

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



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

Lysá nad Labem

Bakalářská práce

Autor práce: Petr Bouška

Vedoucí práce: doc. RNDr. Emilie Pecharová, CSc.

Praha, 2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Petr Bouška

Krajinářství

Územní technická a správní služba

Název práce

Sledování množství ¹³⁷Cs v půdě a vegetaci a plošné měření dávkového příkonu na vybraných lokalitách – Lysá nad Labem

Název anglicky

Monitoring of ¹³⁷Cs in Soil and Vegetation and Area Measurement of Dose Rate at Selected Localities – Lysá nad Labem

Cíle práce

Cílem práce je odebrat reálné vzorky půdy a vegetace v oblasti. Projekt je řešen ve spolupráci se Státním ústavem radiační ochrany jako pilotní projekt pro hodnocení rezidua ¹³⁷Cs po havarii v Černobylu. Predikce vývoje radiační situace je možné založit na extenzivním průzkumu půd a následně vyhodnotit případné přestupy ¹³⁷Cs 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. směšného 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 „pokojové 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 (μ Sv/h) detektorem Safecast bGeigie Nano.

Doporučený rozsah práce

35 stran

Klíčová slova

Biomasa, půda, cesium, kontaminace, radionuklidy

Doporučené zdroje informací

1. Databáze SÚRO – Kontaminace půdy ČR ^{137}Cs ČR po havárii JE Černobyl (v excelu) (poskytnutá SURO)
2. Rulík, P., Helebrant, J.: Mapa kontaminace půdy České republiky ^{137}Cs 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

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. RNDr. Emilie Pecharová, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 23. 11. 2019

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 11. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 23. 03. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „Sledování množství ^{137}Cs v půdě a vegetaci a plošné měření dávkového příkonu na vybraných lokalitách – Lysá nad Labem“ vypracoval samostatně pod vedením doc. RNDr. Emilie Pecharové, CSc., a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze, dne 14. 5. 2020

.....

Poděkování

Děkuji paní doc. RNDr. Emilii Pecharové CSc. za odborné vedení, cenné připomínky, ochotu a poskytnuté rady při vypracování této bakalářské práce. Rád bych také poděkoval pracovníkům Státního ústavu radiační ochrany v Praze, kteří se podíleli na zpracování a vyhodnocení vzorků pro moji práci. Touto cestou bych rád poděkoval kolegům, Michaele Voříškové, Radku Šoltýsovi, Václavu Makowskému a Martinu Švábovi se kterými jsem studoval a za jejich podporu v průběhu studia. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině za podporu a trpělivost během mého studia.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá studií kontaminace půd radionuklidem ^{137}Cs a následným transferem do biomasy, kterým bylo naše území kontaminováno po výbuchu jaderné elektrárny Černobyl, roku 1986. Na vybrané lokalitě jsem nejprve v roce 2018 provedl odběr půdních vzorků, které byly odeslány do Státního ústavu radiační ochrany (SÚRO). Následující rok došlo k odebrání vzorků biomasy v oblasti odběru vzorku půd a odeslání na SÚRO, tak aby mohlo dojít k porovnání transferu. Ve stejné oblasti odebraných vzorků půd a biomasy bylo provedeno měření dávkového příkonu, pomocí přístroje Safecast bGegie Nano. Veškeré výsledné hodnoty jsem nejprve porovnal v mojí oblasti odběrů, následně pak s kolegy, kteří prováděli průzkum v jiných oblastech ČR a samozřejmě s hodnoty měření roku 1986, bezprostředně po výbuchu JE Černobyl a následné kontaminaci našeho území.

V bakalářské práci se snažím stručně popsat jak a čím jsou půdy kontaminovány, co je to radioaktivita a druhy radionuklidů. Zároveň pak stručně charakterizuji svojí lokalitu k.ú. Lysé nad Labem a její významné bioregiony. Podrobně je pak popsána metodika odběru půd a biomasy, měření dávkového příkonu a následné výsledky vzešlé z odběrů a měření. Na závěr porovnávám výsledné hodnoty mých kolegů v jiných oblastech ČR a hodnotami z roku 1986 po výbuchu JE Černobyl.

Klíčová slova: biomasa, půda, cesium, kontaminace, radionuklidy

Abstract

This bachelor thesis provides insight to the Chernobyl nuclear powerplant catastrophe in 1986. Specifically, the thesis will provide a study of the contamination of soil by radionuclide ^{137}C and its subsequent transfer to biomass. The study started with collecting soil samples and sending them to the National Radiation Protection Institute in 2018. Biomass samples were collected in 2019 at the same location and sent to NRPI for comparison with the soil samples.

A dose rate measurement was performed in the same area where the soil and biomass samples were retrieved with Safecast bGenie Nano device. The results comparison was done in two parts. First the results were compared with measurements taken from the sample area and after with colleagues who conducted similar surveys in other areas of Czechia. Second, the measurements were compared with the values taken in 1986, immediately after the Chernobyl nuclear power plant catastrophe and subsequent contamination of Czechia.

The bachelor thesis will describe what is radioactivity, the different types of radionuclides and how and with what are the soils contaminated where the samples were taken. There will be a brief exposure to the cadastral territory of Lysá nad Labem and its significant bioregions. The methodology of soil and biomass collection, dose rate measurement and subsequent results from sampling and measurement have been described in detail. Finally, an analysis of values taken from other areas of Czechia and values taken after Chernobyl incident is provided.

Key words: biomass, soil, cesium, contamination, radionuclides

Seznam použitých zkratk

k.ú.	katastrální území
SSSR	Svaz sovětských socialistických republik
SÚRO	Státní ústav radiační ochrany
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
TK	Transferový koeficient
Am	Hmotnostní aktivita
JE	Jaderná elektrárna

Obsah

Seznam použitých zkratk	8
1. Úvod	11
2. Cíle práce	12
3. Literární rešerše	13
3.1. Biomasa.....	13
3.2. Půda	13
3.3. Kontaminace půdy	14
3.3.1. Potenciálně rizikové prvky	15
3.3.2. Perzistentní organické polutanty	16
3.4. Následky kontaminace půdy	16
3.5. Radioaktivita	16
3.6. Radionuklidy	17
3.6.1. Přírodní radionuklidy.....	17
3.7. Cesium	19
3.8. Jaderný výbuch v Černobylu.....	19
3.9. Havárie jaderné elektrárny Fukušima.....	20
4. Charakteristika vybraného katastrálního území	22
4.1. Charakteristika katastrálního území Lysá nad Labem	22
4.2. Významné bioregiony k. ú. Lysá nad Labem.....	23
5. Metodika	25
5.1. Určení zájmové oblasti.....	25
5.2. Odběr půdních vzorků a následné zpracování	25
5.3. Měření dávkového příkonu.....	28
5.4. Odběr biomasy a následné zpracování	29
6. Výsledky	32
6.1. Hodnoty vzorků půd	32
6.2. Hodnoty vzorků biomasy.....	34
6.3. Výsledný transferový koeficient.....	35
6.4. Hodnoty z měření dávkového příkonu.....	36
7. Diskuze	38
7.1. Porovnání hodnot výsledků rozboru půd v lokalitách pole	38
7.2. Porovnání hodnot výsledků rozboru půd v lokalitách louka	39
7.3. Porovnání hodnot výsledků rozboru půd v lokalitách les	40
7.4. Porovnání hodnot výsledků rozboru biomas v lokalitách pole.....	41
7.5. Porovnání hodnot výsledků rozboru biomas v lokalitách louka.....	42
7.6. Porovnání hodnot výsledků rozboru biomas v lokalitách les.....	43
7.7. Porovnání hodnot výsledků plošné aktivity.....	44

8. Závěr	46
9. Přehled literatury a použitých zdrojů	47
Literatura	47
Internetové zdroje:	48
10. Přílohy	51

1. Úvod

Lidská činnost, zejména při snaze o dosažení zisku, snaze zmírnění dopadu průmyslové výroby na životní prostředí nebo substituce zdrojů při výrobě energie, může způsobit i negativní vliv či dopad než-li pozitivní. Toto je i případ výbuchu v JE Černobyl na Ukrajině v roce 1986.

Po havárii dopadl na území ČR radioaktivní izotop ^{137}Cs vzniklý jaderným štěpením. Následně zde došlo ke kontaminaci půdy. Půda tím přišla o základní funkce a škodlivé látky vstoupily přes kořenový systém přímo do rostlin, zemědělských plodin, čímž se kontaminované látky dostaly do potravního řetězce a ovlivnily podzemní i povrchové vody.

Výzkum kontaminace půd a vyhodnocování dopadů sloužil a i stále slouží pro zjištění radiační situace na území ČR.

Mnou uskutečněná měření, odběr půd a biomasy, ve vybrané lokalitě k.ú. 689505 Lysá nad Labem, s cílem stanovení transferových koeficientů a hodnocení rezidua ^{137}Cs po havárii v JE Černobyl. Veškerá měření probíhala ve spolupráci se Státním ústavem radiační ochrany, kde z odebraných vzorků a naměřených hodnot lze nové výsledky roku 2019, které jsou jednoznačně nižší, porovnat s hodnotami naměřenými po kontaminaci ČR v roce 1986. Tento projekt byl podpořen Bezpečnostním výzkumem Ministerstva vnitra, projekt VI20192022153 „Optimalizace postupů pro realizaci rostlinné výroby na území zasaženém jadernou havárií“.

Kontinuálně s mým měřením a odběrem půd a biomasy probíhal výzkum mých kolegů v jiných k.ú. ČR. Veškeré výsledné hodnoty byly porovnány v rámci stejné metodiky a druhu odběrů.

2. Cíle práce

Cílem práce je odebrat reálné vzorky půd a zemědělských plodin eventuálně vegetace v oblasti Lysá nad Labem pro stanovení transferových koeficientů půda – rostlina. Projekt vznikl ve spolupráci se Státním ústavem radiační ochrany jako pilotní projekt pro hodnocení rezidua ^{137}Cs po havarii v JE Černobyl. Predikce vývoje radiační situace je možné založit na extenzivním průzkumu půd a následně vyhodnotit přestupy ^{137}Cs z půd do rostlin.

3. Literární řešení

3.1. Biomasa

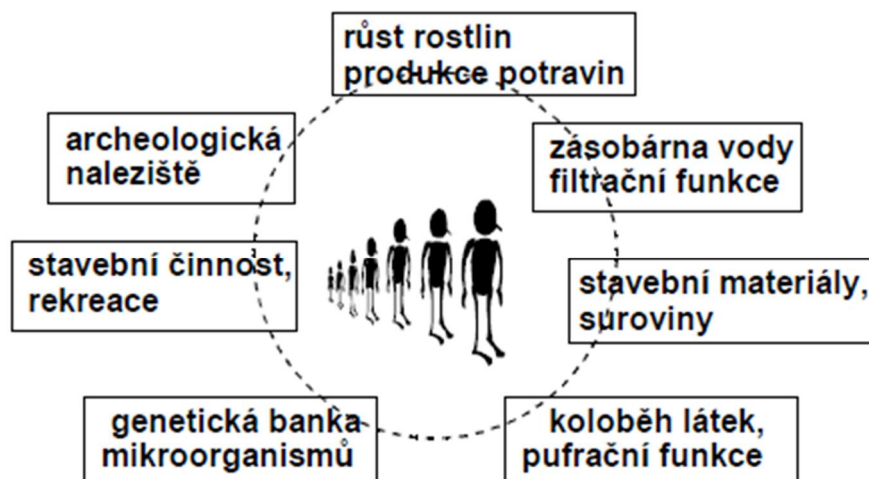
Biomasa je organická hmota zahrnující veškerou živou přírodu, jak rostlinného, tak i živočišného původu. Považuje se také za hlavní zdroj obnovitelných zdrojů energie. Toto tvrzení je dáno i tím, že základem biomasy je uhlík (Titirici, Antonietti, Baccile, 2008, URL 9, URL 10).

3.2. Půda

„Půda je samostatný přírodní útvar vzniklý z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků za působení půdotvorných faktorů“ (URL 11).

Jedná se o dynamický živý systém, který se stále vyvíjí a je to naše nejcennější přírodní bohatství. Bohatství půdy netkví jen v tom, že je nezbytná pro půdní organismy, vegetaci a pěstování užitkových rostlin, ale také jako úložiště či zdroj rizikových látek. Význam půdy roste ruku v ruce s nárůstem lidské populace. Půda jako snadno dostupný přírodní zdroj by neměla být znehodnocována, ničena či dokonce zcela zničena. Na toto by měl myslet každý člověk a uvědomit si význam těchto zdrojů jelikož jsme na nich jako lidstvo existenčně závislé (Kolářová, 2009, URL 11).

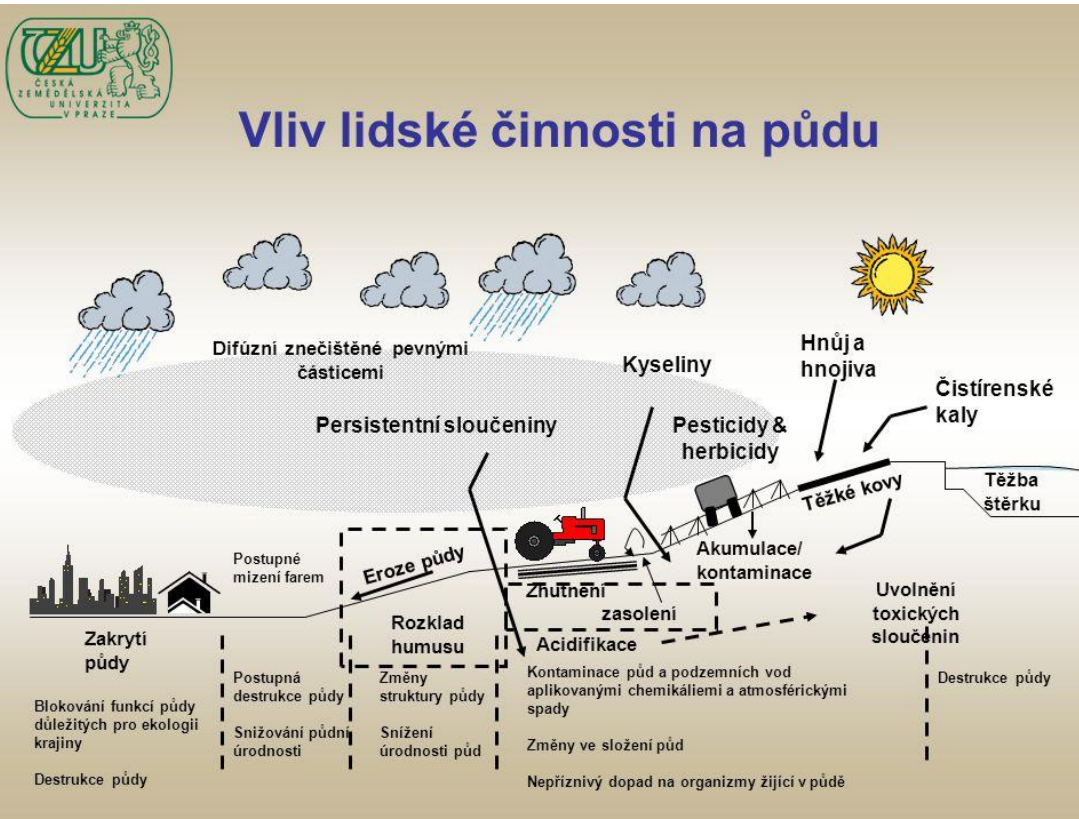
Hlavní funkci půdy nelze jednoznačně určit s ohledem jak složité vazby v ekosystému půda má. Plní funkci v potravním řetězci, jehož je základním článkem. Dále je půda prostředím pro růst rostlin a zásobárna vody, pro kterou slouží jako filtrační čistící prostředí. Půda slouží i jako zdroj pro stavební materiály a suroviny, ze kterých jsou stavby umístěné na půdě (obr. č. 1) (Kolářová, 2009, URL 11).



Obr. č. 1: Schématické znázornění funkcí půdy a rámcové oblasti pro hodnocení funkcí půdy
Zdroj: URL 11.

3.3. Kontaminace půdy

Ke kontaminaci půdy dochází při zvýšeném obsahu rizikových látek v půdě. Zvýšení rizikových látek, jako jsou radioaktivní látky, kyanidy či jiné chemikálie, je dáno zpravidla činností člověka (antropogenní) (obrázek č. 2: Vliv lidské činnosti na půdu). Tyto škodlivé látky se dostávají do půdy při haváriích, vypouštěním odpadních vod, používání agrochemikálií nebo také z nezabezpečených odpadních skládek. Zejména znečištění půdy těžkými kovy je problematické a to díky schopnosti kumulace v půdě (Kolářová, 2009, Zhu, Shaw, 2000, URL 12, URL 13).



Obr. č. 2: Schématické znázornění vlivu lidské činnosti na půdu Zdroj: PowerPointPrezentace: Půdní politika a legislativa EU, Kozák J., ČZU Praha (<https://slideplayer.cz/slide/3112431/>)

Nicméně existuje i kontaminace půdy způsobena přírodními zdroji, např. organickými polutanty (požáry nezávislé na lidské činnosti, vulkanickou činností, atd.) (Kolářová, 2009, URL 12, URL 13).

Kontaminanty neboli látky, které znečišťují životní prostředí, můžeme rozdělit do dvou skupin (URL 12).

3.3.1. Potenciálně rizikové prvky

Do této skupiny zahrnujeme kovy a metaloidy, které zapříčiňují toxicitu živých organismů. Tyto přirozeně se vyskytující prvky v přírodě nejsou pro půdu nijak rizikové až do doby, než se jejich koncentrace zvýší. Antropogenní zdroje zahrnují imisní spady z průmyslové činnosti, procesy při spalování a dopravu. Používání pesticidů, nekvalitních organických látek nebo průmyslových hnojiv kontaminuje zejména zemědělskou půdu (URL 12).

3.3.2. Perzistentní organické polutanty

Tato skupina látek antropogenního či přírodního původu je velmi rozsáhlá. Polutanty antropogenní dělíme ještě na záměrně vyráběné látky, vedlejší produkty výroby či produkty spalování. Míra kontaminace je dána intenzitou, s jakou jsou rizikové látky používány a také stupněm industrializace (Bernes, 1998, URL 12).

3.4. Následky kontaminace půdy

V případě, že půda je kontaminována, dochází k narušení jejích základních funkcí (pozitivní vliv půdních mikroorganismů na rostliny, proces humifikace, atd.). Kontaminované látky obsažené v půdě vstupují do rostlin. Přesun rizikových látek z půdy do rostlin se děje prostřednictvím kořenové soustavy rostlin. Rostliny díky kontaminaci nedorůstají do obvyklých velikostí a například u zemědělských rostlin nedochází k takovým výnosům, které by jinak rostlina vyprodukovala. Významnou roli hraje, i z důvodu redukce růstu, nedostatečná ochrana půdního povrchu rostlinným pokryvem. Toto způsobuje degradační procesy, jako je větrná a vodní eroze daná odnosem půdních částic (Hillel, 2007, URL 12, URL 13).

Kontaminace půdy může ovlivnit také podzemní i povrchové vody. Dalšími přírodními procesy se kontaminované částice mohou dostat do říčních a rybníčních dnových sedimentů. Pokud se osoby či jiný živý organismus bude pohybovat a přicházet do styku s kontaminovaným prostředím (půda, rostliny, voda) může dojít k ohrožení zdraví či vitality a to inhalační, orální a dermální cestou (URL 12, URL 13).

Kontaminace jako taková je celosvětový problém již několik desetiletí. Dopady jsou rozsáhlé a industrializací, zvyšováním nároků na užívání strojů, automobilů, hospodářským růstem a lidským konzumním přístupem, je kontaminace chlebem všedního dne.

3.5. Radioaktivita

Antoine Henri Becquerel v roce 1896 objevil, že určitá atomová jádra jsou schopna vysílat záření a tím zajistit zdroj energie. Nejen toto se v přírodě děje naprosto přirozeně, ale také i to, že při radiaci se jeden prvek přemění v druhý. Radioaktivní nebo také ionizující látky jsou takové, které uvnitř atomových jader přemění jejich složení nebo jejich energetický stav (URL 19).

K přeměně atomového jádra dochází dvojím způsobem. Spontánní štěpení se váže k nestabilním radionuklidům, při kterém vzniká tzv. štěpná reakce. Štěpná reakce má za následek rozpad jádra po dopadu subatomární částice na jádra lehčích prvků. Druhý způsob je jaderná reakce neboli kolize s jinou částí. U jaderné fúze dochází ke slučování jader (URL 20, URL 21, URL 22).

Při radioaktivní přeměně vznikají tři druhy záření: záření alfa α (proud jader helia), záření beta β (proud specificky nabitých elektronů) a záření gama γ (elektromagnetické záření vysoké frekvence) (URL 20).

Radioaktivita přirozená pojednává o radionuklidech běžně se vyskytujících v přírodě. V tomto případě se atomové jádro přeměňuje zcela samovolně např. u uranu. Na rozdíl od umělé radioaktivity, která radionuklidy získává vnějším umělým zásahem (Hálová, 2012, URL 5).

3.6. Radionuklidy

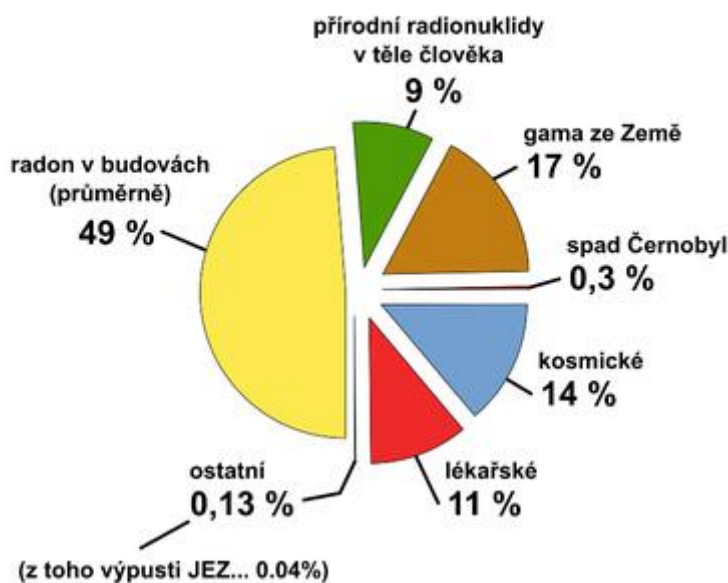
Radionuklid je nestabilní látka složená z atomů stejného prvku podléhající přeměně. Tyto látky jsou obsaženy v přírodě již odnepaměti. Velký progres nastal po objevu radioaktivity člověkem (Hálová, 2012, Tölgyessy, Harangozó, 2005).

Za primární a nejvýznamnější radionuklid se považuje uran, ve kterém byla radioaktivita objevena. Hlavní využití tohoto chemického prvku je v jaderné technice jako štěpný materiál (URL 21).

3.6.1. Přírodní radionuklidy

Přírodní radionuklidy jsou součástí naší planety již od jejího zrodu (Hálová, 2012). Díky těmto přírodním zdrojům je obyvatelstvo vystaveno přirozeně největšímu ozáření (obr. č. 3) (URL 6).

Rozdělení dávek obyvatelstvu



Obr. č. 3: Rozdělení dávek radioaktivním ozářením obyvatelstvu Zdroj: URL 6.

Přirodní radionuklidy lze dále členit na primární, sekundární a kosmogenní (Hálová, 2012, Eisenbud, Gesell, 1997).

3.6.2. Primární radionuklidy

Vznikly termionukleárními reakcemi ve vnitřních hvězdách při kosmické nukleogenezi. Jako součást planety Země se staly při formování Sluneční soustavy cca před 5 miliardami let. Toto tvrzení dokládají pouze radionuklidy s dlouhým poločasem přeměny a to více jak 10^8 let. Mezi tyto primární radionuklidy řadíme uran $^{235,238}\text{U}$ (nejvýznamnější radionuklid), thorium ^{232}Th a draslík ^{40}K (nejrozšířenější radionuklid v přírodě) (Kónya, Nagy, 2012, URL 7).

3.6.3. Sekundární radionuklidy

Rozpadem jader primárních radionuklidů vzniká řada sekundárních radionuklidů. Radioaktivní rozpadové řady, tvořené těmito radionuklidy, členíme do tří druhů: uranu ^{238}U , uranu ^{235}U a thoria ^{232}Th (URL 7).

3.6.4. Kosmogenní radionuklid

Při průchodu kosmického záření zemskou atmosférou dochází k jaderným reakcím, při kterých jsou tvořeny další přirodní radionuklidy. Řadíme sem tritium ^3H a uhlík ^{14}C (Holland, Turekian, 2003, URL 7).

Jednotlivé sloučeniny výše uvedených radionuklidů se dostávají do ovzduší, vod a půdy. Díky tomu se radiace dostává do potravního řetězce a z něho do živočichů i lidí (URL 7).

3.7. Cesium

Cesium je těžší alkalický kov s chemickou značkou Cs. Díky tomu, že se jedná o alkalický kov, který patří k vysoce reaktivním kovům, dokáže vyvolat explozivní reakci v případě, že se dostane do styku se studenou vodou. Primární využití cesia bylo pro výzkum a vývoj v chemických a elektrických aplikacích (Kaňková, 2007).

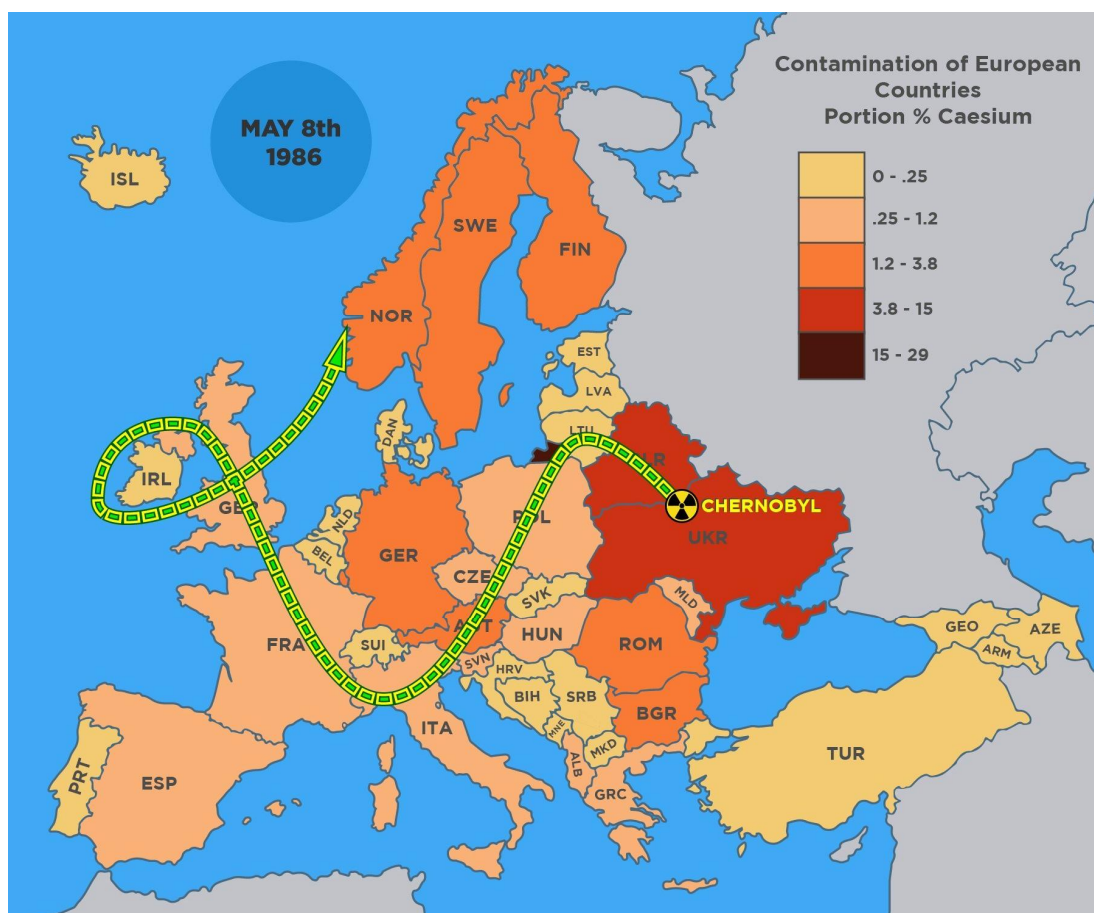
Z 11 hlavních radioaktivních izotopů má Cesium pouze 3, které mají dlouhý poločas rozpadu. A jedním z těch tří je námi sledovaný ^{137}Cs s poločasem rozpadu neboli poločasem přeměny 30,07 let. Tento radioaktivní izotop cesia vzniká jaderným štěpením. Nejčastěji dochází ke štěpení atomu plutonia nebo uranu – 235 (Kaňková, 2007).

3.8. Jaderný výbuch v Černobylu

Ministerstvo energetiky SSSR vybralo Ukrajinské město Černobyl pro výstavbu nové jaderné elektrárny V. I. Lenina. Lokalita pro výstavbu, která leží asi 20 km od města Černobylu, byla vybrána na základě nízkého počtu obyvatel a blízkosti řeky Pripjať. Výstavba jaderné elektrárny započala roku 1970 a s 12 reaktory, každý o výkonu 1000MW, se měla zařadit na první místo v celosvětovém měřítku. Elektrárna byla součástí vojenského programu. Společně s výstavbou elektrárny začala i výstavba satelitního města Pripjať. S puštěním prvního reaktoru v roce 1977 žilo v Pripjati 14000 lidí. Do roku 1986 se počet obyvatel Pripjati téměř zčtyřnásobil (Kaňková, 2007, URL 8).

V den nehody jaderné elektrárny tj. 26. dubna 1986 byly hotové 4 reaktory a 2 další ve výstavbě. Ve čtvrtém reaktoru došlo k výbuchu. Výbuchy byly zapříčiněny z přehřátí paliva a následného zničení jádra po špatně provedeném experimentu. Dalšími příčinami výbuchu bylo selhání lidského faktoru (provedení testu nedostatečně zkušenými pracovníky) a nízká míra zabezpečení celé jaderné elektrárny. Radioaktivní látky, které se díky výbuchu dostaly až do výšky 1,5 km, vítr roznesl přes celou Evropu a plošně tyto oblasti kontaminoval radioaktivním prachem. I přesto, že je elektrárna od roku 2000 odstavena z provozu, tak zde stále pracuje asi

2500 lidí, kteří mají za úkol likvidaci jaderného paliva, tok elektrické energie a radiální bezpečnost. Další tisíce pracovníků se podílelo na výstavbě nového bezpečnostního krytu, na havarovaný blok elektrárny, dokončeného v roce 2017. Kontaminovaná oblast se stala v roce 2016 přírodní rezervací s velkým počtem volně žijících živočichů (Kaňková, 2007, URL 8).



Obr. č. 4: Schématické znázornění zásahu Evropy mrakem radioaktivního prachu po výbuchu v jaderné elektrárně Černobyl Zdroj: URL 8.

3.9. Havárie jaderné elektrárny Fukušima

Po Černobylské havárii je další významnou havárií, označenou na stupnici INES číslem 7, havárie v jaderné elektrárně v Japonsku ve Fukušimě. Jaderná havárie se stala 11. března 2011 při přírodní katastrofě ve formě zemětřesení a vlny cunami, která zatopila elektrárnu (Song, Kim, 2014). Po zatopení elektrárny došlo k explozím a následnému úniku radioaktivních částic, které kontaminovaly vzduch, půdu i vodu. Stejně jako u Černobylské elektrárny došlo i zde k podcenění bezpečnosti (Stan-Sion, 2019, URL 14, URL 15, URL 16).

Lokalita jaderné elektrárny Fukušima, která se nachází blízko Tichého oceánu, zapříčinila možnost kontaminace oceánu díky radioaktivním podzemním vodám. Oceán je ohrožen i uvažovanou řízenou kontaminací mořské vody. Důvodem je již blížící se naplnění limitů skladované kontaminované vody, která byla použita při havárii pro ochlazení jádra reaktorů elektrárny (URL 14, URL 15, URL 16).

Tato havárie znovu otevřela otázky ohledně bezpečnosti jaderné energie. Dala vzniknout nové formě jaderného regulačního úřadu a také k odstavení několika jaderných elektráren (URL 14, URL 15, URL 16).

4. Charakteristika vybraného katastrálního území

4.1. Charakteristika katastrálního území Lysá nad Labem

Vybraná lokalita k.ú.: 689505 Lysá nad Labem s výměrou 30,82 km² se nachází ve Středočeském kraji. Největší podíl na celkové výměře daného území se podílí orná půda a to 15,10 km² (URL 1). Katastrální území Lysé nad Labem spadá do Polabského regionu, jehož rozsáhlost obsahuje Terezínskou, Mělnickou a Nymburskou kotlinu v nejnižší části české tabule s celkovou plochou 1 188 km² (Culek, 2013). Město Lysá nad Labem leží v blízkosti řeky Labe a ta přispívá k úrodnosti oblasti. Bohužel se v současnosti Labe i jeho přítoky potýkají se znečištěním, které hubí všechny části fauny i flory (Culek, 2013, URL 3).

Charakteristickým rysem bioregionu je katéna niv, středních a nízkých teras, ve kterých převažují borové doubravy a jsou zde i hojné kulturní bory. Kdežto pro podmáčené sníženiny jsou typické černavy. Oblast je značně zastavěna, ale i přesto jsou v krajině zastoupeny nivní louky a již zmíněný významný podíl orné půdy. Niva Labe je také formována početnými pozůstatky nezaplavovaných lužních lesů, mrtvých ramen řeky a fragmenty slatin (Culek, 2013).



Obr. č. 5: Odběrná místa Lysá nad Labem.
Podklad: (<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>) (detailizace Bouška)

Legenda:

▬ odběrné místo les ▲ odběrné místo pole ● odběrné místo louka

4.2. Významné bioregiony k. ú. Lysá nad Labem

Koryto Labe se vlivem času a klimatických podmínek změnilo z původního širokého koryta s velkými meandry tzv. zákruty na koryto s hojnou sítí opuštěných meandrů, které přechází do slatin či tzv. černav. V blízkém okolí Lysé nad Labem se nachází s výměrou 0,52 km² Hrabanovská černava, která byla v roce 1930 vyhlášena národní přírodní památkou. „ Tato národní přírodní památka Hrabanovská černava chrání polabskou černavu na podloží sladkovodní křídly a vápnatého slatinného ložiska

s mokřadními a lučními společenstvy vzácných vodních makrofyt, litorálních porostů, mírně halofilními společenstvy, společenstvy různých typů vápničných slatinišť, společenstvy vysokých ostřic a střídavě vlhkých bezkolencových luk. Rovněž zajišťuje vhodné prostředí pro širokolisté suché trávníky a fragmenty psamofilních společenstev, vzácné a ohrožené druhy rostlin a živočichů. Zmíněná oblast je přívětivá pro populaci kriticky ohroženého druhu rostliny šásina rezavá.“ (Agentura ochrany přírody a krajiny ČR) (URL 4).

V této soustavě zazemněných jezer je typické kolísání vodní hladiny a tím významně působí na vegetaci i zoocenózu. Součástí Hrabanovské černavy je také vybudován odvodňovací systém, díky kterému zde řada vyskytujících se vzácných druhů vymizela (URL 4).

Nejen Hrabanovské černavy jsou přírodní zajímavostí v dané lokalitě. Další významnou oblastí jsou Hladoměřské mokřady vybudované ze stejnojmenného rybníku. Účel transformace rybníku v mokřady slouží k rozvoji rozmanitosti fauny (URL 2).

5. Metodika

5.1. Určení zájmové oblasti

Pro vybrání vhodné lokality zájmové oblasti v blízkosti mého bydliště bylo důležité zastoupení zemědělského půdního fondu a lesních porostů. Lokalizace byla provedena na základě tabulky „průzkum půd 1986“ které bylo provedeno při celostátním průzkumu v daném roce. Mojí zájmovou oblastí v okrese Nymburk byla Lysá nad Labem, která při odběru vzorku půd ve zmiňovaném roce 1986 vykazovala hodnotu přítomnosti radioaktivního izotopu ^{137}Cs 8,98 [kBq.m⁻²]. Přesnější lokalizace daných oblastí, tj. orná půda, lesní porost a louka byla určena v katastrální mapě ČÚZK.

5.2. Odběr půdních vzorků a následné zpracování

Odběry byly provedeny na mnou zvolených lokalitách v daném k. ú., kde jsem si vytipoval 3 místa pro fyzický odběr půdních vzorků. K odběru jsem použil rýč, krumpáč, lopatu, lopatku, odběrový plastový pytel, metr a mobilní telefon. Nejprve jsem rýčem vyhloubil díru, zhruba o velikosti 25x25 cm a z ní postupně pomocí lopaty, případně lopatky odebíral vzorky půdních horizontů, na obrázku č. 6 označených jako vzorek A1.x až vzorek C1.x, do předem připravených plastových pytlů, které byly označeny stejným způsobem. A takto bylo opakováno na všech 3 sondách daných lokalit orné půdy, louky, vyjma lokality lesního porostu, kde vzhledem k velké vrstvě písčitého podkladu, byly odkryty pouze 2 vrstvy. Množství odebíraných půd bylo stanoveno kolem 1,5-2 kg, tak aby odpovídalo finálnímu stavu vzorku půd předávaného do SÚRO, v.v.i., Bartoškova 1450/28, 140 00 PRAHA 4 - Nusle.



Obr. č. 6 Půdní horizonty Zdroj: fotoarchiv Bouška (upraveno PowerPoint)

Po fyzickém odebrání půd byly metrem definovány příslušné půdní horizonty (obr. č. 6). Následně byla provedena fotodokumentace pomocí mobilního telefonu. Jako poslední byly hodnoty zapsány do Protokolárního záznamu o odběru vzorku, zároveň byly do protokolu zaznačeny GPS souřadnice, určené pomocí mobilního telefonu a dále pak datum + čas a povětrnostní podmínky při odběru. Protokolární záznam o odběru vzorku je součástí příloh této práce a samozřejmě byl i součástí odesílání vzorků půd do SÚRO. Po příjezdu domů jsem vysypal půdy z jednotlivých plastových pytlů na předem připravené, čisté archy papírů, které byly znovu označeny, tak aby nedošlo k záměně vzorků a tím znehodnocení celkových výsledků. Vzorky byly následně sušeny při pokojové teplotě zhruba tři týdny. Po jejich usušení jsem vzorky začal zpracovávat. Nejprve jsem odstranil hrubé částice (kamení, kořínky) a poté rozdrtil větší, hrubší části půd. Následovalo přesívání do předem

připravené plastové nádoby o objemu 1L. Po každém naplnění kelímku danou sondou jsem kelímek uzavřel, na víčko znovu zaznamenal lokalitu a o jaký se jednalo vzorek půdního horizontu. Jako poslední byl ke kelímku přilepen protokol o odběru vzorku, který přesněji specifikoval místo odběru (obr. č. 7). Takto připravené kelímky ze všech lokalit byly následně odvezeny do kanceláře vedoucí práce, paní doc. RNDr. Emílii Pecharové CSc., kde byly shromážděny spolu se vzorky ostatních kolegů pracujících na stejné práci v různých lokalitách ČR. Poté byly všechny vzorky předány na SÚRO.

Protokolární záznam o odběru vzorku

Průvodní list odběru vzorků

Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt	Petr Bouška, Všejanya č.e.4 Tel: 605 970 587
Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků	Parcela není zapsána na LV

Kultura	Orná půda
katastrální území	Lysá nad Labem (689505)
správní obec	Lysá nad Labem (537454)
Půdní blok č.	2536
Velikost v ha	6,411 ha
Parcelní čísla	2536/2, 2536/3

	Hodnota	Místní měření Jednotka
Ukazatel		
Teplota vzduchu	19	°C
Počasí:	jasno	

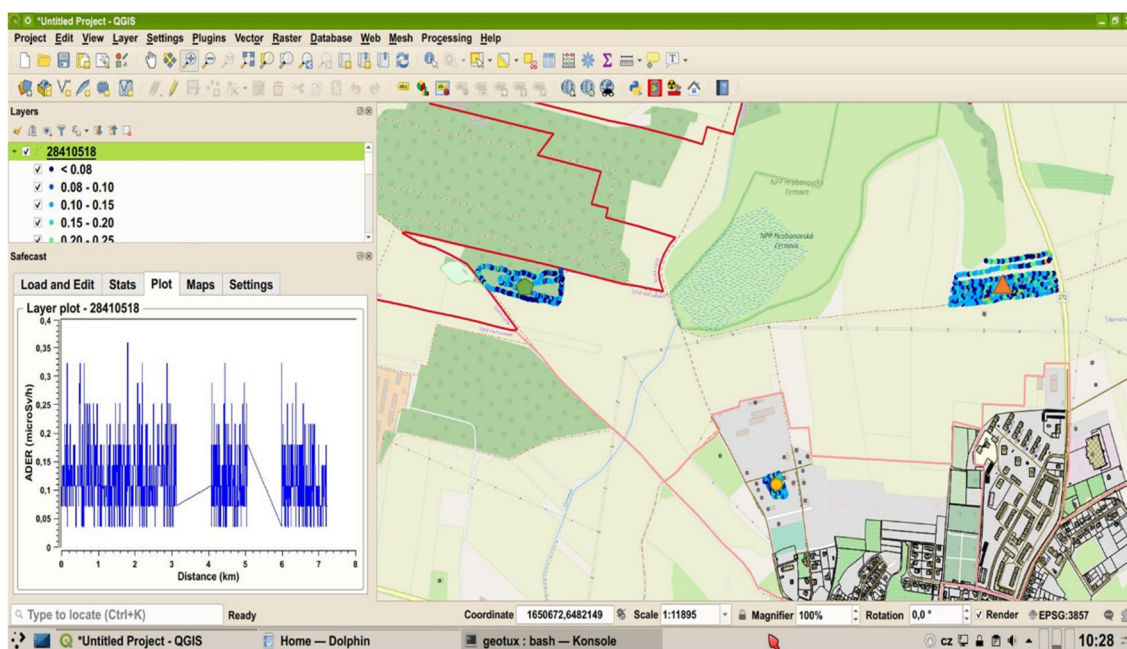
datum odběru:	14. 10. 2018	Čas odběru:	12:40 – 13:10
Souřadnice odběru:	50°12'54.07"N, 14°50'28.28"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.1	0 – 15 cm		
B 1.1	15 – 33 cm		
C 1.1	33 – 50 cm		
datum odběru:	14. 10. 2018	Čas odběru:	13:15 – 13:40
Souřadnice odběru:	50°12'51.92"N, 14°50'26.89"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.2	0 – 12 cm		
B 1.2	12 – 32 cm		
C 1.2	32 – 50 cm		
datum odběru:	14. 10. 2018	Čas odběru:	13:45 – 14:05
Souřadnice odběru:	50°12'52.96"N, 14°50'41.27"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.3	0 – 15 cm		
B 1.3	15 – 35 cm		
C 1.3	35 – 50 cm		

Použité vzorkovací pomůcky: Rýč, lopata, plast. kelímek, metr

Obr. č. 7: Protokolární záznam o odběru vzorku půd

5.3. Měření dávkového příkonu

V oblasti mnou odebíraných vzorků půd bylo 18. 5. 2019 provedeno měření dávkového příkonu, pomocí přístroje Safecast bGegie Nano (výrobní číslo přístroje 2841). Tento přístroj měří ionizující záření alfa, beta a gama v jednotkách mikrosvětů za hodinu [$\mu\text{Sv/h}$]. Do tohoto přístroje je během měření zaznamenáván dávkový příkon, GPS souřadnice měřené oblasti a datum + čas. Před použitím přístroje jsem se důkladně seznámil s jeho fungováním, provedl kontrolu zda je přístroj nabitý a jestli obsahuje paměťovou kartu. Následně jsem se vydal na mé zájmové oblasti. Nejprve jsem začal v lokalitě pole, kde jsem dle návodu přístroj spustil a provedl veškeré úkony, nutné k zaznamenávání dat. Přístroj jsem držel v ruce, zhruba ve vzdálenosti 0,8m nad zemí, čidlem směřovaným k zemi. Poté jsem chodil na zmiňovaném poli z jedné strany na druhou zhruba 35 min. Po ukončení jsem přístroj vypnul a údaje zapsal do protokolu. Stejným způsobem jsem pokračoval na zbylých dvou zájmových oblastech louky a lesa. Po skončení měření jsem z přístroje vyndal paměťovou kartu a naměřená data z ní zálohoval na počítač. Tato data s protokoly byly následně odeslány pomocí e-mailu na SÚRO, od kud byly zpětně zaslány výsledky měření zaznamenané v mapách (obr. č. 8).



Obr. č. 8: Náhled na lokality měření dávkového příkonu (detailizace Bouška)

Legenda:

▬ odběrné místo les ▴ odběrné místo pole ● odběrné místo louka

5.4. Odběr biomasy a následné zpracování

Ve stejných lokalitách, kde byly odebírány vzorky půd, jsem provedl odběr biomasy (obr. č. 10, 11, 12). K odběru jsem použil srp, zahradnické nůžky, kbelíky a odběrové pytle. Na poli proběhl sběr pšenice, kde jsem po žních sebral jak obilku, tak samotná stébla. Obilka byla umístěna přímo do kbelíku a stébla nasbírána do odběrového pytle. Následovalo odběrné místo louky, kdy byla načesána směs kopřiv, trav a lučního kvítí. Vše bylo umístěno do odběrových pytlů. Rozmanitost biomasy byla dána místem odběru, jedná se o neobdělávané pozemky, na kterých není prováděna jakákoliv lidská či zemědělská činnost. Posledním místem odběru biomasy byl les. Zde byly odebrány směsi listů vzrostlých i popadaných stromů, listy keřů a ovocných bylin umístěných do odběrových pytlů a sběr mechových podrostů umístěné do kbelíku. Následně byla provedena fotodokumentace místa odběru biomasy pomocí mobilního telefonu. Po každém sběru na dané lokalitě byly zapsány hodnoty do Protokolárního záznamu o odběru vzorku, zároveň byly do protokolu zaznačeny GPS souřadnice, určené pomocí mobilního telefonu a dále pak datum + čas a povětrnostní podmínky při odběru. Protokolární záznam o odběru vzorku je součástí příloh této práce a samozřejmě byl i součástí odeslání vzorků půd do SÚRO. Po příjezdu domů následovala příprava na sušení biomasy, kde jsem na půdě rozmístil čisté archy papírů, na které ve slabé vrstvě rozházel nasbíranou biomasu ze všech lokalit a vzorky mechů a obilky byly uloženy na čisté papírové archy v bedýnkách. Archy papírů, byly znovu označeny, tak aby nedošlo k záměně vzorků a tím znehodnocení celkových výsledků. Vzorky byly následně sušeny zhruba tři až čtyři týdny. Po jejich usušení jsem vzorky začal zpracovávat. Vzorky mechů a obilky byly přesypány do předem připravených kbelíků, ostatní biomasa byla zkrácena zhruba na 5-10 cm stébla a umístěna do kbelíků. Po každém naplnění kbelíků danou biomasou jsem kbelíky pomocí strečové fólie uzavřel. Ke kbelíku byl přilepen protokol o odběru vzorku, který přesněji specifikoval místo odběru (obr. č. 9). Takto připravené kbelíky ze všech lokalit byly následně odvezeny do kanceláře vedoucí práce, paní doc. RNDr. Emilii Pecharové CSc., kde byly shromážděny spolu se vzorky ostatních kolegů pracujících na stejné práci v různých lokalitách ČR. Po shromáždění byly všechny vzorky předány na SÚRO.

Protokolární záznam o odběru vzorku biomasy

Průvodní list odběru vzorků

Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt	Petr Bouška, Všejanya č.e.4 Tel: 605 970 587
Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků	Parcela není zapsána na LV

Kultura	orná půda
katastrální území	Lysá nad Labem (689505)
správní obec	Lysá nad Labem (537454)
Půdní blok č.	2536
Velikost v ha	6,411 ha
Parcelní čísla	2536/2, 2536/3

Místní měření	29. 7. 2019	
Ukazatel	Hodnota	Jednotka
Teplota vzduchu	21	°C
Počasí:	polojasno	

datum odběru:	29. 7. 2019	Čas odběru:	11:10 – 11:20
Souřadnice odběru:	50°12'54.07"N, 14°50'28.28"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
Pole	1x kýbl	Pšenice - stěbla	
Pole	1x kýbl	Pšenice - obilka	

Obr. č. 9: Protokolární záznam o odběru vzorku biomasy



Obr. č. 10: Odběrné místo pole Zdroj: fotoarchiv Bouška



Obr. č. 11: Odběrné místo louka Zdroj: fotoarchiv Bouška



Obr. č. 12: Odběrné místo les Zdroj: fotoarchiv Bouška

6. Výsledky

6.1. Hodnoty vzorků půd

Výsledné hodnoty z mnou odebraných vzorků půd jsem obdržel ze SÚRO v podobě excelové tabulky. Po vyfiltrování mojí oblasti, tj. Lysá nad Labem, jsem začal zpracovávat tabulky a grafy tak, abych dokázal v bakalářské práci zobrazit finální hodnoty.

Vzorky půd z lokality pole vykazují následující hodnoty (tab. č. 1). Zde je patrná klesající tendence aktivity přítomnosti radioaktivního izotopu ^{137}Cs v jednotlivých vrstvách. Překvapil mě nepatrný rozdíl mezi první a druhou vrstvou, což se dá nejspíše přisoudit k hluboké orbě prováděné na tomto poli. Třetí vrstva, která byla odkrývána zhruba v hloubce 33 cm pod zemí, má již výrazně nižší hodnoty.

název lokality	severní šířka [°]	východní délka [°]	druh vzorku	označení vrstvy	datum odběru	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	číslo z knihy analýz	číslo z knihy měření	korekce na sušinu	aktivita ^{137}Cs [Bq/kg suš.]	kombi. standardní nejistota ^{137}Cs [Bq/kg suš.]	aktivita ^{137}Cs [Bq/m ²]	mocnosti vrstev z jednotlivých odběrů			hustoty vrstev za předpokladu odběrové plochy 20 x 20 cm [g/cm ³] <small>(formálně napočítané z hmotnosti celého vzorku * doplněno do laboratorie a z tloušťky v šech jednotlivých vrstev příslušného typu dohromady)</small>
														1 [cm]	2 [cm]	3 [cm]	
Lysá nad Labem	50,2147	14,8423	orná půda	A1.1 A1.2 A1.3 pole V1	14.10.18	1,32	0,76	509/2019	423/2019	0,983	18,00	2,00		15	12	15	0,0785
Lysá nad Labem	50,2147	14,8423	orná půda	B1.1 B1.2 B1.3 pole V2	14.10.18	1,22	0,74	510/2019	428/2019	0,985	15,00	2,00		18	20	20	0,0526
Lysá nad Labem	50,2147	14,8423	orná půda	C1.1 C1.2 C1.3 pole V3	14.10.18	1,45	0,77	511/2019	429/2019	0,992	2,20	0,20	1113	17	18	15	0,0723

Tab. č. 1: Výsledné hodnoty z odběrného místa pole Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)

Vzorky půd z lokality louka vykazují následující hodnoty (tab. č. 2). I zde je patrná klesající tendence aktivity přítomnosti radioaktivního izotopu ^{137}Cs v jednotlivých vrstvách. V této lokalitě je již rozdíl ve vykazovaných hodnotách přímo úměrný s ohledem na mocnost vrstev.

název lokality	severní šířka [°]	východní délka [°]	druh vzorku	označení vrstvy	datum odběru	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	číslo z knihy analýz	číslo z knihy měření	korekce na sušinu	aktivita ^{137}Cs [Bq/kg suš.]	kombi. standardní nejistota ^{137}Cs [Bq/kg suš.]	aktivita ^{137}Cs [Bq/m ²]	mocnosti vrstev z jednotlivých odběrů			hustoty vrstev za předpokladu odběrové plochy 20 x 20 cm [g/cm ³] <small>(formálně napočítané z hmotnosti celého vzorku * doplněno do laboratorie a z tloušťky v šech jednotlivých vrstev příslušného typu dohromady)</small>
														1 [cm]	2 [cm]	3 [cm]	
Lysá nad Labem	50,2096	14,8318	luční půda	A1.1 A1.2 A1.3 louka V1	14.10.18	1,18	0,86	505/2019	467/2019	0,993	14,00	1,00		20	15	10	0,0654
Lysá nad Labem	50,2096	14,8318	luční půda	B1.1 B1.2 B1.3 louka V2	14.10.18	1,49	0,94	507/2019	490/2019	0,996	4,30	0,40		30	35	20	0,0439
Lysá nad Labem	50,2096	14,8318	luční půda	C1.1 C1.2 C1.3 louka V3	14.10.18	1,55	0,91	508/2019	440/2019	0,996	0,81	0,08	601	10	15	15	0,0968

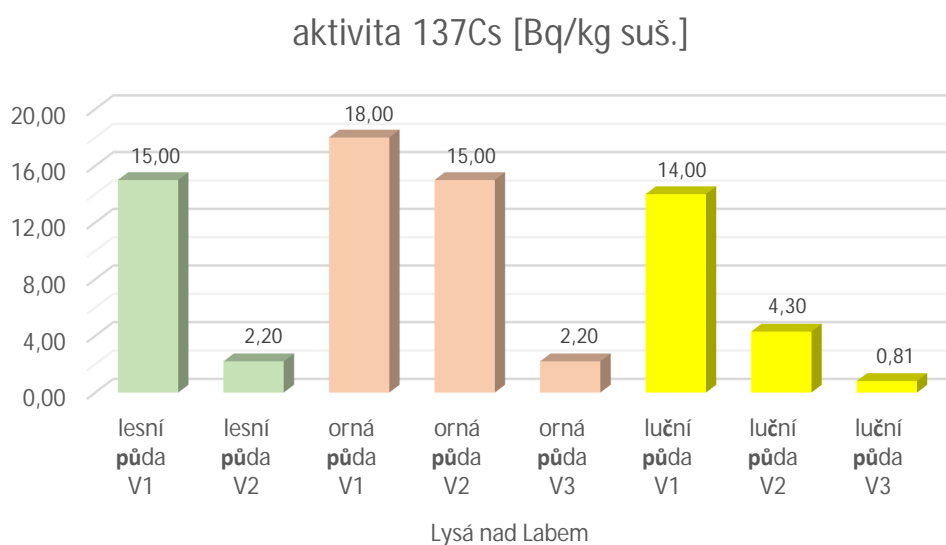
Tab. č. 2: Výsledné hodnoty z odběrného místa louka Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)

Vzorky půd z lokality les vykazují následující hodnoty (tab. č. 3). V této lokalitě byly, vzhledem k písčitému podloží, odkryty pouze dvě vrstvy. Ani tady se nic nezměnilo na klesající tendenci aktivity přítomnosti radioaktivního izotopu ^{137}Cs v jednotlivých vrstvách.

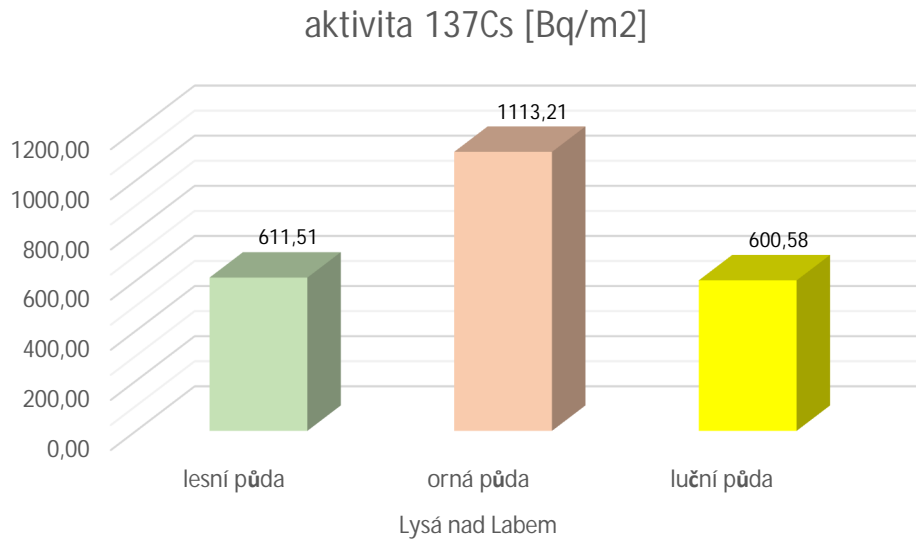
název lokality	severní šířka [°]	východní délka [°]	druh vzorku	označení vrstvy	datum odběru	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	číslo z knihy analýz	číslo z knihy měření	korekce na sušinu	aktivita ^{137}Cs [Bq/kg suš.]	kombi. standardní nejistota ^{137}Cs [Bq/kg suš.]	aktivita ^{137}Cs [Bq/m ²]	mocnosti vrstev z jednotlivých odběrů			hustoty vrstev za předpokladu odběrové plochy 20 x 20 cm [g/cm ³] <small>(fornálně napočítané z hmotnosti celého vzorku - doporučí do laboratoře a z tlačitky v každé jednotlivé vrstvě příslušného typu odhromady)</small>
														1 [cm]	2 [cm]	3 [cm]	
Lysá nad Labem	50,2149	14,8197	lesní půda	A1.1 A1.2 A1.3 les V1	22.10.18	1,40	0,86	513/2019	493/2019	0,991	15,00	2,00		25	40	0	0,0539
Lysá nad Labem	50,2149	14,8197	lesní půda	C1.1 C1.2 C1.3 les V3	22.10.18	1,65	0,92	514/2019	505/2019	0,995	2,20	0,20	612	25	40	0	0,0635

Tab. č. 3: Výsledné hodnoty z odběrného místa les Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)

Následuje graf hodnot aktivity ^{137}Cs ve vrstvách a graf plošné aktivity ^{137}Cs . V těchto grafech jsou znázorněny hodnoty popsané v tabulkách výše uvedených lokalit.



Graf č. 1: Výsledná hodnota aktivity ^{137}Cs ve vrstvách Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)



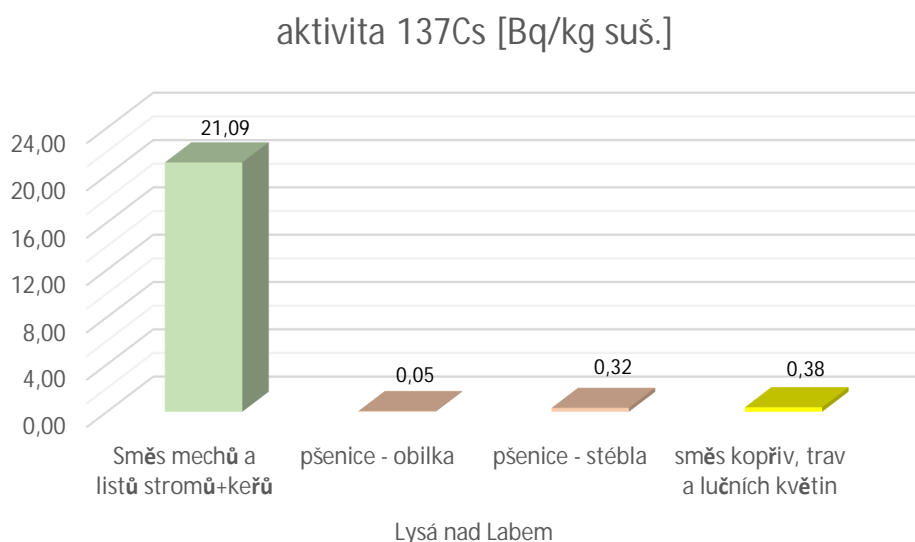
Graf č. 2: Výsledná hodnota plošné aktivity ¹³⁷Cs Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)

6.2. Hodnoty vzorků biomasy

Ve stejné excelové tabulce jako výše uvedené vzorky půdních profilů byly výsledné hodnoty vzorků biomas. Stejným způsobem jsem zpracoval a promítl do grafu. Výsledné hodnoty jsou diametrálně odlišné, hodnoty z biomasy lesa jsou na úrovni 21,09 Bq/kg oproti vzorkům z pole a louky, které jsou v desetinách Bq/kg. Transfer do biomasy na poli a louce je tedy velmi zanedbatelný, kdežto v těžce přístupném lese je značný.

název lokality	severní šířka [°]	východní délka [°]	druh vzorku	biomasa	datum odběru	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	číslo z knihy analýz	číslo z knihy měření	korekce na sušinu	aktivita ¹³⁷ Cs [Bq/kg suš.]	kombi. standardní nejistota ¹³⁷ Cs [Bq/kg suš.]
Lysá nad Labem	50,2151	14,8212	Směs mechů a listů stromů+keřů	les	16.8.19	0,43	0,21	3635/2019	3038/2019	0,914	21,09	1,52
Lysá nad Labem	50,2150	14,8412	pšenice - obilka	pole	29.7.19	4,12	1,17	3631/2019	3253/2019	0,912	0,05	0,01
Lysá nad Labem	50,2150	14,8412	pšenice - stébla	pole	29.7.19	0,40	0,12	3713/2019	3138/2019	0,925	0,32	0,17
Lysá nad Labem	50,2094	14,8321	směs kopřiv, trav a lučních květin	louka	16.8.19	0,44	0,18	3714/2019	3139/2019	0,917	0,38	0,04

Tab. č. 4: Výsledné hodnoty biomasy Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)



Graf č. 3: Výsledná hodnota aktivity ¹³⁷Cs v biomase Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)

6.3. Výsledný transferový koeficient

TK je stanovován k zjištění aktivity přestupu radionuklidu ¹³⁷Cs z půdy do rostliny (Ježková, Rulík, 2015). Tuto metodu jsem provedl a zanesl do tabulky č. 5 dle následujícího vzorce:

$$TK = A_m \text{ vysušené rostliny (Bq} \cdot \text{kg}^{-1}) / A_m \text{ vysušené půdy (Bq} \cdot \text{kg}^{-1})$$

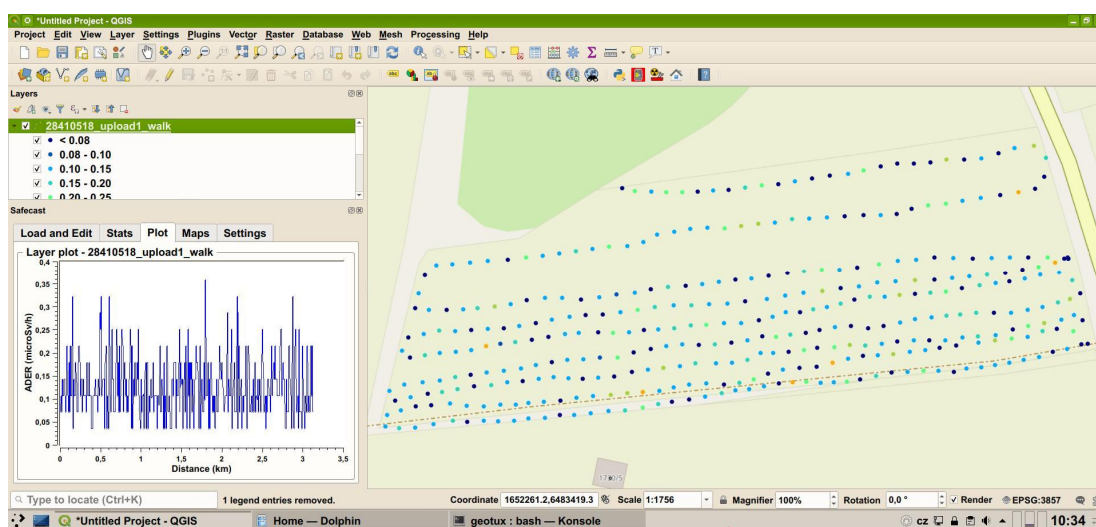
Lokalita → Transfer	aktivita ¹³⁷ Cs biomasa [Bq/kg suš.]	Ø aktivita ¹³⁷ Cs půda [Bq/kg suš.]	TK
Lesní půda → Směs mechů a listů stromů+keřů	21,09	8,60	2,4518
Orná půda → Pšenice obilka	0,05	11,73	0,0043
Orná půda → Pšenice stébla	0,32	11,73	0,0277
Luční půda → Směs kopřiv, trav a lučních květin	0,38	6,37	0,0593

Tab. č. 5: Výsledný transferový koeficient Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)

6.4. Hodnoty z měření dávkového příkonu

Dávkový příkon byl měřen přístrojem Safecast bGegie Nano. Zkoumaná data byla zaznamenána na paměťovou kartu umístěnou v přístroji. Tyto data stejně jako vzorky půd a biomasy zpracoval SÚRO. V mapách lze vidět barevnou škálu od tmavě modré barvy, kde je intenzita dávkového příkonu nejnižší až ke světlejším barvám s vyšší dávkou.

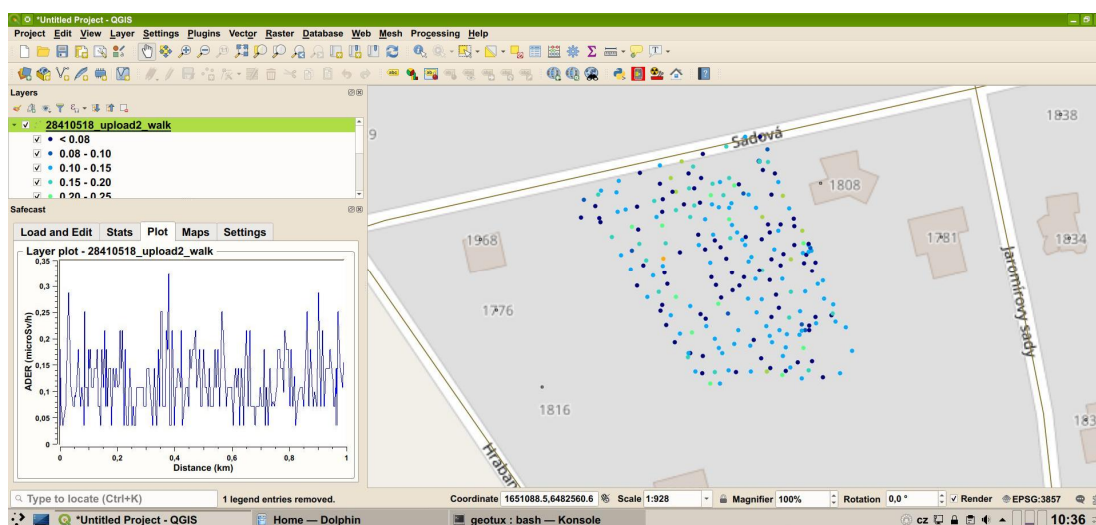
V lokalitě pole se intenzita pohybovala v rozmezí 0,03 – 0,36 $\mu\text{Sv/h}$ (obr. č. 13).



Obr. č. 13: Výsledek měření dávkového příkonu lokalita pole

Zdroj: <http://safecast.org/tilemap/?y=50.2025&x=14.8327&z=13&l=0&m=0>

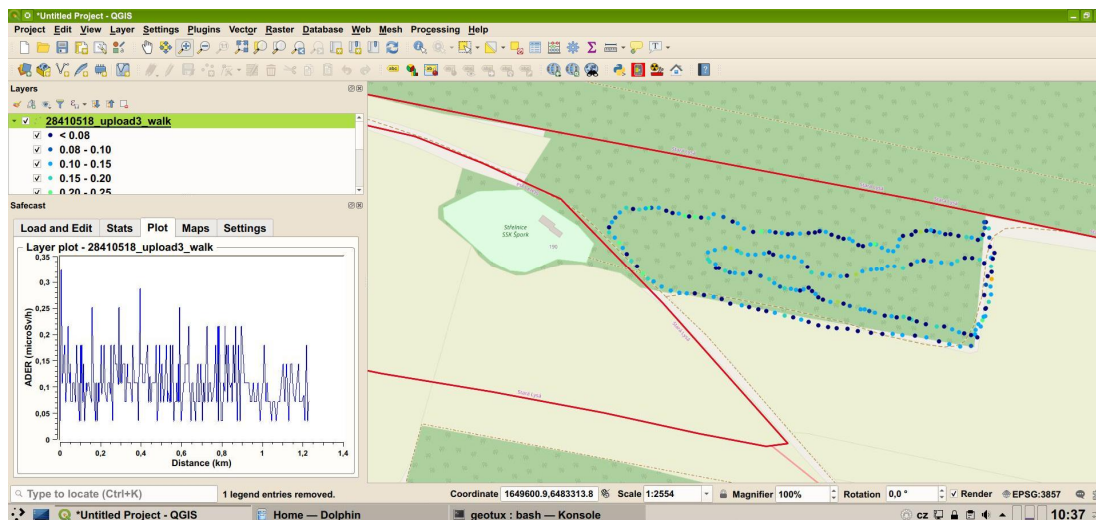
V lokalitě louka se intenzita pohybovala v rozmezí 0,03 – 0,32 $\mu\text{Sv/h}$ (obr. č. 14).



Obr. č. 14: Výsledek měření dávkového příkonu lokalita louka

Zdroj: <http://safecast.org/tilemap/?y=50.2025&x=14.8327&z=13&l=0&m=0>

V lokalitě les se intenzita pohybovala v rozmezí 0,03 – 0,32 $\mu\text{Sv/h}$ (obr. č. 15).



Obr. č. 15: Výsledek měření dávkového příkonu lokalita les

Zdroj: <http://safecast.org/tilemap/?y=50.2025&x=14.8327&z=13&l=0&m=0>

7. Diskuze

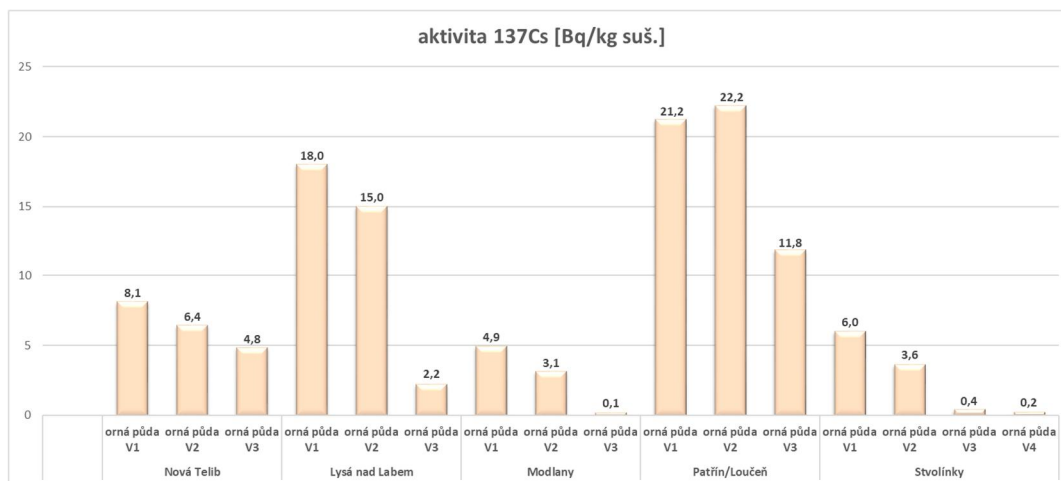
V závěrečné diskuzi se chci zaměřit na porovnání výše uvedených výsledků v daných lokalitách s výsledky mých kolegů zpracovávajících BP na stejné téma – Nová Telib (Šoltýs, 2020), Modlany (Šváb, 2020), Loučeň (Makowski, 2020), Stvolínky (Voříšková, 2020). V tabulkách zobrazím rozdíly z různých oblastí ČR a následně převést do přehlednějších grafů.

7.1. Porovnání hodnot výsledků rozboru půd v lokalitách pole

Nejvyšší hodnoty přítomnosti radioaktivního izotopu ^{137}Cs v lokalitě pole se objevují u kolegy Makowského, zde je s podivem naměřena nejvyšší hodnota v prostřední vrstvě, což si nedovedu vysvětlit jinak než záměnou vzorků. Asi není náhodou, že druhé nejvyšší hodnoty se objevují v mé lokalitě, vzhledem ke vzdušné vzdálenosti necelých 16ti km mezi Loučením a Lysou nad Labem. Naopak nejmenší hodnoty vykazuje půda z oblasti severočeských Modlan kolegy Švába. Obrazem těchto výsledků můžou být předpokládáné trasy kontaminovaných vzdušných mas, kde všechny tři vlny přechodu přes ČR protínají střední Čechy a tedy oblasti Loučeně a Lysé nad Labem a naopak pouze jedna vlna přes oblast severočeských Modlan (Hůlka, Malátová, 2006).

název lokality	druh vzorku	jméno	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	číslo z knihy analýz	číslo z knihy měření	korekce na sušinu	aktivita ^{137}Cs [Bq/kg suš.]	komb. standardní nejistota ^{137}Cs [Bq/kg suš.]	aktivita ^{137}Cs [Bq/m ²]
Nová Telib	orná půda v ₁	Radek Šoltýs	1,16	0,654	539/2019	444/2019	0,9737	8,1	0,8	564
	orná půda v ₂	Radek Šoltýs	1,174	0,672	540/2019	457/2019	0,9758	6,4	0,6	
	orná půda v ₃	Radek Šoltýs	1,298	0,708	541/2019	434/2019	0,9748	4,8	0,5	
Lysá nad Labem	orná půda v ₁	Petr Bouška	1,318	0,756	509/2019	423/2019	0,9834	18	2	1113
	orná půda v ₂	Petr Bouška	1,221	0,74	510/2019	428/2019	0,9852	15	2	
	orná půda v ₃	Petr Bouška	1,446	0,767	511/2019	429/2019	0,9915	2,2	0,2	
Modlany	orná půda v ₁	Martin Šváb	1,102	0,661	427/2019	371/2019	0,9368	4,9	0,5	208
	orná půda v ₂	Martin Šváb	1,074	0,731	428/2019	378/2019	0,9358	3,1	0,3	
	orná půda v ₃	Martin Šváb	1,178	0,742	429/2019	381/2019	0,9338	0,14	0,02	
Patřín/Loučeň	orná půda v ₁	Václav Makowski	0,922	0,713	3015/2019	2520/2019	0,9622	21,2	1	1432
	orná půda v ₂	Václav Makowski	1,139	0,757	3016/2019	2521/2019	0,9734	22,2	1,1	
	orná půda v ₃	Václav Makowski	1,212	0,744	3017/2019	2523/2019	0,9699	11,8	0,6	
Stvolínky	orná půda v ₁	Michaela Voříšková	1,489	0,957	410/2019	329/2019	0,9919	6,0	0,6	380
	orná půda v ₂	Michaela Voříšková	1,529	0,918	411/2019	339/2019	0,9946	3,6	0,4	
	orná půda v ₃	Michaela Voříšková	1,549	0,933	412/2019	357/2019	0,9958	0,37	0,04	
	orná půda v ₄	Michaela Voříšková	1,525	0,938	413/2019	391/2019	0,9963	0,20	0,03	

Tab. č. 6: Výsledné hodnoty půd lokality pole komplet Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)



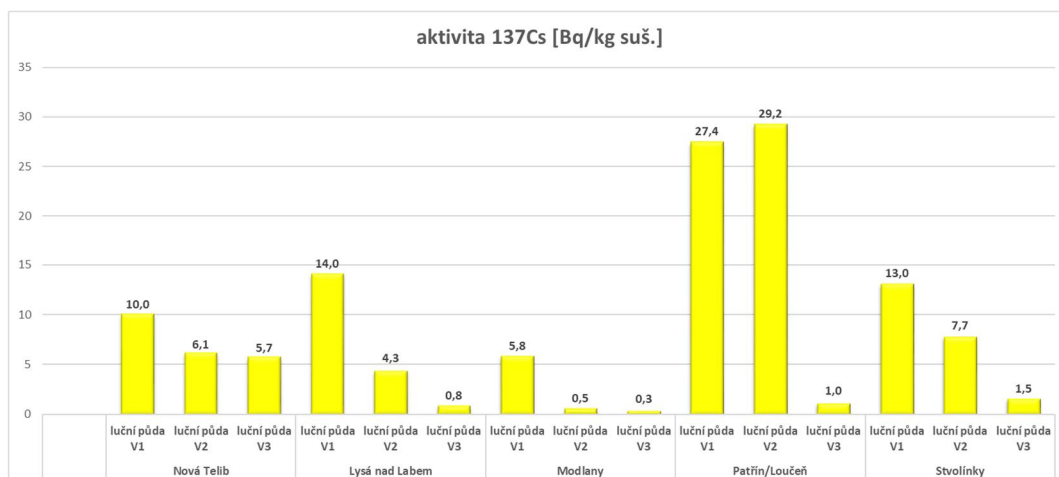
Graf č. 4: Výsledná hodnota aktivity 137Cs v orné půdě Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)

7.2. Porovnání hodnot výsledků rozboru půd v lokalitách louka

Opět nalézáme nejvyšší hodnoty přítomnosti radioaktivního izotopu 137Cs u kolegy Makowského. Znovu se nám ale objevuje „nešvar“ kolegy a prostřední vrstva má vyšší hodnoty než první odkryvaná. Tímto je nám vysvětleno, že kolega zřejmě kladl větší důraz na kvalitu vzorků, než jejich označení a následnou identifikaci. Nejmenší hodnoty opět vykazuje půda z oblasti severočeských Modlan kolegy Švába, což opět potvrzuje vlny přechodu předpokládaných kontaminovaných mas (Hůlka, Malátová, 2006).

název lokality	druh vzorku	jméno	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	číslo z knihy analýz	číslo z knihy měření	korekce na sušinu	aktivita 137Cs [Bq/kg suš.]	komb. standardní nejistota 137Cs [Bq/kg suš.]	aktivita 137Cs [Bq/m ²]
Nová Telib	luční půda V1	Radek Šoltýs	1,27	0,711	532/2019	492/2019	0,9634	10	1	654
	luční půda V2	Radek Šoltýs	1,232	0,703	533/2019	486/2019	0,9637	6,1	0,6	
	luční půda V3	Radek Šoltýs	1,222	0,732	534/2019	453/2019	0,9582	5,7	0,6	
Lysá nad Labem	luční půda V1	Petr Bouška	1,178	0,856	505/2019	467/2019	0,9932	14	1	601
	luční půda V2	Petr Bouška	1,493	0,935	507/2019	490/2019	0,996	4,3	0,4	
	luční půda V3	Petr Bouška	1,548	0,914	508/2019	440/2019	0,9963	0,81	0,08	
Modlany	luční půda V1	Martin Šváb	1,227	0,715	421/2019	419/2019	0,9361	5,8	0,6	193
	luční půda V2	Martin Šváb	1,412	0,736	422/2019	424/2019	0,9549	0,53	0,05	
	luční půda V3	Martin Šváb	1,484	0,765	423/2019	401/2019	0,9514	0,25	0,03	
Patřín/Loučeň	luční půda V1	Václav Makowski	1,389	0,873	3012/2019	2526/2019	0,9949	27,4	1,3	1985
	luční půda V2	Václav Makowski	1,394	0,92	3013/2019	2527/2019	0,9959	29,2	1,4	
	luční půda V3	Václav Makowski	1,007	0,953	3014/2019	2528/2019	0,9991	0,976	0,044	
Stvolínky	luční půda V1	Michaela Voříšková	1,160	0,679	417/2019	394/2019	0,9586	13	1	606
	luční půda V2	Michaela Voříšková	1,107	0,688	418/2019	396/2019	0,9596	7,7	0,8	
	luční půda V3	Michaela Voříšková	1,121	0,753	419/2019	399/2019	0,9445	1,5	0,2	

Tab. č. 7: Výsledné hodnoty půd lokality louka komplet Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)



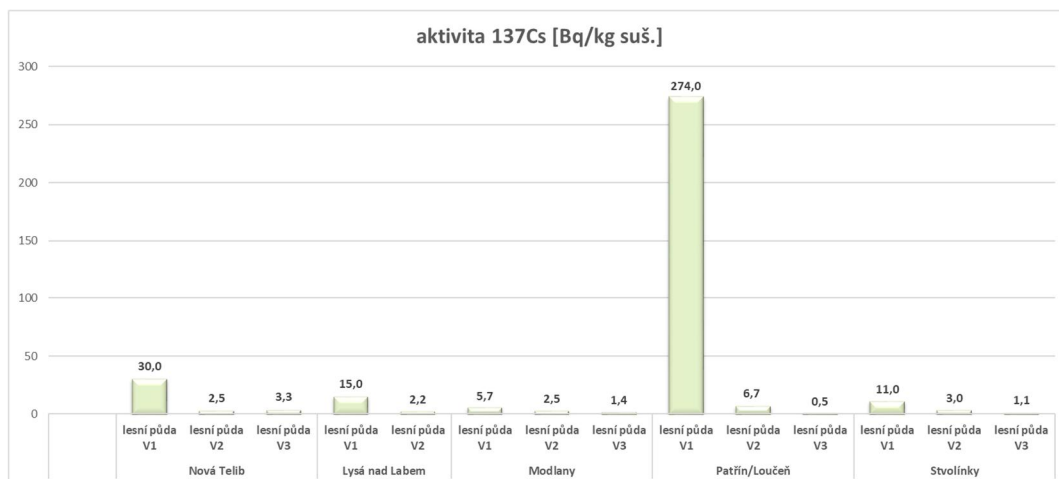
Graf č. 5: Výsledná hodnota aktivity 137Cs v luční půdě Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)

7.3. Porovnání hodnot výsledků rozboru půd v lokalitách les

Ani do třetice se nic nezměnilo a nejvyšší hodnoty přítomnosti radioaktivního izotopu 137Cs naměřujeme u kolegy Makowského. O co více vítáme, že nám kolega už dává výsledky s logickou posloupností, tím více se podivujeme nad hodnoty, které byly naměřeny a podezírám ho ze sabotáže odběrů a přimíchání vzorků půd z oblasti Temelína. Nejmenší hodnoty opět vykazuje půda z oblasti severočeských Modlan kolegy Švába, který zřejmě po porovnání všech výsledků bude moct s klidným svědomím na zahradě pěstovat ovoce a zeleninu.

název lokality	druh vzorku	jméno	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	číslo z knihy analýz	číslo z knihy měření	korekce na sušinu	aktivita 137Cs [Bq/kg suš.]	komb. standardní nejistota 137Cs [Bq/kg suš.]	aktivita 137Cs [Bq/m2]
Nová Telib	lesní půda V1	Radek Šoltýs	1,038	0,648	536/2019	430/2019	0,9883	30,0	3	981
	lesní půda V2	Radek Šoltýs	1,439	0,772	537/2019	443/2019	0,9916	2,5	0,3	
	lesní půda V3	Radek Šoltýs	1,495	0,78	538/2019	483/2019	0,9921	3,3	0,3	
Lysá nad Labem	lesní půda V1	Petr Bouška	1,402	0,859	513/2019	493/2019	0,9912	15,0	2	612
	lesní půda V2	Petr Bouška	1,651	0,918	514/2019	505/2019	0,9954	2,2	0,2	
Modlany	lesní půda V1	Martin Šváb	1,136	0,637	424/2019	387/2019	0,898	5,7	0,6	244
	lesní půda V2	Martin Šváb	1,117	0,702	425/2019	414/2019	0,9201	2,5	0,5	
	lesní půda V3	Martin Šváb	1,08	0,711	426/2019	392/2019	0,9202	1,4	0,2	
Patřín/Loučeň	lesní půda V1	Václav Makowski	0,375	0,328	3009/2019	2584/2019	0,9148	274,0	12	2576
	lesní půda V2	Václav Makowski	1,245	0,843	3010/2019	2587/2019	0,9947	6,7	0,36	
	lesní půda V3	Václav Makowski	1,389	0,927	3011/2019	2499/2019	0,9966	0,5	0,067	
Stvolínky	lesní půda V1	Michaela Voříšková	1,392	0,861	414/2019	330/2019	0,9934	11,0	1	532
	lesní půda V2	Michaela Voříšková	1,488	0,855	415/2019	340/2019	0,9941	3,0	0,3	
	lesní půda V3	Michaela Voříšková	1,484	0,901	416/2019	355/2019	0,9947	1,1	0,1	

Tab. č. 8: Výsledné hodnoty půd lokality les komplet Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)



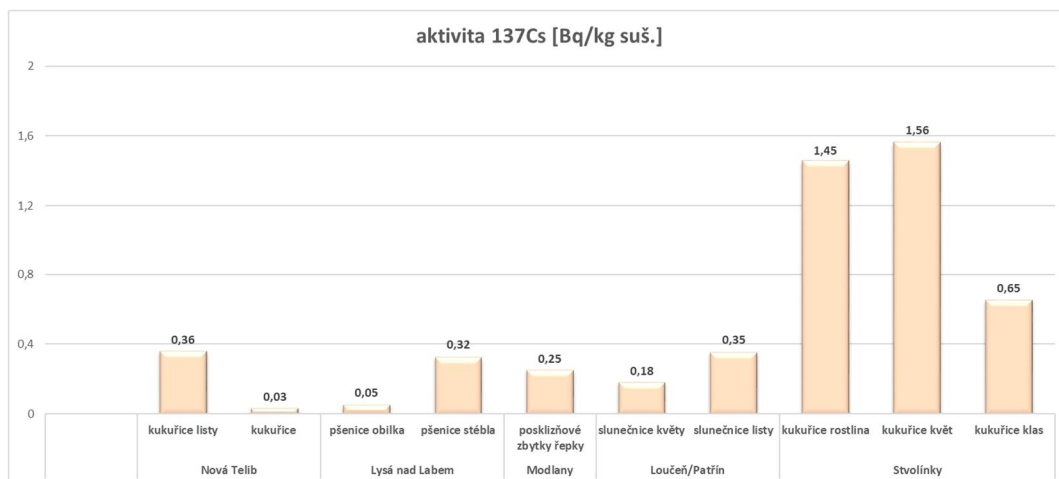
Graf č. 6: Výsledná hodnota aktivity 137Cs v lesní půdě Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)

7.4. Porovnání hodnot výsledků rozboru biomas v lokalitách pole

U hodnot vzorků biomas se nám ale objevují diametrálně rozdílné výsledky oproti výsledkům porovnání půd. Nejvyšší hodnoty přítomnosti radioaktivního izotopu 137Cs v lokalitě pole se objevují ve Stvolínkách a to na kukuřičném poli, jejíž hodnoty z vzorků půd nijak nenaznačovaly takový transfer půda → rostlina.

název lokality	druh vzorku	označení vrstvy	jméno	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	číslo z knihy analýz	číslo z knihy měření	korekce na sušinu	aktivita 137Cs [Bq/kg suš.]
Nová Telib	kukuřice lístý	biomasa	Radek Šoltýs	0,416	0,118	3636/2019	3045/2019	0,9112	<0.36
	kukuřice	biomasa	Radek Šoltýs	1,979	0,657	3757/2019	3458/2019	0,8919	<0.032
Lysá nad Labem	pšenice obilka	biomasa	Petr Bouška	4,124	1,174	3631/2019	3253/2019	0,912	0,050
	pšenice stébla	biomasa	Petr Bouška	0,4	0,123	3713/2019	3138/2019	0,9254	0,32
Modlany	posklizňové zbytky řepky	biomasa	Martin Šváb	0,875	0,221	3712/2019	3156/2019	0,9114	0,254
Loučeň/Patřín	slunečnice květy	biomasa	Václav Makowski	0,795	0,418	3646/2019	3251/2019	0,9177	<0.18
	slunečnice lístý	biomasa	Václav Makowski	0,27	0,166	3715/2019	3252/2019	0,9186	0,348
Stvolínky	kukuřice rostlina	biomasa	Michaela Voříšková	0,464	0,188	3647/2019	3101/2019	0,926	1,45
	kukuřice květ	biomasa	Michaela Voříšková	0,319	0,168	3650/2019	3085/2019	0,9264	1,56
	kukuřice klas	biomasa	Michaela Voříšková	0,787	0,167	3632/2019	3034/2019	0,9014	0,654

Tab. č. 9: Výsledné hodnoty biomas lokality pole komplet Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)



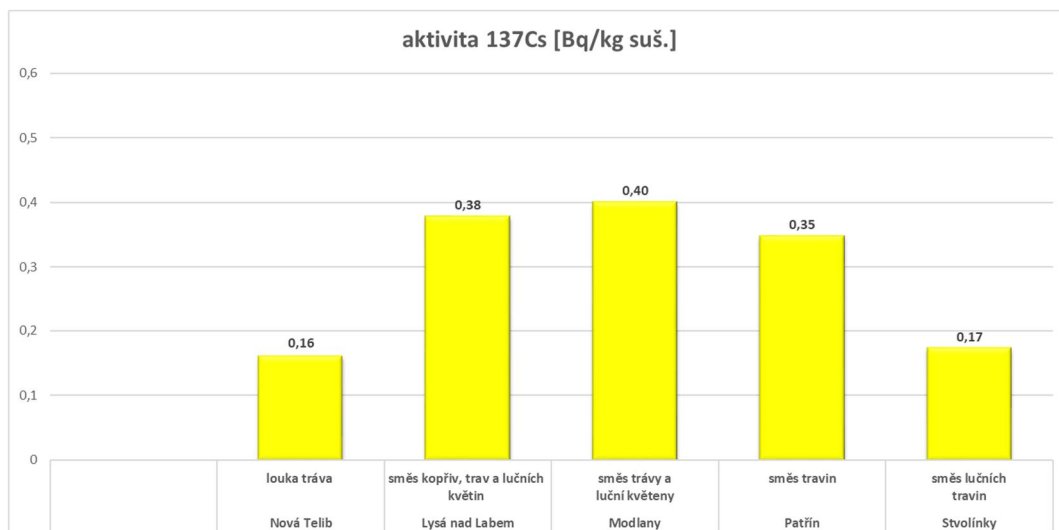
Graf č. 7: Výsledná hodnota aktivity 137Cs v biomase pole Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)

7.5. Porovnání hodnot výsledků rozboru biomas v lokalitách louka

Hodnoty výsledků vzorků biomas v lokalitě luk se od sebe nijak významně neliší. Hodnoty v rozmezí od nejvyšší naměřené 0,4 Bq/kg v lokalitě Modlan a směsí trávy a lučních květin po nejnižší 0,16 Bq/kg lučních trav v lokalitě Nová Telib.

název lokality	druh vzorku	označení vrstvy	jméno	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	číslo z knihy analýz	číslo z knihy měření	korekce na sušinu	aktivita 137Cs [Bq/kg suš.]
Nová Telib	louka tráva	biomasa	Radek Šoltys	0,697	0,181	3648/2019	3457/2019	0,9105	<0.16
Lysá nad Labem	směs kopřiv, trav a lučních květin	biomasa	Petr Bouška	0,438	0,184	3714/2019	3139/2019	0,9174	0,378
Modlany	Směs trávy a luční květeny	biomasa	Martin Šváb	0,536	0,182	3634/2019	3456/2019	0,9242	<0.40
Patřín	Směs travin	biomasa	Václav Makowski	0,418	0,214	3756/2019	3345/2019	0,932	0,347
Stvolínky	Směs lučních travin	biomasa	Michaela Voříšková	0,383	0,202	3645/2019	3361/2019	0,9219	0,173

Tab. č. 10: Výsledné hodnoty biomas lokality louka komplet Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)



Graf č. 8: Výsledná hodnota aktivity 137Cs v biomase louka

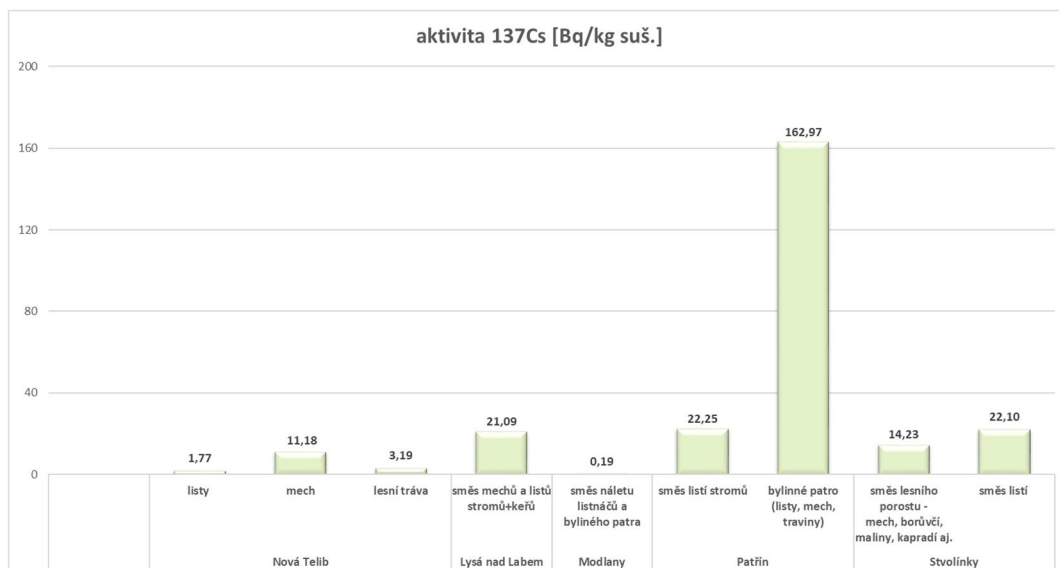
Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)

7.6. Porovnání hodnot výsledků rozboru biomas v lokalitách les

U hodnot vzorků biomas lokality les máme logickou nevyšší hodnotu naměřenou v oblasti Loučeň/Patřín, která se opět svojí hodnotou vymyká z porovnání, tak jako tomu bylo u vzorků půd. Těžko si tak vysoké hodnoty v této turisticky oblíbené lokalitě vysvětlují a kolegovi Makowskému doporučím, aby o této skutečnosti informoval místní Obecní úřad.

název lokality	druh vzorku	označení vrstvy	jméno	hmotnost celého vzorku [kg]	hmotnost měřeného vzorku [kg]	číslo z knihy analiz	číslo z knihy měření	korekce na sušinu	aktivita 137Cs [Bq/kg suš.]
Nová Telib	listy	biomasa	Radek Šoltýs	0,557	0,197	3649/2019	3070/2019	0,9168	1,77
	mech	biomasa	Radek Šoltýs	0,548	0,211	3651/2019	3122/2019	0,8796	11,2
	lesní tráva	biomasa	Radek Šoltýs	0,48	0,159	3653/2019	3055/2019	0,914	3,19
Lysá nad Labem	Směs mechů a listů stromů+keřů	biomasa	Petr Bouška	0,428	0,208	3635/2019	3038/2019	0,9136	21,1
Modlany	Směs náletu listnáčů a bylinného patra	biomasa	Martin Šváb	0,771	0,237	3633/2019	3128/2019	0,9173	<0.19
Patřín	směs listů stromů	biomasa	Václav Makowski	0,345	0,201	3754/2019	3353/2019	0,9457	22,3
	bylinné patro (listy, mech, traviny)	biomasa	Václav Makowski	0,295	0,118	3755/2019	3554/2019	0,9297	163
Stvolínky	Směs lesního porostu mech, borůvky, maliny, kapradí aj.	biomasa	Michaela Voříšková	0,288	0,104	3644/2019	3106/2019	0,9169	14,2
	směs listů	biomasa	Michaela Voříšková	0,264	0,115	3652/2019	3044/2019	0,917	22,1

Tab. č. 11: Výsledné hodnoty biomas lokality les komplet Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)



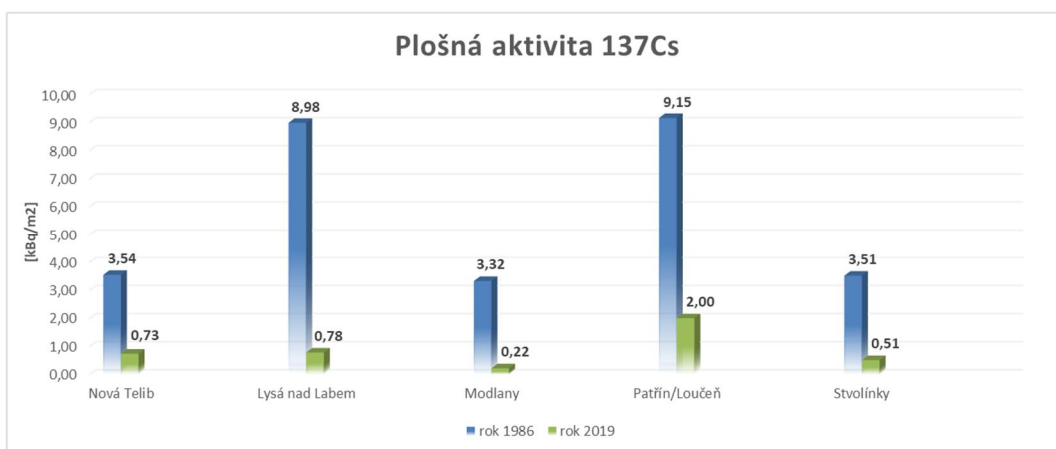
Graf č. 9: Výsledná hodnota aktivity 137Cs v biomase les Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)

7.7. Porovnání hodnot výsledků plošné aktivity

Rozdíl v hodnotách z roku 1986 naměřených bezprostředně po výbuchu JE Černobyl a loňských odběrů již zmiňovaných ve výše uvedených tabulkách a grafech je patrný. Pokles je viditelný ve všech oblastech a největší % úbytek plošné aktivity je v oblastech Modlan (93%) a Lysé nad Labem (92%). Nejmenší úbytek zřejmě nikoho z předešlých odstavců nepřekvapí a je z oblasti Loučeň/Patřín (78%). Nicméně je nutné zmínit, že zobrazená plošná aktivita mých vzorků a vzorků mých kolegů je pouze formální, z důvodu neznalosti přesné plochy odběru a přesné celkové hmotnosti odebraných vzorků před usušením.

název lokality	druh vzorku	jméno	plošná aktivita 137Cs [kBq/m ²]	plošná aktivita 137Cs [kBq/m ²]	
				rok 1986	rok 2019
Nová Telib	orná půda	Radek Šoltýs	0,56	3,54	0,73
	lesní půda	Radek Šoltýs	0,98		
	luční půda	Radek Šoltýs	0,65		
Lysá nad Labem	orná půda	Petr Bouška	1,11	8,98	0,78
	lesní půda	Petr Bouška	0,61		
	luční půda	Petr Bouška	0,60		
Modlany	orná půda	Martin Šváb	0,21	3,32	0,22
	lesní půda	Martin Šváb	0,24		
	luční půda	Martin Šváb	0,19		
Patřín/Loučeň	orná půda	Václav Makowski	1,43	9,15	2,00
	lesní půda	Václav Makowski	2,58		
	luční půda	Václav Makowski	1,99		
Stvolínky	orná půda	Michaela Voříšková	0,38	3,51	0,51
	lesní půda	Michaela Voříšková	0,53		
	luční půda	Michaela Voříšková	0,61		

Tab. č. 12: Plošná aktivita 137Cs mezi obdobími Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)



Graf č. 10: Výsledná hodnota plošné aktivity 137Cs mezi obdobími

Zdroj: SÚRO (digitalizace Bouška)

8. Závěr

Bezpośredně po výbuch JE Černobyl došlo ke kontaminaci rozsáhlého území Evropy. V následujícím měření bylo zjištěno, že přes oblast ČR přešly tři vlny radioaktivního mraku. Následný spad a kontaminace území byl ovlivněn meteorologickými podmínkami, které nad oblasí ČR panovaly v daném čase přechodu, což je patrné v rozdílných výsledcích kontaminace půd jednotlivých oblastech ČR. V mnou vybrané obalsti k.ú. Lysé nad Labem byla roku 1986 naměřena hodnota ^{137}Cs plošné aktivity $8,98 \text{ [kBq.m}^{-2}\text{]}$ (URL 18). Po provedení všech odběrů půd a biomas jsem obdržené hodnoty ze SÚRO zpracoval a došel k závěru, že výsledné hodnoty plošné aktivity jsou v rozmezí $0,6 - 1,1 \text{ [kBq.m}^{-2}\text{]}$. Z výsledků je tedy patrný pokles radionuklidů v půdách mezi porovnávanými obdobími 1986 a 2019.

9. Přehled literatury a použitých zdrojů

Literatura

- Bernes, C., 1998: Persistent organic pollutants. Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm (Sweden).
- Culek, M., Grulich, V., Laštůvka, Z., Divíšek J., 2013: Biografické regiony České republiky, Masarykova univerzita, Brno.
- Eisenbud, M., Gesell, T. F., 1997: Environmental radioactivity from natural, industrial and military sources, 4.vydání, Elsevier Science, Academic Press, Cambridge.
- Hálová, H., 2012: Aktuální stav kontaminace zemědělských půd radiocesiumem (^{137}Cs). Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, České Budějovice.
- Hillel, D., 2007: Soil in the environment, Crucible of terrestrial life. Elsevier Science, Academic Press, Cambridge.
- Holland, H. D., Turekian, K. K., 2003: Treatise on Geochemistry. Elsevier Science, Cambridge.
- Hůlka, J., Malátová, I., 2006: Radiační situace v České republice, přehled hlavních výsledků měření a opatření. Státní ústav radiační ochrany, Praha.
- Ježková, T., Rulík, P., 2015: Stanovení transferového koeficientu půda-rostlina v laboratoři – Metodika. Zpráva SÚRO 53 / 2015.
- Kaňková, J., 2007: Cesium 137 v lesním ekosystému. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, České Budějovice.
- Kolářová, I., 2009: Transport vybraných kovů z půdy do rostlin. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Brno.
- Kónya, J., Nagy, N. M., 2012: Nuclear and radiochemistry: Environmental Radioactivity. Elsevier Science, Cambridge.
- Makowski, V., 2020: Sledování množství ^{137}Cs v půdě a vegetaci a plošné měření dávkového příkonu na vybraných lokalitách – Loučeň. Bakalářská práce. ČZU, Praha.
- Song, J. H., Kim, T. W., 2014: Severe accident issues raised by the Fukushima accident and improvements suggested. Nuclear Engineering and Technology, 46/2, 207-216.
- Stan-Sion, C. 2019: Post Fukushima accident ^{129}I concentrations in the North Pacific Ocean. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 438, 107-112.
- Šoltýs, R., 2020: Sledování množství ^{137}Cs v půdě a vegetaci a plošné měření dávkového příkonu na vybraných lokalitách – Nová Telib. Bakalářská práce. ČZU, Praha.
- Šváb, M., 2020: Sledování množství ^{137}Cs v půdě a vegetaci a plošné měření dávkového příkonu na vybraných lokalitách – Modlany. Bakalářská práce. ČZU, Praha.
- Titirici, M-M., Antonietti, M., Baccile, N., 2008: Hydrothermal carbon from biomass: a comparison of the local structure from poly- to monosaccharides and pentoses/hexoses. Green Chemistry, 2008, 10, 1204-1212.

- Tölgyessy, J., Harangozó, M., 2005: Radiochemical methods, Food and Environmental Applications: Encyclopedia of Analytical Sciences, 2.vydání, Elsevier Academic Press, Cambridge.
- Voříšková, M., 2020: Sledování množství ¹³⁷Cs v půdě a vegetaci a plošné měření dávkového příkonu na vybraných lokalitách – Stvolínky. Bakalářská práce. ČZU, Praha.
- Zhu, Y. G., Shaw, G., 2000: Soil contamination with radionuclides and potential remediation. Chemosphere, Volume 41, Issues 1-2, July 2000, 121-128.

Internetové zdroje:

- URL 1: ČÚZK, 2019: k.ú.: 689505 – Lysá nad Labem – podrobné informace (online) [cit. 2019.10.05], dostupné z <https://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?AKCE=META:SESTAVA:MDR002_XSLT:WEBCUZK_ID:689505>.
- URL 2: Mapy, 2019: Mapa oblast Lysá nad Labem (online) [cit. 2019.10.05], dostupné z <<https://mapy.cz/zakladni?x=14.8339245&y=50.1918844&z=13&source=base&id=1978344>>.
- URL 3: Portál města Čelákovice, 2019: Zastavení č. 16 – Niva Labe (online) [cit. 2019.10.11], dostupné z <<https://www.celakovice.cz/cs/informace/naucna-stezka/zastaveni-c-16-niva-labe.html>>
- URL 4: Agentura přírody a ochrany krajiny České Republiky, 2019: Národní přírodní památka Hrabanovská černava (online) [cit. 2019.10.11], dostupné z <<http://kokorinsko.ochranaprirody.cz/mzchu/npp-hrabanovska-cemava/>>
- URL 5: Reichl, J., Všeticka, M., 2019: Radioaktivita (online) [cit. 2019.10.23], dostupné z <<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/802-radioaktivita>>
- URL 6: Státní Ústav Radiační Ochrany, 2019: Přírodní radioaktivita a problematika radonu (online) [cit. 2019.10.23], dostupné z <<https://www.suro.cz/cz/prirodnioz>>
- URL 7: Ullmann, V., 2019: Jaderná a radiační fyzika (online) [cit. 2019.10.23], dostupné z <<http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika4.htm>>
- URL 8: Výlety do Černobylu, 2019: Černobylská historie (online), [cit. 2019.10.26] dostupné z <<https://www.chernobylwel.com/cz/cernobylska-historie>>
- URL 9: Celjak, I., 2019: Biomasa je nezbytná součást lidského života (online) [cit. 2019.10.28], dostupné z <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-je-nezbytna-soucast-lidskeho-zivota>>

- URL 10: Petříková, V., Punčochář, M., 2019: Biomasa – alternativní palivo z hlediska chemického složení (online), [cit. 2019.10.28], dostupné z <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-alternativni-palivo-z-hlediska-chemickeho-slozeni>>
- URL 11: Ministerstvo životního prostředí, 2019: Definice, význam a funkce půdy (online), [cit. 2019.10.28], dostupné z <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/\\$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf)>
- URL 12: Ministerstvo zemědělství, 2019: Kontaminace půdy (online), [cit. 2019.10.30], dostupné z <<http://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/kontaminace-pudy/>>
- URL 13: Vácha, R., 2019: Kontaminace půdy (online), [cit. 2019.11.20], dostupné z <<https://www.ctpz.cz/vyzkum/kontaminace-pudy-857>>
- URL 14: Wikipedia, Havárie elektrárny Fukušima, 2019 (online), [cit. 2019.11.13], dostupné z <https://cs.wikipedia.org/wiki/Hav%C3%A1rie_elektr%C3%A1rny_Fuku%C5%A1ima_l>
- URL 15: ČTK, 2019: V jaderné elektrárně Fukušima začali s odstraňováním radioaktivního paliva. (online), [cit. 2019.11.13], dostupné z <https://www.irozhlas.cz/zpravy-svet/japonsko-fukusima-palivo-reaktor_1904150737_jak>
- URL 16: ČTK, 2019: Japonsko možná bude muset vypustit radioaktivní vodu z Fukušimy do oceánu, na její skladování už nemá místo. (online), [cit. 2019.11.13], dostupné z <<https://zahranicni.ihned.cz/c1-66639910-japonsko-mozna-bude-muset-vypustit-radioaktivni-vodu-z-fukusimy-na-jeji-skladovani-uz-nema-misto>>
- URL 17: J. Hůlka, I. Malátová: Radiační situace v České republice, přehled hlavních výsledků měření a opatření (online), [cit. 2020.03.30], dostupné z <https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/radiacni_situace_v_cr_po_cernobylu.pdf>
- URL 18: SÚRO, 1986: Plošná aktivita ¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs a ¹⁰³Ru, zjištěná ve vzorcích odebraných půd při celostátním průzkumu dne 17.06.1986. Online, [cit. 2020.02.28], dostupné z <https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/plosna-aktivita-radionuklidu-zjistena-ve-vzorcich-odebranych-pud/pruzkum_pud_1986.pdf>

- URL 19: Králová, M., 2020: Henri Becquerel (online), [cit. 2020.04.17], dostupné z <<https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/vedec/1055/becquerel>>
- URL 20: Králová, M., 2020: Přirozená radioaktivita (online), [cit. 2020.04.17], dostupné z <<https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/atomy-castice/prirozena-radioaktivita>>
- URL 21: Králová, M., 2020: Štěpení jader (online), [cit. 2020.04.17], dostupné z <<https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/atomy-castice/stepeni-jader>>
- URL 22: Kusala, J., 2004: Jaderná energetika (online), [cit. 2020.04.17], dostupné z <<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/nuklear.htm>>

10. Přílohy

Příloha č. 1: Protokolární záznamy od odběru vzorků půd – lokalita pole

Protokolární záznam o odběru vzorku

Průvodní list odběru vzorků

Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt	Petr Bouška, Všejanya č.e.4 Tel: 605 970 587
Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků	Parcela není zapsána na LV

Kultura	Orná půda
katastrální území	Lysá nad Labem (689505)
správní obec	Lysá nad Labem (537454)
Půdní blok č.	2536
Velikost v ha	6,411 ha
Parcelní čísla	2536/2, 2536/3

Ukazatel	Hodnota	Místní měření Jednotka
Teplota vzduchu	19	°C
Počasí:	jasno	

datum odběru:	14. 10. 2018	Čas odběru:	12:40 – 13:10
Souřadnice odběru:	50°12'54.07"N, 14°50'28.28"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.1	0 – 15 cm		
B 1.1	15 – 33 cm		
C 1.1	33 – 50 cm		
datum odběru:	14. 10. 2018	Čas odběru:	13:15 – 13:40
Souřadnice odběru:	50°12'51.92"N, 14°50'26.89"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.2	0 – 12 cm		
B 1.2	12 – 32 cm		
C 1.2	32 – 50 cm		
datum odběru:	14. 10. 2018	Čas odběru:	13:45 – 14:05
Souřadnice odběru:	50°12'52.96"N, 14°50'41.27"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.3	0 – 15 cm		
B 1.3	15 – 35 cm		
C 1.3	35 – 50 cm		

Použité vzorkovací pomůcky: Rýč, lopata, plast. kelímk, metr

Schéma odběrového místa s vyznačením odběrových míst



Protokolární záznam o odběru vzorku

Průvodní list odběru vzorků

Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt	Petr Bouška, Všejanya č.e.4 Tel: 605 970 587
Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků	SJM Šolc Ladislav a Šolková Václava

Kultura	louka
katastrální území	Lysá nad Labem (689505)
správní obec	Lysá nad Labem (537454)
Půdní blok č.	
Velikost v ha	3,039 ha
Parcelní čísla	2621/5, 2621/6, 2621/7

	Hodnota	Místní měření Jednotka
Ukazatel		
Teplota vzduchu	20,5	°C
Počasí:	jasno	

datum odběru:	14. 10. 2018	Čas odběru:	14:40 – 15:00
Souřadnice odběru:	50°12'34.00"N, 14°49'55.73"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.1	0 – 20 cm		
B 1.1	20 – 50 cm		
C 1.1	50 – 60 cm		
datum odběru:	14. 10. 2018	Čas odběru:	15:05 – 15:20
Souřadnice odběru:	50°12'34.50"N, 14°49'54.51"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.2	0 – 15 cm		
B 1.2	15 – 40 cm		
C 1.2	40 – 55 cm		
datum odběru:	14. 10. 2018	Čas odběru:	15:25 – 15:40
Souřadnice odběru:	50°12'35.15"N, 14°49'52.86"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.3	0 – 10 cm		
B 1.3	10 – 30 cm		
C 1.3	30 – 45 cm		

Použité vzorkovací pomůcky: Rýč, lopata, plast. kelímek, metr

Schéma odběrového místa s vyznačením odběrových míst



Protokolární záznam o odběru vzorku**Průvodní list odběru vzorků**

Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt	Petr Bouška, Všejanya č.e.4 Tel: 605 970 587
Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků	Česká republika; Lesy České republiky, s.p., Přemyslova 1106/19, Nový Hradec Králové, 50008 Hradec Králové

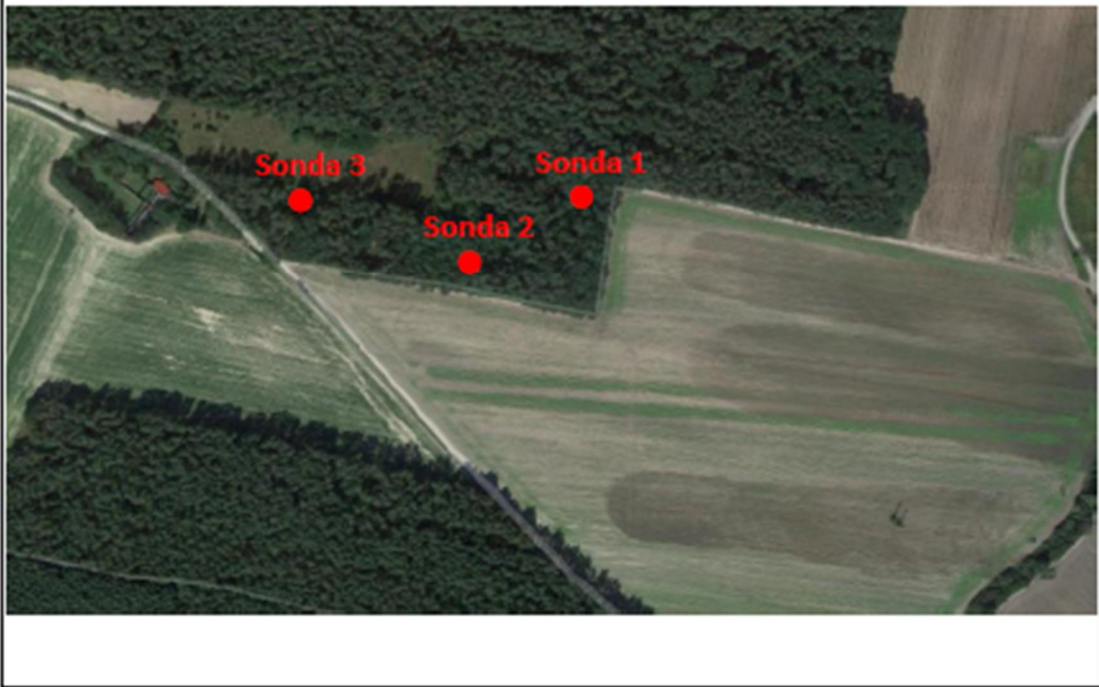
Kultura	Les
katastrální území	Lysá nad Labem (689505)
správní obec	Lysá nad Labem (537454)
Půdní blok č.	
Velikost v ha	17 063 ha
Parcelní čísla	2368

	Hodnota	Místní měření Jednotka
Ukazatel		
Teplota vzduchu	21,5	°C
Počasí:	jasno	

datum odběru:	22. 10. 2018	Čas odběru:	13:20 – 13:35
Souřadnice odběru:	50°12'54.22"N, 14°49'16.42"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.1	0 – 25 cm		
B 1.1	25 – 65 cm		
C 1.1		Tato vrstva nebyla odkryta	
datum odběru:	22. 10. 2018	Čas odběru:	13:45 – 14:00
Souřadnice odběru:	50°12'52.28"N, 14°49'11.84"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.2	0 – 25 cm		
B 1.2	25 – 65 cm		
C 1.2		Tato vrstva nebyla odkryta	
datum odběru:	22. 10. 2018	Čas odběru:	14:10 – 14:25
Souřadnice odběru:	50°12'54.16"N, 14°49'04.64"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
A 1.3	0 – 25 cm		
B 1.3	25 – 65 cm		
C 1.3		Tato vrstva nebyla odkryta	

Použité vzorkovací pomůcky: Rýč, lopata, plast. kelímeček, metr

Schéma odběrového místa s vyznačením odběrových míst



Příloha č. 4: Protokolární záznamy od odběru vzorků biomas – lokalita pole

Protokolární záznam o odběru vzorku biomasy

Průvodní list odběru vzorků

Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt	Petr Bouška, Všejanya č.e.4 Tel: 605 970 587
Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků	Parcela není zapsána na LV

Kultura	orná půda
katastrální území	Lysá nad Labem (689505)
správní obec	Lysá nad Labem (537454)
Půdní blok č.	2536
Velikost v ha	6,411 ha
Parcelní čísla	2536/2, 2536/3

Místní měření	29. 7. 2019	
Ukazatel	Hodnota	Jednotka
Teplota vzduchu	21	°C
Počasí:	polojasno	

datum odběru:	29. 7. 2019	Čas odběru:	11:10 – 11:20
Souřadnice odběru:	50°12'54.07"N, 14°50'28.28"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
Pole	1x kýbl	Pšenice - stěbla	
Pole	1x kýbl	Pšenice - obilka	

Protokolární záznam o odběru vzorku biomasy

Průvodní list odběru vzorků

Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt	Petr Bouška, Všejanya č.e.4 Tel: 605 970 587
Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků	SJM Šolc Ladislav a Šolcová Václava

Kultura	louka
katastrální území	Lysá nad Labem (689505)
správní obec	Lysá nad Labem (537454)
Půdní blok č.	
Velikost v ha	3,039 ha
Parcelní čísla	2621/5, 2621/6, 2621/7

Místní měření	16. 8. 2019	
Ukazatel	Hodnota	Jednotka
Teplota vzduchu	23,5	°C
Počasí:	polojasno	

datum odběru:	16. 8. 2019	Čas odběru:	16:10 – 16:25
Souřadnice odběru:	50°12'34.00"N, 14°49'55.73"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
Louka	1x kýbl	Směs kopřiv, trav a hčích kytek	

Protokolární záznam o odběru vzorku biomasy

Průvodní list odběru vzorků

Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt	Petr Bouška, Všejanya č.e.4 Tel: 605 970 587
Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků	Česká republika; Lesy České republiky, s.p., Přemyslova 1106/19, Nový Hradec Králové, 50008 Hradec Králové

Kultura	Les
katastrální území	Lysá nad Labem (689505)
správní obec	Lysá nad Labem (537454)
Půdní blok č.	
Velikost v ha	17 063 ha
Parcelní čísla	2368

Místní měření	16. 8. 2019	
Ukazatel	Hodnota	Jednotka
Teplota vzduchu	23,5	°C
Počasí:	polojasno	

datum odběru:	16. 8. 2019	Čas odběru:	16:30 – 16:45
Souřadnice odběru:	50°12'54.22"N, 14°49'16.42"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
Les	1x kýbl	Směs mechů a listů stromů + keřů	