půdě nazýváme edafon, který je největší biodiverzitou na zemi. Zástupci edafonu obydíjí půdní póry, a jsou hlavními účastníky přeměny organické hmoty. Edafon tak půdu nejprve úspěšně kypří a následně obohacuje organickou hmotou (Kutílek 2012).

3.4.1. Typy půd

Jedná se o základní klasifikační jednotku, podle které definujeme jednotlivé skupiny půd. Jde o skupiny půd s podobnými analytickými a morfologickými znaky. Typy půd v České republice řadí (Hůla et al. 2008) do následujících základních skupin.

- Kambizemě (hnědé půdy)
- Hnědozemě
- Černozemě
- Pseudogleje
- Fluvizemě
- Luvizemě
- Rendziny
- Gleje
- Černice
- Regozemě
- Litozemě
- Podzoly

3.4.2. Druhy půd

Druhy půd definujeme na základě zrnitostního složení. Tyto vlastnosti půdy zásadně ovlivňují její fyzikální vlastnosti, a tím i její technologické zpracování. S ohledem na práci s půdou hovoříme především o konzistenci, soudržnosti, přilnavosti. Pro optimální zpracování je vhodné zastoupení všech frakcí zrnitosti. Poměr mezi hrubou a jemnou frakcí je definován zhruba na 1:1 až 1:2 (Němeček et al., 1990).

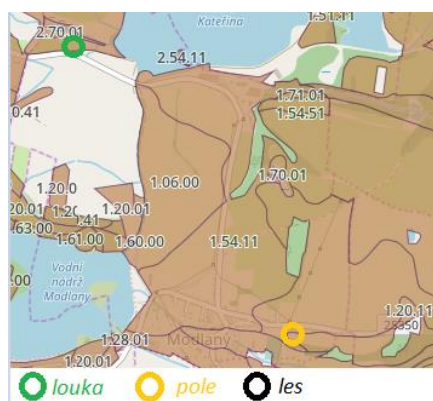
1. Písek – 0 až 10 % jílnatých částic
2. Hlinitopísčítá – 10 až 20 % jílnatých částic
3. Písčitohlinitá – 20 až 30 % jílnatých částic
4. Hlinitá – 30 až 45 % jílnatých částic
5. Písčitohlinitá – 45 až 60 % jílnatých částic
6. Jílovitohlinitá – 45 až 60 % jílnatých částic
7. Jílovitá – 60 až 75 % jílnatých částic
8. Jíl – nad 75 % jílnatých částic (Němeček et al., 1990)

3.4.3. Bonita půd

Bonita půdy znamená výnosovou jakost. Jedná se o kvalitu vyjádřenou číselnou hodnotou. Výnosy jednotlivých půd jsou různé, a ne vždy záleží právě jen na jejich bonitě. Důležité je vždy také mikroklima a vodní bilance v dané lokalitě (Reichholf 1999). Bonita půd slouží k hodnocení produkčních schopností zemědělských půd (URL 10).

druh kódu	Rozsah hodnot	Označení kódu BPEJ	Pořadí číslice v kódu BPEJ
kód klimatického regionu	0-9	X.xx.xx	1.
kód hlavní půdní jednotky	01-78	x.XX.xx	2. a 3.
sdužený kód sklonitosti a expozice	0-9	x.xx.Xx	4.
sdužený kód skeletovitosti a hloubky půdy	0-9	x.xx.xX	5.

Obr. č. 5: Složení kódu BPEJ. Zdroj: (URL 10)



Obr. č. 6: Ukazuje BPEJ hodnotu zkoumaného pole v lokalitě Modlany 1.20.11. Pro louku je tato hodnota 2.70.01. Pozemek lesa se z tohoto pohledu nehodnotí. Zdroj: (URL 10). Detailizace Šváb.

3.4.4. Ohrožení půd

Půda je velice složitý a přitom zranitelný systém. Jeho zranitelnost spočívá v přímém propojení s okolním světem. K degradaci půdy může dojít za zlomek času, než je potřeba k její obnově. Ta může trvat přirozenou cestou i stovky let (URL 18). Základní degradaci půd způsobuje antropogenní činnost. Většina půd je negativně

ovlivňována, aniž bychom se půdy dotkli. Jedná se o acidifikaci půdy ve formě spadu kyselých srážek (Cílek et al., 2011). Degradaci půd dělíme na fyzikální, chemickou, biologickou a environmentální. Fyzikální degradací půd se rozumí erozní procesy větrné a vodní, zhutnění půd, úbytek organické hmoty, rozpad půdní struktury, zábor a desertifikace. Chemicko-biologickou degradací půd se rozumí acidifikace, salinizace, snížení biodiverzity, kontaminace při záplavách a sesuvných epizodách. Environmentální degradací se rozumí kombinace více ničivých faktorů, které v konečném důsledku degradují celkový význam půdy v životním prostředí (Rejšek, Vácha 2018). Vztah člověka k půdě je lehkovážný. Příkladem takového chování může být například pěstování semen pro výrobu olejů zvaných biopaliva. Pěstování takových plodin stále na stejných lánech znamená degradaci půdy. K dosažení vyšších výnosů používáme chemické látky, které půdu ničí. Existence jediné plodiny na poli znamená snížení biodiverzity (Kutílek 2012).

4. Metodika

4.1. Metodika odběru půdních vzorků

Vzorky půdy jsem odebíral na předem vytipovaných místech, která splňovala pokyny metodiky. Tedy louka bez intenzivní zemědělské činnosti, pole podléhající zemědělské činnosti, a alespoň 33 let starý les. Vzorky z louky jsem odebíral z 3 sond. Každá sonda byla 60 cm hluboká. Velikost půdorysného čtverce sondy byla 20 * 20 cm. Vzorek 1.1 tvořila směs půdy ze všech 3 sond. Půdu pro tento vzorek jsem těžil v hloubce 0 - 20 cm. Vzorek 1.2, též směs půdy z 3 sond, jsem těžil v hloubce 20 – 40 cm. Vzorek 1.3 obsahoval materiál z hloubky 40 – 60 cm, a tvořila jej opět směs půdy ze všech 3 sond. Stejným způsobem jsem pokračoval na poli a v lese. Metodika odběru půdy spočívá v ručním odběru za použití rýče, krumpáče a lešenářské trubky. Vzorky jsem umístil do kýblů a sušil je při pokojové teplotě 4 týdny v podkroví domu. Po usušení nasbírané půdy jsem jednotlivé hroudy defragmentoval na materiál o zrnitosti max. 3 mm. Především u vzorků, získaných na louce a poli bylo velice těžké rozbít jílovitý materiál. Použil jsem kladivo a síto o zrnitosti 3 mm. Výsledkem bylo devět reprezentativních vzorků o váze 1 kg. 3 vzorky jednotlivých vrstev z louky, 3 vzorky z pole, a 3 z lesa. Vzorky jsem opatřil protokoly a popisem jednotlivých kelímků, které jsem následně předal do SÚRO. Pro zpracování fotek a výřezů jsem použil program Microsoft malování 3D. K určování poloh sond jsem použil aplikaci google maps.



Obr. č. 7: Odběr vzorků – louka



Obr. č. 8: Odběr vzorků – pole



Obr. č. 9: Odběr vzorků – les



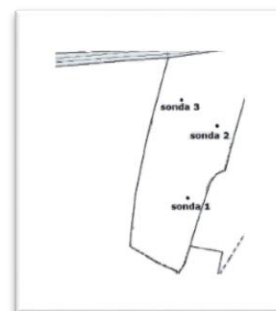
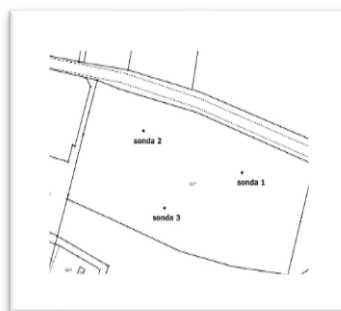
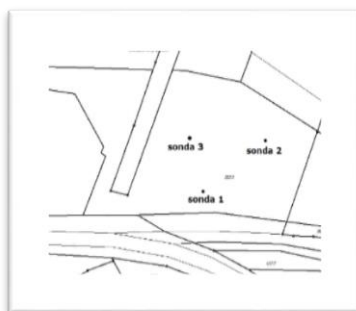
Obr. č. 10: Profil půdy – louka



Obr. č. 11: Profil půdy – pole



Obr. č. 12: Profil půdy – les



Obr. č. 13: Schéma odběrů sond, Louka – p. č. 382/3, Pole – p. č. 102/1, Les – p. č. 111/2.

Souřadnice sond – orná půda:

Sonda „1.1“ - N 50°39'04.14", E 13°54'07.78

Sonda „1.2“ - N 50°39'01.77", E 13°54'11.00"

Sonda „1.3“ - N 50°39'01.36", E 13°54'15.55"

Souřadnice sond – les:

Sonda „1.1“ - N 50°39'14.83", E 13°54'09.11"

Sonda „1.2“ - N 50°39'17.40", E 13°54'09.75"

Sonda „1.3“ - N 50°39'18.79", E 13°54'07.77"

Souřadnice sond – louka:

Sonda „1.1“ - N 50°39'49.04", E 13°53'10.99"

Sonda „1.2“ - N 50°39'50.06", E 13°53'12.84"

Sonda „1.3“ - N 50°39'50.64", E 13°53'10.42"

4.2. Metodika odběru biomasy

Popisovanou metodikou jsem provedl sběr a hodnocení vzorků biomasy. Odběr jsem provedl na louce několik dnů před sečením. Pole bylo den před odběrem vzorků sklizeno, proto se vzorky biomasy pole skládají z posklizňových zbytků *Brukve řepky*. Nicméně obsahují všechny části, v daném roce, pěstované řepky olejky. V lese jsem provedl sběr biomasy v týž den. Výsledkem byly 3 reprezentativní vzorky, z nichž každý zastupoval místo sběru. Směs trávy a luční květeny byl proveden na louce srpem. Na poli a v lese mi pomohla mačeta a rukavice. Vzorky jsem následně odvezl domů, a nasušil při pokojové teplotě v podkroví. Zahradními nůžkami jsem následně nastříhal jednotlivé rostliny na kusy o velikosti 3-5 cm. Ty jsem umístil do kbelíků o objemu 10 l, a spolu s protokoly jsem je předal pracovníkům SÚRO. Ti následně podrobili vzorky laboratornímu měření.

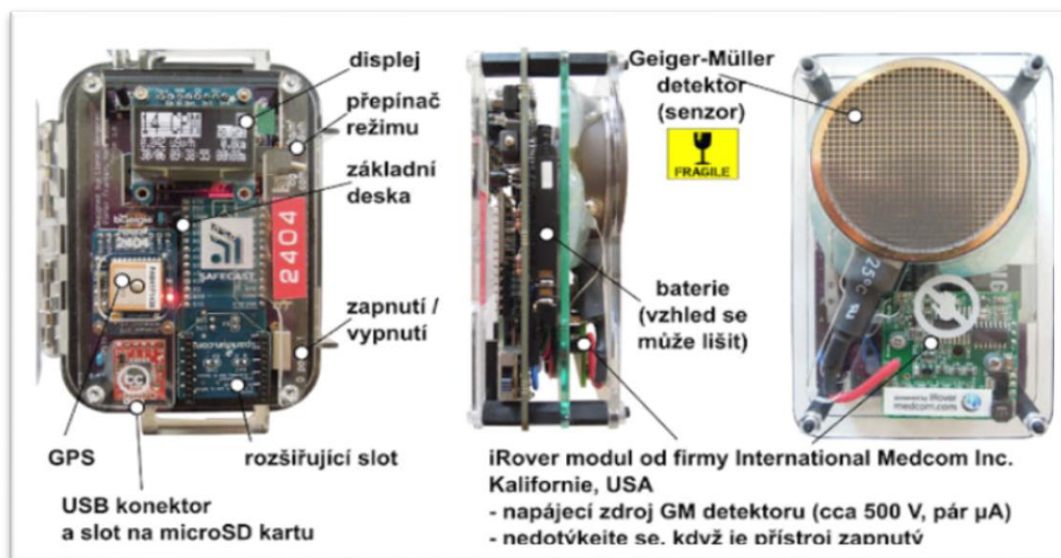


Obr. č. 14: Reprezentativní vzorky biomasy. Zleva: louka, pole, les.

4.3. Metodika měření ^{137}Cs v zájmové oblasti

Součástí metodiky práce bylo měření dávkového příkonu v zájmové oblasti pomocí přístroje Safecast bGegie Nano (Obr. č. 15). Ten je schopen rozeznávat a měřit ionizující záření o vlnových délkách alfa, beta a gama. Přístroj se skládá z vodotěsného pouzdra, vlastního těla měřícího přístroje, ve kterém je zakomponován akumulátor, snímač příkonu a paměťová karta pro zaznamenávání dat. Zařízení je schopno měřit ionizující záření, čas a souřadnice GPS. Před vlastním měřením, jsem doma zkontroloval stav akumulátoru a dobil jej pomocí datového kabelu. Dále jsem prověřil paměťovou kartu a její kapacitu, která byla pro účely měření dostatečná. Měření detektorem Safecast jsem prováděl při pěším pohybu po vybraných lokalitách louky, půdy a lesa. Kruhové čidlo přístroje bylo orientováno směrem k zemi ve výšce přibližně 1 m. Měření dávkového příkonu na louce probíhalo v ploše, kde došlo k odběru vzorků. Měření jsem prováděl po dobu 10 minut. Měření zemědělské půdy bylo problematické, jelikož v místě již byla vzrostlá *Brukev řepka*, která svou hustotou

a výškou neumožňovala měření celé plochy pozemku. Využil jsem kolejí od traktoru, kterými se dalo procházet a měřit dávkový příkon. S podobným problémem jsem se setkal také na lesním pozemku, kde systematickému měření bránily husté nálety. Dávkový příkon ionizujícího záření byl ve všech lokalitách naměřen zdárně v místě odběru vzorků půdy a biomasy. Hodnoty byly zaznamenány na paměťové kartě, kterou jsem následně vyjmul, a zálohoval data ve svém počítači. Soubor s naměřenými hodnotami, jsem spolu s vyplněnými protokoly zaslal do SÚRO, kde byly informace zpracovány do přehledných tabulek.



Obr. č. 15: Detektor záření SAFecast bGegie Nano. Zdroj: SÚRO

5. Zájmové území

5.1. Charakteristika zájmového území

Modlany a jejich okolí, patřící do Hercynské podprovincie, se rozkládají na rozhraní dvou velice kontrastních bio regionů. Z jihu až jihovýchodu je to Milešovský, od západu a severu Mostecký bioregion. Zatímco Milešovský bioregion je členitý a lesnatý, Mostecký nabízí pohled do rovinné kotliny mezi Českým středohořím a Krušnými horami. Mostecký bioregion je charakteristický antropogenně upraveným reliéfem, kde je dominantní postindustriální lada a rekultivované a zemědělské plochy. Milešovský bioregion je vyvinut na živném substrátu, má bohatou faunu a flóru a téměř celé území je součástí CHKO České středohoří (Culek et al., 2013). Zájmové území se nachází na hluboko uložených ložiscích krystalických břidlic, které pouze ve výjimečných případech dosahují povrchu země (Pokorný, Holec 2009). Oblast Modlanska je též dotčena těžbou, která od středověku patřila ke Krušným horám. Jsou zde těženy rudy prvků, které jsou důležité pro lidské technologie. Mezi nejdůležitější horniny, které zde lidstvo dobývá, jsou uhlí, grafit, kaolín, rudy cínu a další (Cílek, Korba, Majer 2015). (Petro, 2018) zmiňuje další důležité nerostné bohatství, ukrývající se v geologických zásobách regionu, jako jsou měď, železo, uran, lithium, bizmut, ale také nikl wolfram a stříbro.

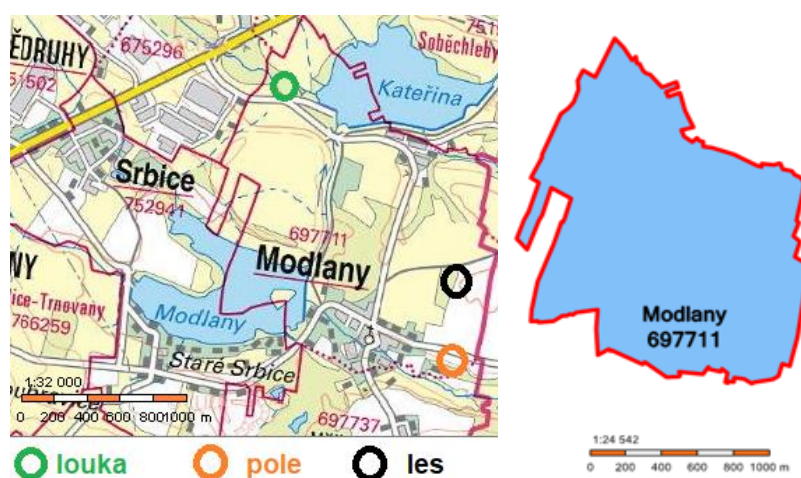
5.2. Popis k.ú.: 697711 - Modlany

Obec Modlany, čítající téměř 1100 obyvatel, jsou místem na úpatí Krušných hor a českého středohoří (URL 19). Nachází se zhruba 3 km východně od okresního města Teplice, a jejich historie se datuje vůbec k těm nejzazším časům lidského bytí na českém území (Fofňková, 2019).



Obr. č. 16: Lokalizace obce Modlany. Zdroj: ČUZK (detailizace Šváb)

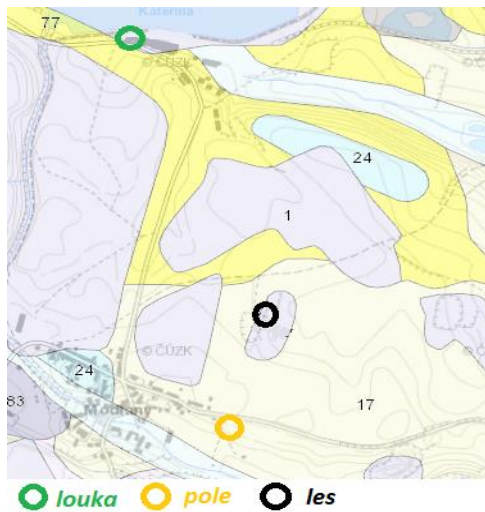
Oblast je vhodná pro zkoumání transferových koeficientů z půdy do plodin. Zadání se opírá o data SÚRO z roku 1986. Tyto hodnoty v daném roce evidují přítomnost ^{137}Cs v obci a jejím okolí. Výzkum tak probíhal v k.ú.: 697711 – Modlany o rozloze 2,4 km² (URL 1). V dané lokalitě jsem našel pozemky s dlouhodobě odlišným způsobem využití. Zemědělská půda, trvale obhospodařována za účelem pěstování plodin. Louka, trvalý travní porost, bez záměrného zemědělského využití. Les s porostem starším třiceti let. Pomocí katastrální mapy jsem vytypoval několik potenciálních pozemků ke zkoumání. Další nápovědou pro zvolení správného území poskytlo jednání se zástupci obce Modlany, a zajímavý rozhovor s místním pamětníkem Františkem Ernygrem. Při rozhovoru jsme se věnovali vytypovaným pozemkům a jejich využití v posledních třech dekadách.



Obr. č. 17: Detail katastrálního území. Zdroj: ČUZK (detailizace Šváb)

5.3. Geologické vlastnosti zájmového území

Území Modlan je významně ovlivněné existencí navážek, hald, výsypek a odvalů, jak ukazuje Geologická mapa území (URL 3). Pozemek louky zaujímá částečně oblast výsypky, která souvisí s nedalekou důlní činností v dole Kateřina, kde se těžilo hnědé uhlí. Částečně zaujímá pozemek louky jílovité, pískové a písčitojílovité půdy. Pole, zemědělsky využívaná část zkoumaného území se rozkládá na sprašových hlínách skládajících se z křemene, vápence a příměsí. Pozemek, na kterém se nachází zkoumaný les, byl v minulosti též využíván jako výsypka v souvislosti s těžbou v Kateřině. Částečně zasahuje území sprašových hornin nezpevněného sedimentu a mineralogického složení křemen, vápenec (URL 3).



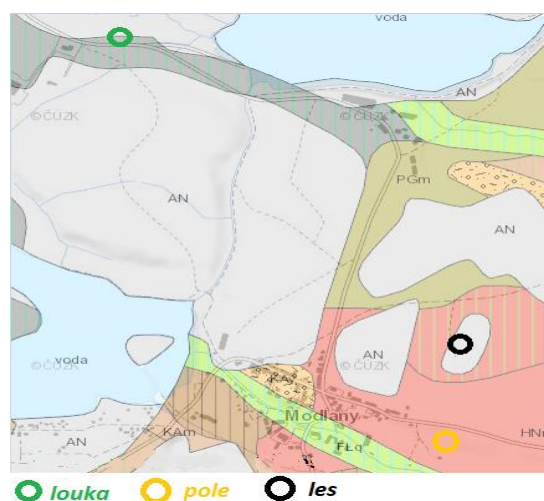
Obr. č. 18: Geologická mapa území Modlan.
Zdroj: ČUZK (detailizace Šváb)



Obr. č. 19: ukazuje situaci v zájmové oblasti v roce mapování 1954. Oblast Modlan byla v té době ještě pod vlivem těžby hnědého uhlí. Důl Kateřina byl uzavřen 30. června, 1964 (Funiok, 2006). V mapě jsou vyznačena zájmová místa odběru vzorků. Zdroj: ČUZK (detailizace Šváb)

5.4. Pedologické vlastnosti zájmového území

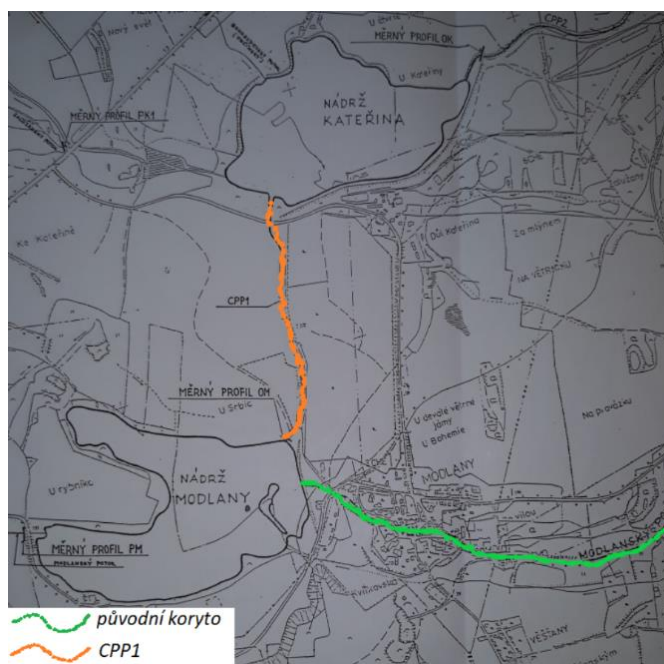
Vlastnosti půd na území Modlan a okolí jsou ovlivněné důlní činností v regionu. Pole, které jsem zkoumal, se rozkládá na černoze černické a částečně jej tvoří výsypka dolu Kateřina, jehož hranice s loukou bezprostředně sousedí. Půda zkoumaného pole je modální hnědozemí. Pozemek pole se nachází částečně na bývalé výsypce z dolu Kateřina, a částečně se jedná o hnědozem oglejnu (URL 3). Mapa půdních typů v k.ú. Modlany potvrzuje hornickou historii této oblasti (Obr. č. 20).



Obr. č. 20: Současná pedologická situace na území Modlan. Z obrázku je patrný výskyt výsypek „AN“, které jsou následkem důlní činnosti v dole Kateřina. Zdroj: ČUZK (detailizace Šváb)

5.5. Hydrologické vlastnosti zájmového území

Území Modlan je z hydrologického pohledu ovlivněno stařinovým systémem vod z dolu Kateřina, resp. čerpáním této vody na jámě dolu. Řízeným čerpáním této vody je regulováno zvodnění ve východní části Podkrušnohoří. V roce 2013 začala být problematika vývoje důlních vod v regionu řešena projektem Vodamin. Jedná se o projekt VÚHU, a.s. (Burda, Žižka 2017). Modlany a okolí jsou oblastí povodí Ohře (Blažek et al. 2006). Významným hydrologickým prvkem na území katastru je Modlanský rybník, jehož vznik se datuje do roku 1975. Důvodem výstavby hráze byla Centrální přeložka potoku, dále jen CPP1, která měla vytvořit retenční prostor Modlanského potoku a odklonit jeho původní trasu (Humpál 1973). V roce 1976 došlo k propadu nádrže a úniku přibližně 500 000m³ vody do hlubinných dolů. V dnešní době slouží rybník k rekreačním a krajínovorným účelům a také jako zásobárna užitkové vody. Informace o hlubinném propadu a o současné situaci byly poskytnuty hrázným Modlanského rybníku p. Karáskem. Informace se opírají o originální projekční dokumentaci (Obr. č. 21).



Obr. č. 21: Odklonění původního koryta Modlanského potoku pomocí CPP1. Zdroj: Projektová dokumentace CPP1. (detailizace Šváb).

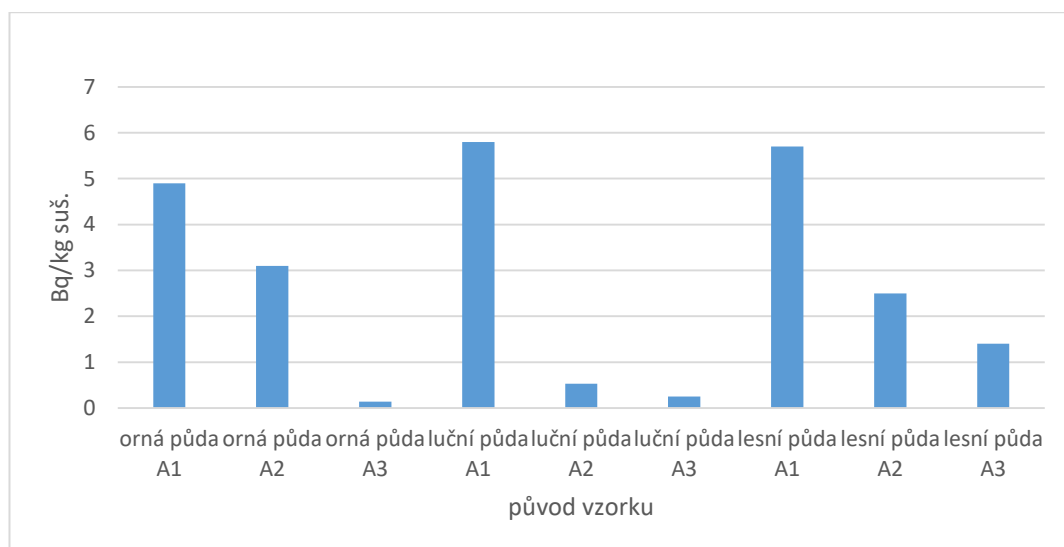
6. Výsledky

6.1. Hodnoty ^{137}Cs v půdě

Výsledky měření obsahu ^{137}Cs ve vzorcích půdy mi byly zaslány ze SÚRO. Data jsou zpracována v Tab. č. 1 a pro lepší přehlednost také v grafu (Obr. č. 22). Tabulka obsahuje označení druhu vzorku, což znamená místo, kde byl vzorek pořízen. Označení půdní vrstvy A1 značí mocnost půdy všech vzorků, které byly pořízeny v hloubce 0 - 20 cm. Vrstva A2 byla těžena v hloubce 20 – 40 cm, A3 pak v hloubce 40 – 60 cm. Aktivita ^{137}Cs je v dalším sloupci vyjádřena v jednotkách Becquerel na kilogram sušiny, dále jen Bq/kg suš.. Plošná aktivita ^{137}Cs následně v Becquerel na metr čtvereční, dále jen Bq/m².

Druh vzorku	Půdní vrstvy	Aktivita ^{137}Cs [Bq/kg suš.]	Aktivita ^{137}Cs [Bq/m ²]
orná půda A1	A1	4,9	208
orná půda A2	A2	3,1	
orná půda A3	A3	0,14	
luční půda A1	A1	5,8	193
luční půda A2	A2	0,53	
luční půda A3	A3	0,25	
lesní půda A1	A1	5,7	244
lesní půda A2	A2	2,5	
lesní půda A3	A3	1,4	

Tab. č. 1: Výsledné hodnoty naměřené v půdě po jednotlivých vrstvách.

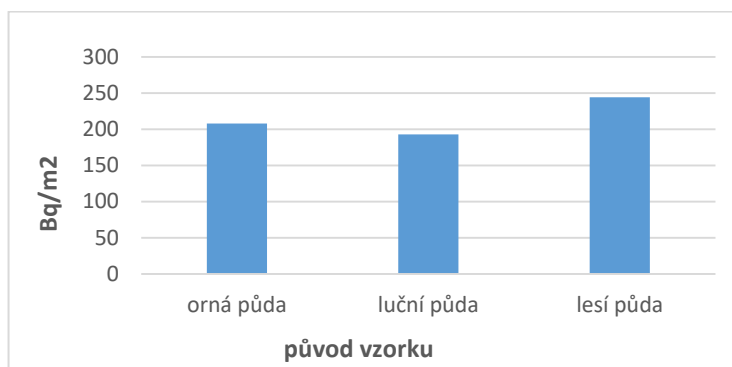


Obr. č. 22: Aktivita ^{137}Cs podle využití pozemku a hloubky odebraného vzorku.

Tabulka č. 1 obsahuje popis půdních vrstev a hodnoty ^{137}Cs v nich naměřené [Bq/kg suš.]. Graficky jsou hodnoty vyjádřeny v Obr. č. 22. Z naměřeného je ve všech druzích půd patrný pokles obsahu rezidua ^{137}Cs . K poklesu dochází s hloubkou těžného materiálu vzorku. Ve vrstvě A1, nacházející se v hloubce 0 – 20 cm, byly naměřeny nejvyšší hodnoty jak v orné půdě 4.9, na louce 5.8 a také v lese 5.7 Bq/kg

suš. Ve vrstvě A2, tedy v hloubce 20 - 40 cm byly hodnoty 3.1 v orné půdě, 0.53 na louce a 2.5 Bq/kg suš. v lese. S přibývajícím hloubkou byl zaznamenán menší pokles aktivity ^{137}Cs v orné půdě. To přisuzují orbě, ke které zde pravidelně dochází. Orná půda je mezi vrstvami A1 a A2 pravidelně mísená, čímž dochází také k promíchávání obsažených látek, tedy také ^{137}Cs . U všech druhů pozemků je nejnižší aktivita ^{137}Cs ve vrstvě A3, tedy v hloubce 40 - 60 cm. Jedná se o hodnoty 0.14 Bq/kg sušiny v ornici, 0.25 v půdě louky, a 1.4 Bq/kg suš. v lese.

Co se týká plošné aktivity v jednotlivých lokalitách obce Modlany, naměřené byly hodnoty 208 Bq/m² na pozemku orné půdy, 193 Bq/m² na louce a 244 Bq/m² v lese. Nižší hodnoty na louce a ornici přisuzují pravidelnému odvozu biomasy po sklizni či sečení. V lese tato opadaná biomasa zůstává, kumuluje se a recykluje v půdě. Většina aktivity tak zůstává na původním místě. (Obr. č. 23).



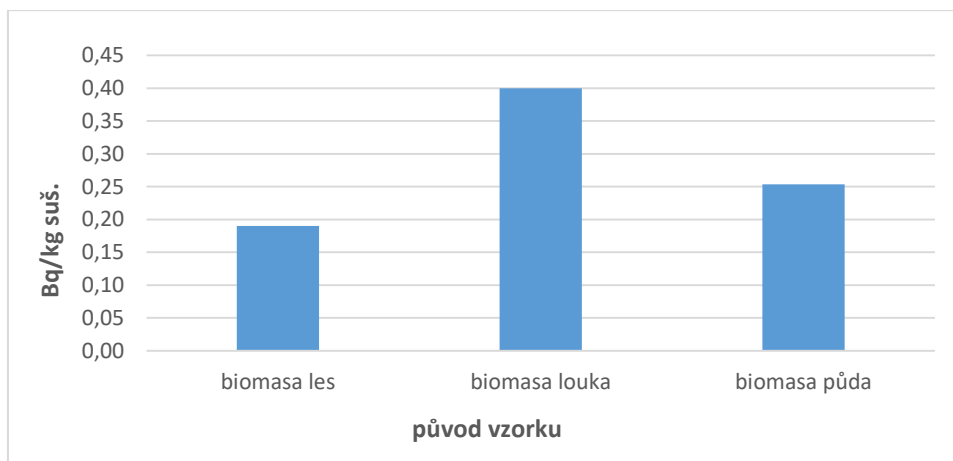
Obr. č. 23: Plošná aktivita ^{137}Cs [Bq/m²]

6.2. Hodnoty ^{137}Cs v biomase

Výsledky měření aktivity ^{137}Cs ve vzorcích biomasy mi byly zaslány ze SÚRO. Měřením byly zjištěny následující hodnoty. U vzorku biomasy ze zkoumaného lesa, který obsahoval směs náletů listnáčů a bylinného patra, byla naměřena hodnota <0.19 Bq/kg suš. V luční biomase, která se skládala ze směsi travin a lučních květů, byla naměřena hodnota < 0.40 Bq/kg suš. V biomase půdy, obsahující posklizňové zbytky *Brukve řepky*, bylo naměřeno 0.254 Bq/kg suš. (Tab. č. 2, Obr. č. 24). Zde se naměřené hodnoty v jednotlivých lokalitách příliš neliší.

Druh vzorku	Aktivita ^{137}Cs [Bq/kg suš.]
biomasa les	<0.19
biomasa louka	<0.40
biomasa půda	0,254

Tab. č. 2: Výsledné hodnoty naměřené v biomase lesa, louky a půdy.



Obr. č. 24: Aktivita ^{137}Cs v k.ú. Modlany podle využití pozemku.

6.3. Hodnoty měření dávkového příkonu ^{137}Cs

Měření dávkového příkonu v terénu jsem provedl přístrojem Safecast bGegien Nano (Obr. č. 15). Měřil jsem opět ve všech třech zájmových plochách (louka, les, orná půda). Data, která jsem nashromáždil na datovou kartu, jsem předal k následnému zpracování do SÚRO. Obdržené výsledky jsem převedl do grafického formátu v obr. č. 25, 26 a 27. Z barevné oblasti je patrná měřená oblast a naměřené hodnoty. Naměřené hodnoty jsou tím vyšší, čím je odstín v datové mapě světlejší. Tmavý odstín značí nižší naměřenou hodnotu.

Hodnoty dávkového příkonu, uváděné v jednotkách micro Sievert za hodinu, dále jen $\mu\text{Sv/h}$, naměřené na louce se pohybují od 0.11 $\mu\text{Sv/h}$ do 0.15 $\mu\text{Sv/h}$. V lese byla naměřena minimální hodnota 0.10 $\mu\text{Sv/h}$, zatím co maximum bylo 0.17 $\mu\text{Sv/h}$. Orná půda vykazovala hodnoty ve stejném rozmezí jako les, tedy od 0.10 $\mu\text{Sv/h}$ do 0.17 $\mu\text{Sv/h}$.



Obr. č. 25: Měření dávkového příkonu – louka. Zdroj: <https://map.safecast.org>



Obr. č. 26: Měření dávkového příkonu – les. Zdroj: <https://map.safecast.org>



Obr. č. 27: Měření dávkového příkonu – orná půda. Zdroj: <https://map.safecast.org>

6.4. Transferový koeficient

Koeficient přestupu aktivity ^{137}Cs z půdy do rostlinné biomasy nazývaný transferový koeficient, který popisují (Ježková, Rulík 2015) a nazývají ho Standardní zkušební postup SZP 15. Stanovení transferového koeficientu pomáhá při rozhodování využití kontaminované půdy. Transferové chování ^{137}Cs je však velice nestálé a při navození i zdánlivě stejných podmínek bývají vypočítané koeficienty i řádově odlišné. Pomocí této metody výpočtu jsou zpracována data v Tab. č. 3. Vzorec pro stanovení transferového koeficientu je:

$$\text{TK} = \text{Am}_{\text{rost.}} / \text{Am}_{\text{půda}},$$

TK – transferový koeficient,

$\text{Am}_{\text{rost.}}$ – aktivita ^{137}Cs v rostlině (biomase) [Bq/kg suš.],

$\text{Am}_{\text{půda}}$ – aktivita ^{137}Cs půdy [Bq/kg suš.]

Druh pozemku	Aktivita ^{137}Cs půda [Bq/kg suš.]	Aktivita ^{137}Cs biomasa [Bq/kg suš.]	TK
Pole	2,71	0,25	0,094
Louka	2,19	0,4	0,183
les	3,2	0,19	0,059

Tab. č. 3:

7. Diskuze

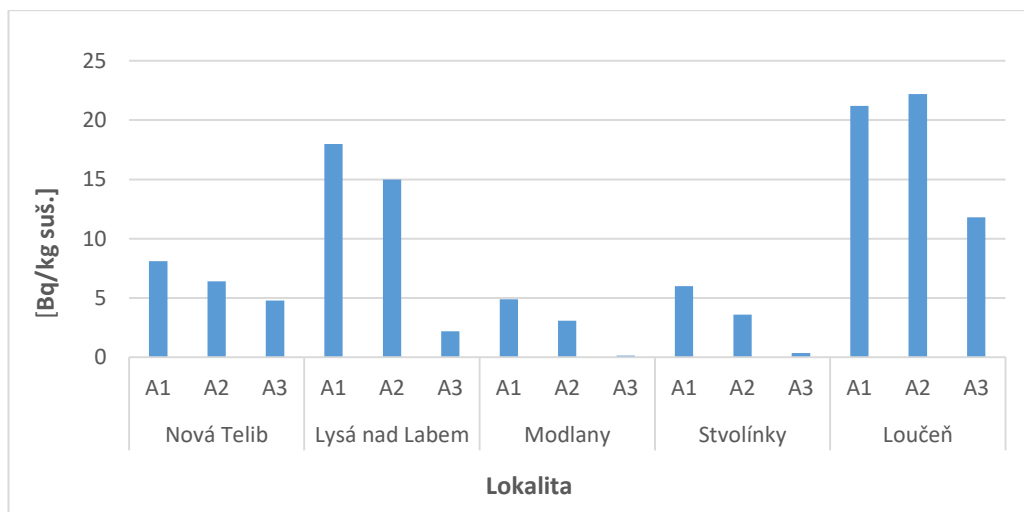
Vlivem havárie v jaderné elektrárně Černobyl došlo k největší kontaminaci půdy radionuklidem ^{137}Cs v České republice. V dubnu roku 1986 došlo k explozi, která ^{137}Cs emitovala do ovzduší, a vlivem pohybu vzduchu mezi kontinenty, byla velká část emitovaného cesia transportována nad Evropu. Tento radioaktivní mrak svým spadem zasáhl také území bývalého Československa. Jeden z nejvýznamnějších radionuklidů antropogenního původu ^{137}Cs byl deponován v půdě, a rostlinami transportován do potravy. Tímto procesem se stal součástí potravního řetězce, kde dodnes měříme nezanedbatelné hodnoty aktivity ^{137}Cs (URL 20). V diskuzi jsou porovnávány naměřené hodnoty v lokalitách Modlany, Lysá nad Labem (Bouška, 2020), Stvolínky (Voříšková, 2020), Nová Telib (Šlotýs, 2020), Loučeň a Patřín (Makowski, 2020).

7.1. Porovnání výsledků aktivity ^{137}Cs v orné půdě

V Tab. č. 4 jsou uvedeny naměřené hodnoty z pěti porovnávaných lokalit. Všechny vzorky pochází z orné půdy. Všechna zmíněná data potvrzují klesající aktivitu radionuklidu s hloubkou pořízeného vzorku, tedy až na jednu výjimku, kterou je vyšší aktivita střední vrstvy A2 než vrchní vrstvy A1. Obecně nejvyšší aktivitu vykazuje Loučeň s průměrnou hodnotou 14,8 Bq/kg suš. Nejnižší hodnoty byly změřeny v Modlanech. Jejich průměr je 2,7 Bq/kg suš. Výsledky také potvrzují menší rozdíl naměřených hodnot mezi vrstvou A1 a A2, než porovnání s vrstvou A3. Důvodem je patrně pravidelné mísení vstvy A1 a A2 při orbě. Vrstvy A3 se orba příliš netýká.

Orná půda		
Lokalita	Označení vrstvy	[Bq/kg suš.]
Nová Telib	A1	8,1
	A2	6,4
	A3	4,8
Lysá nad Labem	A1	18
	A2	15
	A3	2,2
Modlany	A1	4,9
	A2	3,1
	A3	0,14
Stvolínky	A1	6,0
	A2	3,6
	A3	0,37
Loučeň	A1	21,2
	A2	22,2
	A3	11,8

Tab. č. 4:



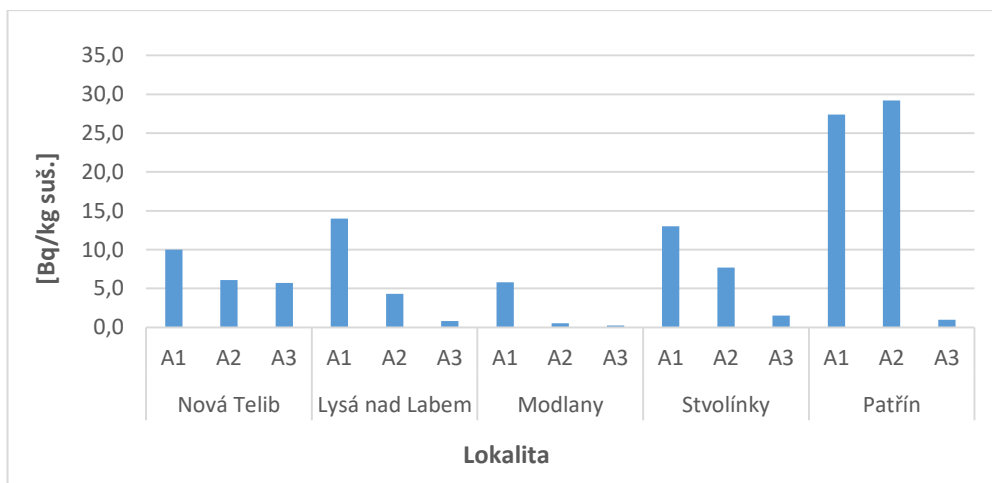
Obr. č. 28: Aktivita ¹³⁷Cs v orné půdě podle lokality a hloubky odebraného vzorku.

7.2. Porovnání výsledků aktivity ¹³⁷Cs v půdě louky

Následující souhrn dat se vztahuje k měření aktivity ¹³⁷Cs v půdě louky. Porovnává naměřené hodnoty v již zmíněných lokalitách. Opět stojí za zmínku klesající trend naměřených hodnot s hloubkou vzorkované půdy. Výjimkou je Patřín, kde střední vrstva A2 vykazuje vyšší aktivitu cesia, než svrchní vrstva A1.

Luční půda		
Lokalita	Označení vrstvy	[Bq/kg suš.]
Nová Telib	A1	10,0
	A2	6,1
	A3	5,7
Lysá nad Labem	A1	14,0
	A2	4,3
	A3	0,8
Modlany	A1	5,8
	A2	0,5
	A3	0,3
Stvolínky	A1	13,0
	A2	7,7
	A3	1,5
Patřín	A1	27,4
	A2	29,2
	A3	1,0

Tab. č. 5:



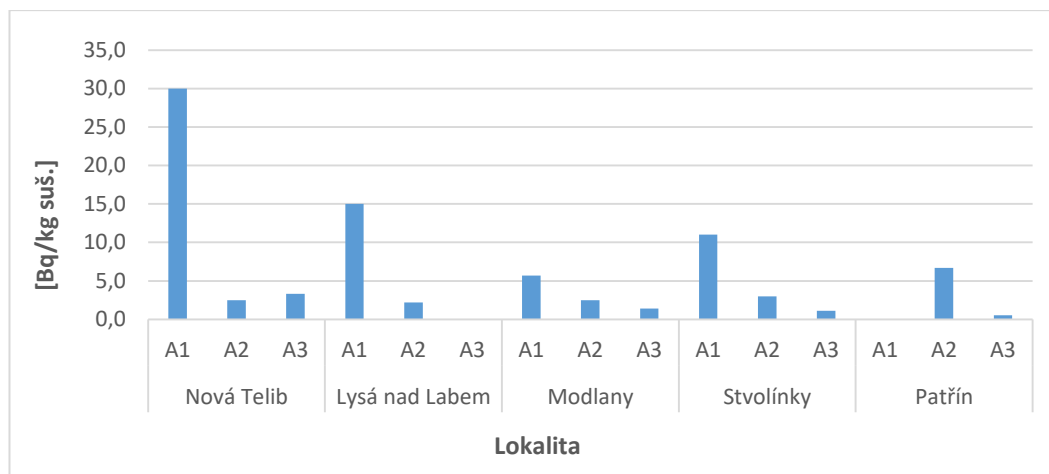
Obr. č. 29: Aktivita ¹³⁷Cs v luční půdě podle lokality a hloubky odebraného vzorku.

7.3. Porovnání výsledků aktivity ¹³⁷Cs v lesní půdě

Data z měření aktivity ¹³⁷Cs v půdě lesa jsou shrnuta v Tab. č. 6. Pokles aktivity s přibývajícím hloubkou zaznamenává také půda s využitím lesa. V Lysé nad Labem nebyl vzorek z vrstvy A3 pořízen z důvodu nedostupnosti. Extrémní hodnotu 274 Bq/kg suš., naměřenou ve svrchní vrstvě A1 v lokalitě Patřín, jsem z grafu vyjmul, pro jeho lepší vypovídající hodnotu.

Lesní půda		
Lokalita	Označení vrstvy	[Bq/kg suš.]
Nová Telib	A1	30,0
	A2	2,5
	A3	3,3
Lysá nad Labem	A1	15,0
	A2	2,2
	A3	0,0
Modlany	A1	5,7
	A2	2,5
	A3	1,4
Stvolínky	A1	11,0
	A2	3,0
	A3	1,1
Patřín	A1	274,0
	A2	6,7
	A3	0,5

Tab. č. 6:



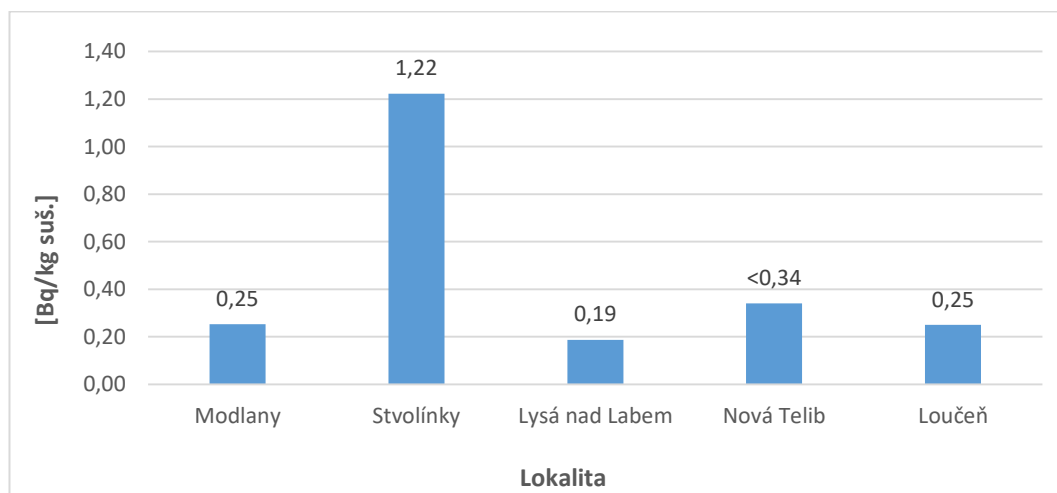
Obr. č. 30: Aktivita ¹³⁷Cs v lesní půdě podle lokality a hloubky odebraného vzorku.

7.4. Porovnání výsledků aktivity ¹³⁷Cs v biomase orné půdy

Mnou odebrané vzorky biomasy orné půdy, které tvořily posklizňové zbytky *Brukve řepky*, jsem porovnal s biomasou odebranou v obcích Stvolínky, Lysá nad Labem, Nová Telib a Loučeň. Z Tab. č. 7 je patrná nejvyšší hodnota aktivity ¹³⁷Cs ve Stvolínkách s hodnotou 1,22 Bq/kg suš. Nejnižší hodnotu vykazuje orná půda v Lysé nad Labem s hodnotou 0,19 Bq/kg suš.

Biomasa orná půda	
Lokalita	[Bq/kg suš.]
Modlany	0,25
Stvolínky	1,22
Lysá nad Labem	0,19
Nová Telib	<0,34
Loučeň	0,25

Tab. č. 7:



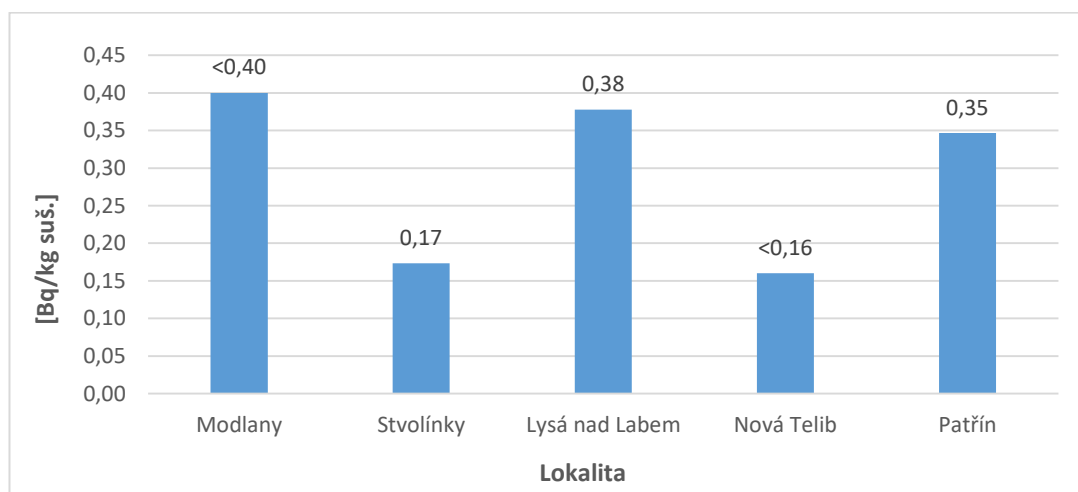
Obr. č. 31: Aktivita ¹³⁷Cs v biomase orné půdy podle lokality.

7.5. Porovnání výsledků aktivity ^{137}Cs v biomase louky

Své vzorky biomasy louky, které tvořily luční květiny a trávy s aktivitou ^{137}Cs nižší než 0.4 Bq/kg suš., jsem porovnal s vzorky z ostatních lokalit (tab. č. 8, obr. č. 32). Nejnižší hodnoty byly naměřeny v katastru Stvolínky 0.17 Bq/kg suš. a v Nové Telibě s hodnotou nižší než 0.16 Bq/kg suš. Naopak obce Modlany, Lysá nad Labem a Loučeň vykazují aktivitu více než dvojnásobnou, tedy méně než 0.4 Bq/kg suš. v Modlanech, 0.38 Bq/kg suš. v Lysé nad Labem a 0.35 Bq/kg suš. v katastru Loučeň.

Biomasa louka	
Lokalita	[Bq/kg suš.]
Modlany	0,40
Stvolínky	0,17
Lysá nad Labem	0,38
Nová Telib	0,16
Patřín	0,35

Tab. č. 8:



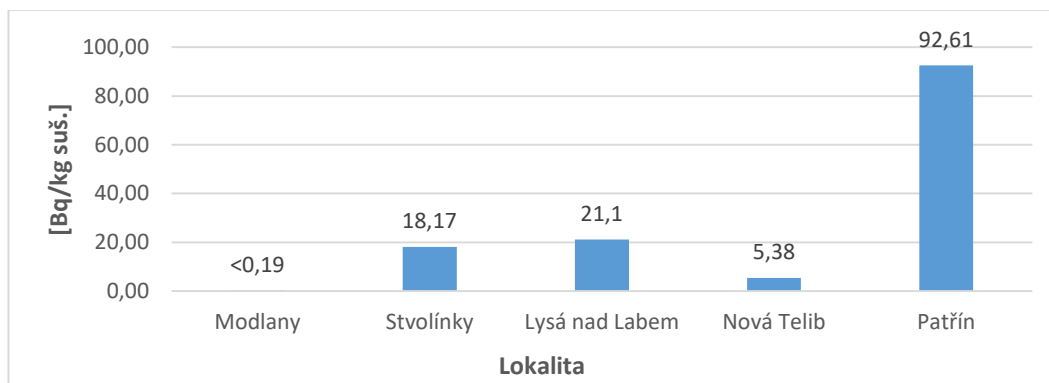
Obr. č. 32: Aktivita ^{137}Cs v biomase luční půdy podle lokality.

7.6. Porovnání výsledků aktivity ^{137}Cs v biomase lesa

Vzorky biomasy z lesního porostu, skládající se ze směsy celých rostlin náletů listnáčů a rostlin bilinného patra, byly také porovnány s lesní biomasou ostatních lokalit. Zatímco lokalita Modlany vykazuje téměř zanedbatelnou hodnotu nižší než 0.19 Bq/kg suš., biomasa z Nové Telibě obsahovala 5.38 Bq/kg suš., Stvolínky 18.17 Bq/kg suš., Lysá nad Labem 21.1 Bq/kg suš. a Loučeň dokonce 92.61 Bq/kg suš. Veliký rozdíl naměřených hodnot v lesní biomase lze částečně přisoudit obsahu mechu, který obsahovaly všechny vzorky lesa kromě vzorků z Modlan (tab. č. 9, obr. č. 33).

Biomasa les	
Lokalita	[Bq/kg suš.]
Modlany	<0,19
Stvolínky	18,17
Lysá nad Labem	21,1
Nová Telib	5,38
Patřín	92,61

Tab. č. 9:



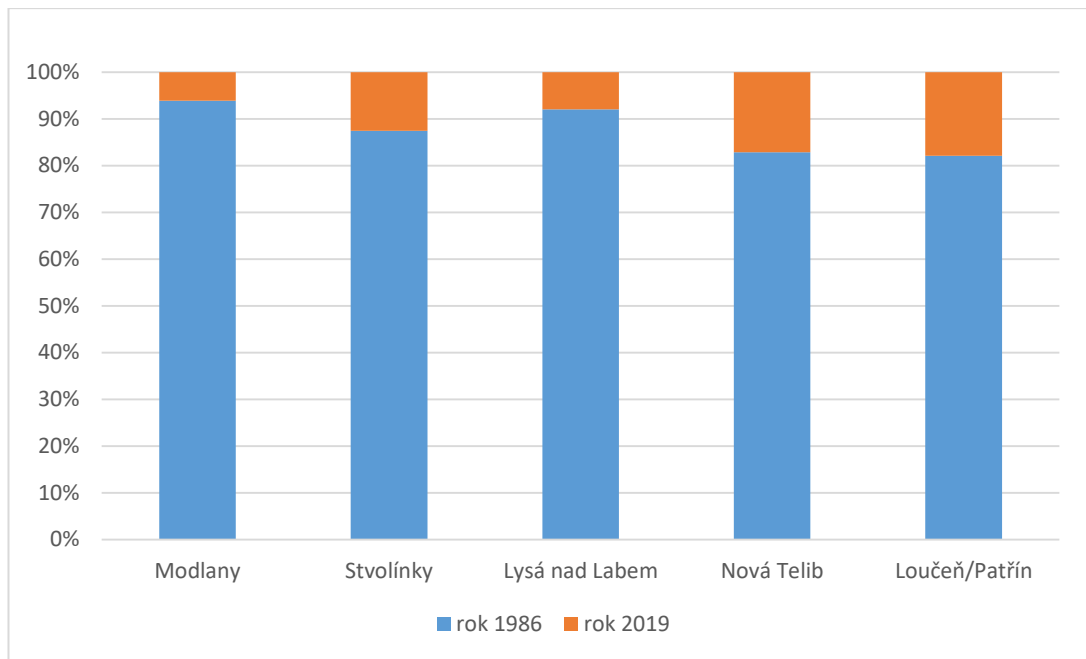
Obr. č. 33: Aktivita ^{137}Cs v biomase lesní půdy podle lokality.

7.7. Porovnání měření plošné aktivity ^{137}Cs

Tab. č. 10 obsahuje hodnoty naměřené aktivity ^{137}Cs v letech 1986 a 2019 v jednotlivých lokalitách. Z důvodu vlivu využití pozemku na hodnotu rezidua bylo v roce 2019 provedeno měření zvláště v orné půdě, v půdě louky a lesa. Tab. č. 10 dále obsahuje procentuální vyjádření rezidua ^{137}Cs v porovnání roku 1986 se současností. Rozdíly naměřených hodnot jsou pak patrné z obr. č. 34.

Porovnání plošné aktivity ^{137}Cs						
Lokalita	2019 [kBq/m ²]				1986 [kBq/m ²]	Zbývající aktivita [%]
	Pole	Louka	Les	Průměr	Průměr	
Modlany	0,208	0,193	0,244	0,215	3,320	6,5%
Stvolínky	0,373	0,606	0,532	0,504	3,510	14,3%
Lysá nad Labem	1,113	0,601	0,612	0,775	8,980	8,6%
Nová Telib	0,564	0,654	0,981	0,733	3,540	20,7%
Loučeň/Patřín	1,432	1,985	2,576	1,998	9,150	21,8%

Tab. č. 10:



Obr. č. 34: poměr plošné aktivity v procentech mezi lety 1986 a 2019. Modrý sloupec značí velikost plošné aktivity 137Cs v roce 1986. Oranžový sloupec stav té samé aktivity v roce 2019.

8. Závěr

V roce 2019, 33 let po jaderné katastrofě v ukrajinském Černobylu, uplynul čas, který přesahuje poločas rozpadu ^{137}Cs (30.17 let). V rámci projektu Ministerstva vnitra „**Optimalizace postupů pro realizaci rostlinné výroby na území zasaženém jadernou havárií**“ byla zpracována tato práce. Její přínos shledávám v prokázaném principu chování radionuklidu ^{137}Cs , který dokládají naměřená a zpracovaná data. Pomocí stanovení transferových koeficientů je následně možné rozhodovat o využití kontaminovaných půd.

Pokles aktivity cesia je po 33 letech od katastrofy patrný. V některých porovnávaných lokalitách sice ještě dosahuje aktivity ^{137}Cs v půdě hodnoty okolo 20%, v Modlanech a Lysé nad Labem už hovoříme pouze o jednotkách procent. Výzkum dále prokázal jasný pokles aktivity radionuklidu s hloubkou půdy. Díky transferu ^{137}Cs do hloubky dochází k ředění obsahu aktivního materiálu. K takovému ředění dochází především na pozemcích orné půdy, a to díky pravidelné orbě a mísení jednotlivých vrstev. K dalšímu poklesu rezidua pak dochází odvozem biomasy, který je také znakem orné půdy. Pravidelně sečená louka s odvozem sušené trávy vykazuje druhé nejvyšší průměrné hodnoty. Nejvíce naměřené aktivity vykazuje lesní půda a její biomasa. Důvodem je především koncentrace radioaktivity v lesní biomase, ale také téměř nulové promíchávání jednotlivých půdních vrstev a téměř žádný transport biomasy.

Více než 30 let netrpělivého čekání na vypršení poločasu rozpadu ^{137}Cs s sebou přináší potvrzení o zřejmém poklesu aktivity tohoto radionuklidu. Poučení z lehkomyšlného nakládání s radioaktivním materiálem by mělo být pro lidstvo trvalé. Havárie v Černobylu má na svědomí řadu lidských životů a utrpení. Nebezpečné reaktory, jaderné zbraně a lehkomyšlené skladování jaderného odpadu mohou za emise ^{137}Cs . Vzduchem šířící se kontaminace půdy nezná hranice. Plyne tam, kam plyne vzduch. Kontaminace nejrozmanitějšího biomu na zemi - půdy, znamená kontaminaci celé přírody, potravního řetězce, našich životů i života na zemi.

9. Přehled literatury a použitých zdrojů

9.1. Knižní zdroje

- Aleksijevičová, S., 2002: Modlitba za Černobyl. Doplněk, Brno.
- Blažek, V., Cílek, V., Ehrlich, P., Frank, D., Gergel, J., Hladný, J., Hofmeister, T., Janský, B., Kakos, V., Kendler, J., Kopp, J., Král, M., Krátká, M., Krátký, M., Kvítek, T., Lídlová, D., Langhammer, J., Maníček, J., Matoušek, V., Matoušková, M., Nesměrák, I., Němec, J., Nietzscheová, J., Plesník, J., Pokorný, D., Punčochář, P., Řádek, T., Satrapa, L., Šámalová, Z., Šťastný, B., Vrabc, M., Vylita, T., Zeman, O., 2006: Voda v České republice. Consult. Praha.
- Bouška, P., 2020: Sledování množství ^{137}Cs v půdě a vegetaci a plošné měření dávkového příkonu na vybraných lokalitách – Lysá nad Labem. ČZU, Praha.
- Burda, J., Žížka, L., 2017: Vesmír. Možné důsledky ukončení těžby uhlí na vodní režim v Ústeckém kraji. Vesmír/7 str. 409, Praha.
- Cílek, V., Korba, M., Majer, M., 2015: Podzemní Čechy. Eminent, Praha.
- Cílek, V., Ložek, V., a kolektiv., 2011: Obraz krajiny. Dokořán, Praha.
- Culek, M., Grulich, V., Laštůvka, Z., Divíšek, J., 2013: Biogeografické regiony České republiky. Masarykova univerzita, Brno.
- De Brouwer, S., Thiry, Y., Myttenaere, C. 1994: Availability and fixation of radiocaesium in a forest brown acid soil. Sci. Tot. Environ. Belgium.
- Fofňková, Z., 2019: Od pravěku po Slované. Noviny Modlanska 01/2019: 12.
- Funiok, L., 2006: Historie a současnost mostecké báňské záchranné služby. Mus a.s. Most.
- Hála, J., 1998: Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie. Konvoj. Brno.
- Humpál, 1973: Projektová dokumentace. Velkolom Chabařovice, stavba č. 501 Hráz Modlany. Teplice.
- Hůla, J., Procházková, B., 2008: Minimalizace zpracování půdy. Profi Press. Praha.
- Choppin, G., Liljenzin, J. O., Rydberg, J., 2002: Radiochemistry and nuclear chemistry. Butterworth-Heinemann. Elsevier Science, USA.
- International Atomic Energy Agency, 1974: Convention on the Prevention of Marine Pollution By Dumping of Wastes and Other Matter. IAEA, Vienna
- Kutílek, M., 2012: Půda planety země. Dokořán, s.r.o. Praha.
- Makowski, V., 2020: Sledování množství ^{137}Cs v půdě a vegetaci a plošné měření dávkového příkonu na vybraných lokalitách – Loučeň, Patřín. ČZU, Praha.
- Němeček, J., Smolíková, L., Kutílek, M., 1990: Pedologie a paleopedologie. Academia. Praha.
- Pejchal, J., 2013: Biofyzika pro záchranáře. Univerzita obrany. Hradec Králové.
- Petro, J., 2018: České klenoty UNESCO. Cpress, Brno.
- Plochy, S., 2019: Chernobyl: History of a Tragedy. Jota.
- Pokorný, R., Holec. M., 2009: Jeskyně Ústeckého kraje. Nakladatelství XYZ. Praha.
- Prister, B. S., Kliuchnykov, A. A., Baryakhtar, V. G., Shestopalov, V. M., Kuhar, V.

- P.: The Safety Problems of the Nuclear Power, the Lessons of Chernobyl, Monograph. Edition by Academician of NAAS of Ukraine B. S. Prister, 2nd publication, Chernobyl, 2016.
- Prister, B. S., Klyuchnikov, A. A., Shestopalov, V. M., Kukhar, V. P., 2013: The safety problems of the nuclear power. [s.n.], Ukraine.
 - Reichholf, J. H., 1999: Pole a loudy. Ikar, Praha.
 - Rejšek, K., Vácha, R., 2018: Nauka o půdě. Agriprint, s.r.o. Olomouc.
 - Shand, C. A., Cheshire, M. V., Smith, S., Vidal, M., Rauret, G. 1994: Distribution of radiocaesium in organic soils. *Journal of Environmental Radioactivity*: 285-302.
 - Simon, J. L., 2006: Největší Bohatství. Centrum pro studium demokracie a kultury, Brno.
 - Sinkulová, V., 2006: Dědictví Černobylu: zdravotní, ekologické a sociálně ekonomické dopady a doporučení vládám Běloruska, Ruské federace a Ukrajiny. ČSVTS. Praha.
 - Šantrůčková, H., Bárta, J., Kaštovská, E., Miko, L., Tajovský, K., 2018: Ekologie půdy. Episteme. České Budějovice.
 - Šoltýs, R., 2020: Sledování množství ^{137}Cs v půdě a vegetaci a plošné měření dávkového příkonu na vybraných lokalitách – Nová Telib. ČZU, Praha.
 - Tomášek, M., 2000: Půdy české republiky. Český geologický ústav.
 - Voříšková, M., 2020: Sledování množství ^{137}Cs v půdě a vegetaci a plošné měření dávkového příkonu na vybraných lokalitách – Stvolínky. ČZU, Praha.
 - Wagner, V., 2015: Fukušima I poté. Novela bohemia, Praha.

9.2. Internetové zdroje

- URL 1: ČÚZK, 2019: k.ú.: 697711 – Modlany – podrobné informace. Online, [cit. 2019.11.11]. Dostupné z https://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?AKCE=META:SESTAVA:MDR002_XSLT:WEBCUZZ_ID:697711
- URL 2: ČÚZK, 2019: Přehledová mapa ČR. Online, [cit. 2019.11.14]. Dostupné z <http://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&MarExtent=-990320.44597457629%20-1239836%20-346646.55402542371%20-923033&MarWindowName=Marushka>
- URL 3: Česká geologická služba, 2019: Geologická mapa. Online, [cit. 2019.11.14]. Dostupné z http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=771100&x=975800&r=2000&s=1
- URL 4: Ullmann, V., 2010: Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření. Ostrava 2002. Online, [cit. 2019.11.18], dostupné z <http://AstroNukIFyzika.cz/Fyzika-NukIMed.htm>

- URL 5: Králová, M., 2018: Objev Radioaktivity: Encyklopedie. Online, [cit. 2019.11.18], dostupné z <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/kvanta/objev-radioaktivity>
- URL 6: Borovička, J., 2011: Radioaktivita kolem nás a v nás. Online, [cit. 2019.11.19], dostupné z <https://borovicka.blog.idnes.cz/blog.aspx?c=184525>
- URL 7: Košler, J., Jelínek, E., Pačesová, M., 1997: Základy izotopové geologie a geochronologie. Online, [cit. 2019.11.19], dostupné z <https://petrol.natur.cuni.cz/~janousek/izokurz/PDF/zigg01.pdf>
- URL 8: Kolat, P., Tomášek, D., 2012: Jaderná energetika. Online, [cit. 2019.11.20], dostupné z https://kke.zcu.cz/export/sites/kke/old_web/_files/projekty/enazp/18/IUT/111_Jaderna_energetika_-_Kolat_-_P3.pdf
- URL 9: Wagner, V., 2016: Černobyl třicet let poté. Online, [cit. 2019.11.20], dostupné z https://dml.cz/bitstream/handle/10338.dmlcz/146675/Rozhledy_091-2016-3_2.pdf
- URL 10: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2019: Co je kód BPEJ?. Online, [cit. 2019.11.27], dostupné z <https://bpej.vumop.cz/>
- URL 11: Navrátil, L., Skalická, Z., Halaška, J., Havránková, R., Kubeš, J., Navrátil, V., Sabol, J., Sirový, L., Zölzer, F., 2014: Radiobiologie. Online, [cit. 2019.12.20]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/uvod.html>
- URL 12: SÚRO, Přírodní radioaktivita a problematika radonu, 2020: Online, [cit. 2019.11.14]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/prirodnioz>
- URL 13: Reichl, J., Všeticka, M., 2006/2020: Encyklopedie fyziky. Online, [cit. 2019.11.20], dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/810-umela-radioaktivita>
- URL 14: Klener, V., Tomášek, L., [s.a.]: Zdravotní následky černobylské katastrofy. Online, [cit. 2019.11.14]. Dostupné z: https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/zdravotni_nasledky_cernobylu.pdf
- URL 15: Stonišová, T., 2018: Smrtící anatomie atomového hříbu. Online, [cit. 2019.11.14]. Dostupné z: <https://www.reflex.cz/clanek/fotogalerie/88585/smrtici-anatomie-atomoveho-hribu-kolorovane-snimky-nechaly-ozit-jaderne-testy-ktere-odstartovaly-presne-pred-73-lety.html>
- URL 16: Copyright Simopt, s.r.o., 1999: Ionizující záření. Online, [cit. 2019.11.14]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/ioniz_zar.html

- URL 17: IAEA., International nuclear event scale. Online, 1990: [cit. 2019.11.14]. Dostupné z: <https://www.iaea.org/publications/10508/ines-the-international-nuclear-and-radiological-event-scale-users-manual>
- URL 18: Vrba, V., Huleš, L., 2006: Humus – půda – rostlina (1) Funkce humusu v ekosystému. Biom.cz Online, [cit. 2019.11.21], dostupné z <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-1-funkce-humusu-v-ekosystemu>.
- URL 19: Český statistický úřad: [cit. 2019.11.21], dostupné z <https://www.czso.cz/>
- URL 20: Hůlka J., Malátová I., Státní ústav radiační ochrany, Radiační situace v České republice, přehled hlavních výsledků měření a opatření, 2006: Online, [cit. 2019.11.14]. Dostupné z: https://www.suro.cz/cz/publikace/chernobyl/radiacni_situace_v_cr_po_cernobylu.pdf

10. Přílohy

Protokolární záznam o odběru vzorku

Průvodní list odběru vzorků

Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt	Martin Šváb, Na Hamrech 425/24, Krupka. Tel: 724482320
Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků	Ing. Pavel Moravec

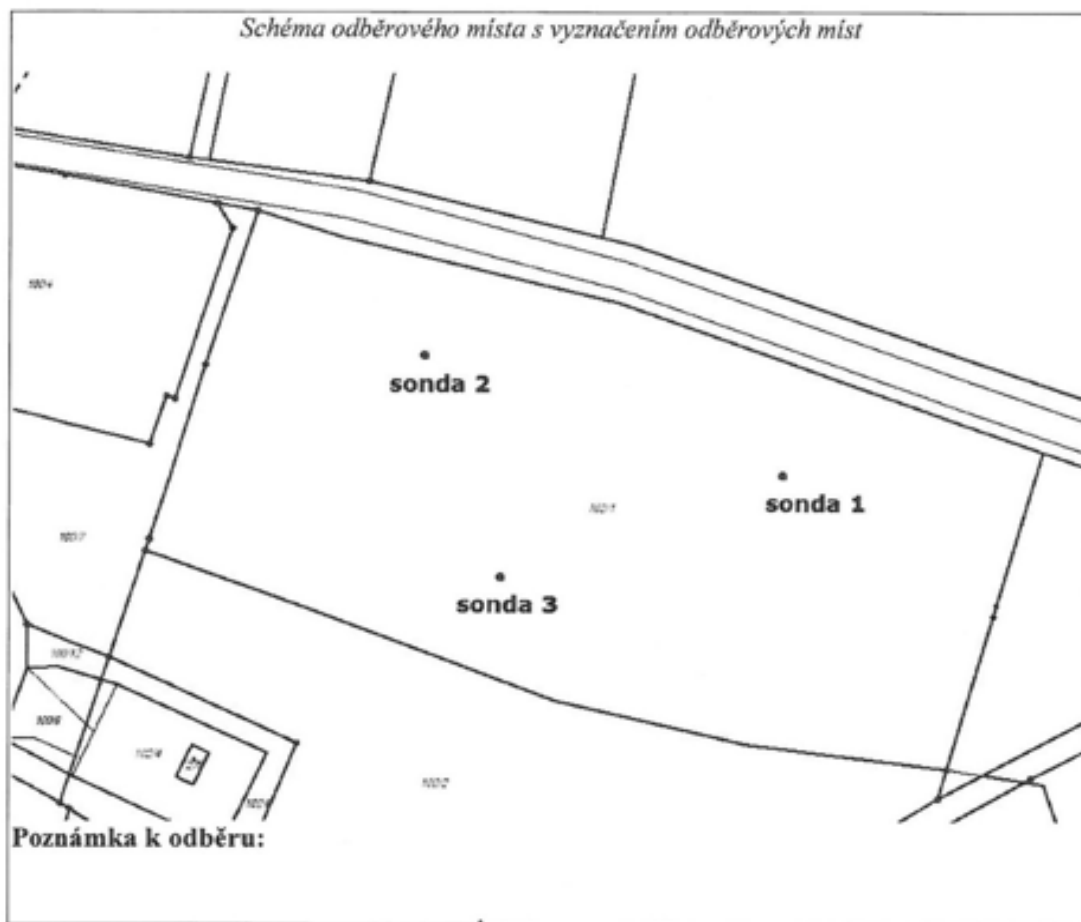
Kultura	orná půda
katastrální území	Modlany (okres Teplice): 697711
správní obec	Modlany: 567710
Půdní blok č.	102/1
Velikost v m ²	15456
Parcelní čísla	102/1

	Hodnota	Místní měření Jednotka
Ukazatel		
Teplota vzduchu	21	°C
Počasí:	Jasno	

datum odběru:	8.10.2018	Čas odběru:	16:50 – 18:05
Souřadnice odběru:	50°39'04.14"N, 13°54'07.78"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.1	20cm	Sypká vrchní ornice	
B 1.1	20cm	Tužší, lehce jílovitá vrstva	
C 1.1	20cm	Tuhé jílovité hroudy. Po usušení nutná defragmentace.	
datum odběru:	8.10.2018	Čas odběru:	16:50 – 18:05
Souřadnice odběru:	50°39'01.77"N, 13°54'11.00"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.2	20cm	Sypká vrchní ornice	
B 1.2	20cm	Tužší, lehce jílovitá vrstva	
C 1.2	20cm	Tuhé jílovité hroudy. Po usušení nutná defragmentace.	
datum odběru:	8.10.2018	Čas odběru:	16:50 – 18:05
Souřadnice odběru:	50°39'01.36"N, 13°54'15.55"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.3	20cm	Sypká vrchní ornice	
B 1.3	20cm	Tužší, lehce jílovitá vrstva	
C 1.3	20cm	Tuhé jílovité hroudy. Po usušení nutná defragmentace.	

Použité vzorkovací pomůcky: Rýč, krumpáč bez násady – lešenářská trubka.

Příloha 1: Protokol k odběru vzorků orné půdy.



Podpis osoby, která provedla odběry: _____

Příloha 2: Protokol k odběru vzorků orné půdy. Mapa sond.

Protokolární záznam o odběru vzorku

Průvodní list odběru vzorků

Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt	Martin Šváb, Na Hamrech 425/24, Krupka. Tel: 724482320
Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků	Česká republika/Státní statek Jeneč (v likvidaci)

Kultura	les/ostatní plocha
katastrální území	Modlany (okres Teplice): 697711
správní obec	Modlany: 567710
Půdní blok č.	111/2
Velikost v m ²	21979
Parcelní čísla	111/2

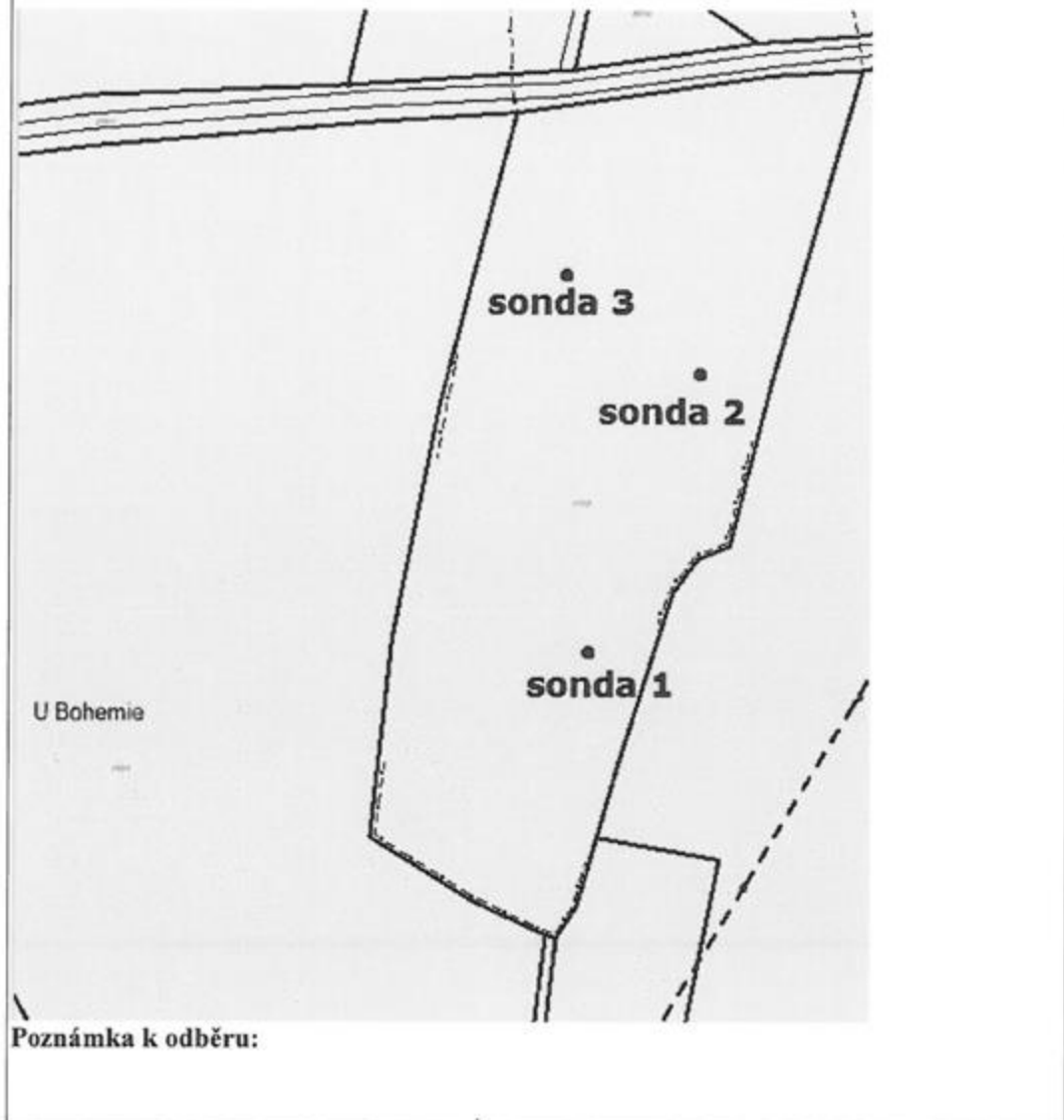
Ukazatel	Hodnota	Místní měření Jednotka
Teplota vzduchu	15	°C
Počasí:	oblačno	

datum odběru:	19.10.2018	Čas odběru:	15:45 – 18:05
Souřadnice odběru:	50°39'14.83"N, 13°54'09.11"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.1	20cm	Suchá vrstva	
B 1.1	20cm	Tužší, suchá sypká vrstva.	
C 1.1	20cm	Suchá sypká vrstva.	
datum odběru:	19.10.2018	Čas odběru:	15:45 – 18:05
Souřadnice odběru:	50°39'17.40"N, 13°54'09.75"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.2	20cm	Suchá vrstva	
B 1.2	20cm	Tužší, suchá sypká vrstva.	
C 1.2	20cm	Suchá sypká vrstva.	
datum odběru:	19.10.2018	Čas odběru:	15:45 – 18:05
Souřadnice odběru:	50°39'18.79"N, 13°54'07.77"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.3	20cm	Suchá vrstva	
B 1.3	20cm	Tužší, suchá sypká vrstva.	
C 1.3	20cm	Suchá sypká vrstva.	

Použité vzorkovací pomůcky: Rýč, krumpáč bez násady – lešenářská trubka.

Příloha 3: Protokol k odběru vzorků lesní půdy.

Schéma odběrového místa s vyznačením odběrových míst



Podpis osoby, která provedla odběry: _____

Příloha 4: Protokol k odběru vzorků lesní půdy. Mapa sond.

Protokolární záznam o odběru vzorku

Průvodní list odběru vzorků

Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt	Martin Šváb, Na Hamrech 425/24, Krupka. Tel: 724482320
Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků	Česká republika/Státní pozemkový úřad

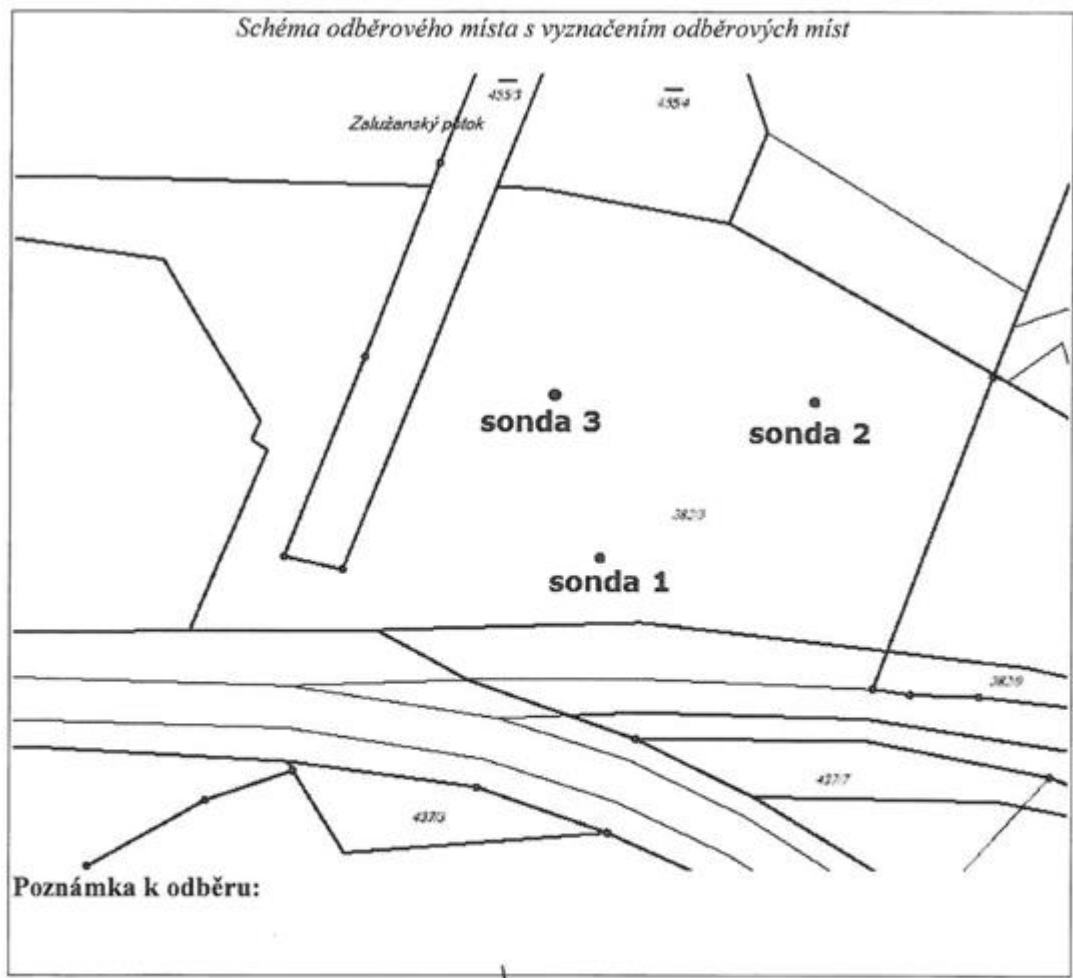
Kultura	louka/ostatní plocha
katastrální území	Modlany (okres Teplice): 697711
správní obec	Modlany: 567710
Půdní blok č.	382/3
Velikost v m ²	10369
Parcelní čísla	382/3

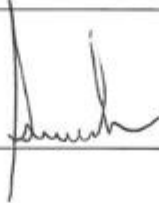
	Hodnota	Místní měření Jednotka
Ukazatel		
Teplota vzduchu	18	°C
Počasí:	Jasno	

datum odběru:	16.10.2018	Čas odběru:	15:45 – 17:30
Souřadnice odběru:	50°39'49.04"N, 13°53'10.99"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.1	20cm	Vlhčí hlína s kořeny trav a bylin.	
B 1.1	20cm	Tužší jílovitá vrstva.	
C 1.1	20cm	Tuhé jílovité hroudy. Po usušení nutná defragmentace.	
datum odběru:	16.10.2018	Čas odběru:	15:45 – 17:30
Souřadnice odběru:	50°39'50.06"N, 13°53'12.84"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.2	20cm	Vlhčí hlína s kořeny trav a bylin.	
B 1.2	20cm	Tužší, lehce jílovitá vrstva	
C 1.2	20cm	Tuhé jílovité hroudy. Po usušení nutná defragmentace.	
datum odběru:	16.10.2018	Čas odběru:	15:45 – 17:30
Souřadnice odběru:	50°39'50.64"N, 13°53'10.42"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.3	20cm	Suchá hlína s kořeny trav a bylin.	
B 1.3	20cm	Tužší jílovitá vrstva.	
C 1.3	20cm	Tuhé jílovité hroudy. Po usušení nutná defragmentace.	

Použité vzorkovací pomůcky: Rýč, krumpáč bez násady – lešenářská trubka.

Příloha 5: Protokol k odběru vzorků luční půdy.



Podpis osoby, která provedla odběry: _____ 

Příloha 6: Protokol k odběru vzorků luční půdy. Mapa sond.

Protokolární záznam o odběru vzorku

Průvodní list odběru vzorků

Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt	Martin Šváb, Na Hamrech 425/24, Krupka. Tel: 724482320
Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků	Ing. Pavel Moravec

Kultura	orná půda
katastrální území	Modlany (okres Teplice): 697711
správní obec	Modlany: 567710
Půdní blok č.	102/1
Velikost v m²	15456
Parcelní čísla	102/1

		Místní měření
Ukazatel	Hodnota	Jednotka
Teplota vzduchu	28	°C
Počasí:	Skoro jasno	

datum odběru:	28.7.2019	Čas odběru:	15:00 – 15:15
Souřadnice odběru:	50°39'04.14"N, 13°54'07.78"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
Řepka olejka		Posklizňové zbytky řepky	

Použité vzorkovací pomůcky:

Podpis osoby, která provedla odběry:



Příloha 7: Protokol k odběru biomasy orné půdy.

Protokolární záznam o odběru vzorku

Průvodní list odběru vzorků

Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt	Martin Šváb, Na Hamrech 425/24, Krupka. Tel: 724482320
Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků	Česká republika/Státní pozemkový úřad

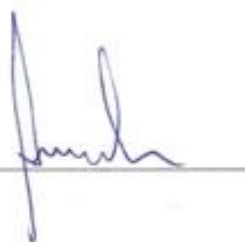
Kultura	louka/ostatní plocha
katastrální území	Modlany (okres Teplice): 697711
správní obec	Modlany: 567710
Půdní blok č.	382/3
Velikost v m²	10369
Parcelní čísla	382/3

		Místní měření
Ukazatel	Hodnota	Jednotka
Teplota vzduchu	28	°C
Počasí:	Skoro jasno	

datum odběru:	28.7.2019	Čas odběru:	15:45 – 16:55
Souřadnice odběru:	50°39'49.04"N, 13°53'10.99"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
Travní porost		Směs trávy a luční květeny	

Použité vzorkovací pomůcky: Srp-

Podpis osoby, která provedla odběry:



Příloha 8: Protokol k odběru biomasy louky.

Protokolární záznam o odběru vzorku

Průvodní list odběru vzorků

Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt	Martin Šváb, Na Hamrech 425/24, Krupka. Tel: 724482320
Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků	Česká republika/Státní statek Jeneč (v likvidaci)

Kultura	les/ostatní plocha
katastrální území	Modlany (okres Teplice): 697711
správní obec	Modlany: 567710
Půdní blok č.	111/2
Velikost v m ²	21979
Parcelní čísla	111/2

		Místní měření
Ukazatel	Hodnota	Jednotka
Teplota vzduchu	28	°C
Počasí:	skorojasno	

datum odběru:	28.7.2019	Čas odběru:	16:45 – 17:05
Souřadnice odběru:	50°39'14.83"N, 13°54'09.11"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
Směs náletu listnáčů a bylinného patra			

Použité vzorkovací pomůcky: Mačeta, zahradnické nůžky.-

Podpis osoby, která provedla odběry:



Příloha 9: Protokol k odběru biomasy lesa.

