



Česká zemědělská univerzita v Praze  
Fakulta životního prostředí

# **Terénní průzkum obsahu cesia 137 v rašelinných biotopech havarijní zóny JETE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

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

Bakalant: Patrik Vinohradský

2020

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Patrik Vinohradský

Krajinářství  
Územní technická a správní služba

Název práce

Terénní průzkum obsahu cesia 137 v rašelinných biotopech havarijní zóny JETE

Název anglicky

Field survey of cesium 137 content in peat biotopes of the Temelín emergency zone.

---

Cíle práce

Cílem je odebrat reálné vzorky půdy v rašelinných biotopech a biomasy pro stanovení transferových koeficientů přestupu z půdy do rostlin pro budoucí projekty SÚRO v oblasti radioekologie.

Výsledky budou srovnány s daty poskytnutými SÚRO (z období po havarii Černobylu) a aktuálními daty, získanými průzkumem výzkumného týmu FŽP ČZU.

Metodika

Z každého typu biotopu budou odebrány 3 směsné vzorky (rýčem). Celkem bude k měření  $3 \times 3(4) = 9$  (max. 12) vzorků půd z jednoho typu biotopu.

Odběry půdy se provádějí z pravidla z plochy 20 x 20 cm do hloubky 20 cm homogenně, odběry biomasy se budou provádět v době červenec – srpen.

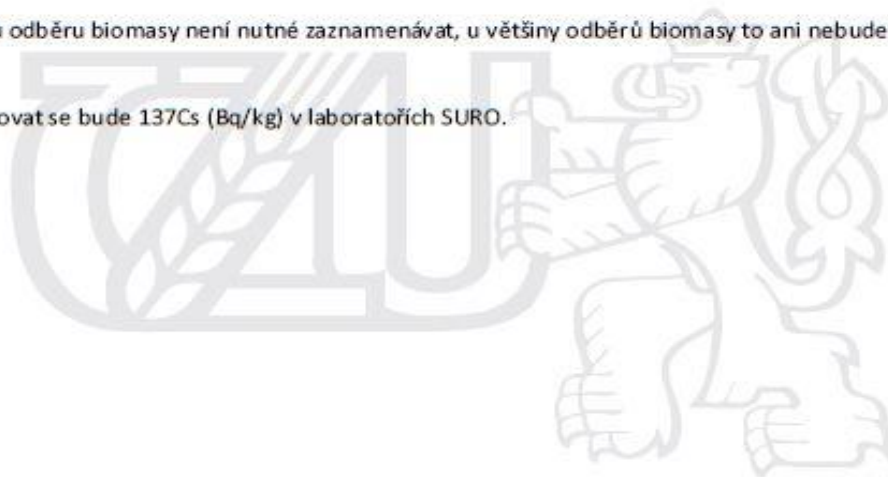
Množství odebrané půdy je dáno rozměrem odběru, množství biomasy možnostmi na konkrétním poli („kolik dovolí majitel“), nejvhodnější je takové množství, aby výsledný vzorek měl objem 3000 ml. Biomasa bude sušena při 60 °C nebo na slunci.

U biomasy bude stanovována hmotnost:

- o Celková hmotnost odebraného nativního vzorku
- o Celková hmotnost vysušeného vzorku

- Při odběrech bude zaznamenána GPS a odběr zakreslen do katastrální mapy (fotografie ze všech odběrů není nutné pořizovat, stačí několik ilustračních s popisem)

- Majiteli pole bude v případě potřeby zajištěna anonymita, v případě publikace (zpráva, práce, článek) bude odběr z jeho pole dán do souvislosti s černobylyským spadem, nebude uveřejněna přesná poloha pole
- Plochu odběru biomasy není nutné zaznamenávat, u většiny odběrů biomasy to ani nebude možné.
- Stanovovat se bude  $^{137}\text{Cs}$  (Bq/kg) v laboratořích SURO.



**Doporučený rozsah práce**

35 stran + přílohy

**Klíčová slova**

biomasa, cesium, transferový koeficient, zemědělské plodiny

---

**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 6. 2. 2020

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 11. 2. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 17. 03. 2020

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Terénní průzkum obsahu cesia 137 v rašelinných biotopech havarijní zóny JETE* 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 Příbrami dne 24. března 2020

.....

### **Poděkování**

Tímto děkuji všem, kteří mi pomohli se zpracováním bakalářské práce. Zejména děkuji paní doc. RNDr. Emilii Pecharové, CSc. za velmi profesionální a odborné vedení a poskytnutí cenných informací. Dále děkuji obci Temelín, Dříteň a Rybářství Třeboň Hld. a.s. za umožnění odběrů vzorků na jejich pozemcích. Rovněž děkuji Státnímu ústavu radiační ochrany za provedený rozbor a analýzu odebraných vzorků. V poslední řadě chci velmi poděkovat studentce České zemědělské univerzity v Praze, slečně Elišce Morávkové za pomoc při zpracování vzorků před následným odesláním k analýze.

V Příbrami dne 24. března 2020

.....

## **Abstrakt**

Bakalářská práce je zaměřena na terénní průzkum obsahu  $^{137}\text{Cs}$  v rašelinných biotopech havarijní zóny Jaderné elektrárny Temelín. V teoretické části práce si představíme zdroje  $^{137}\text{Cs}$  v životním prostředí a jaké jsou následky kontaminace  $^{137}\text{Cs}$  na přírodu a člověka. V praktické části se věnuji odběru a zpracování vzorků půdy a biomasy ve vybraných lokalitách Knín, Chvalešovice a Dříteň. Následně jsou zde popsány výsledky analýzy, které byly poskytnuty Statním ústavem radiační ochrany na oddělení spektrometrie a výpočty transferových koeficientů. Hmotnostní aktivita vzorků půd byla v rozmezí 1,3 – 18 Bq/kg, podle lokality a hloubky odběru. U vzorků biomasy se hmotnostní aktivita pohybovala mezi 0,6- 1,14 Bq/kg. Tyto zjištěné hodnoty jsem porovnával s hodnotami z roku 1986, kdy došlo k celostátnímu průzkumu po jaderné havárii v Černobyli a dále s výsledky jiných prací studentů, kteří pracovali na stejné téma, ale v jiných lokalitách.

## **Klíčová slova**

biomasa, cesium, transferový koeficient, zemědělské plodiny

## **Abstract**

The bachelor thesis is focused on field research of  $^{137}\text{Cs}$  content in peat biotopes of Temelín Nuclear Power Plant emergency zone. In the theoretical part of this work we will introduce sources of  $^{137}\text{Cs}$  in natural environment and what are consequences of  $^{137}\text{Cs}$  contamination on nature and humans. The practical part is devoted to sampling and processing of soil and biomass samples in following locations: Knín, Chvalešovice and Dříteň. Subsequently, the results of the analysis provided by the State Institute of Radiation Protection at the Department of Spectrometry are described and calculation of transfer coefficient. The weight activity of soil samples ranged from 1.3 to 18 Bq/kg depending on location. Depth of sampling and for biomass samples the weight activity ranged from 0.6 to 1.14 Bq/kg. These values were compared with the values from 1986, when a nationwide survey was carried out after the Chernobyl nuclear accident, and also with the results of other works by students working on the same topic but in other locations.

## **Keywords**

biomass, cesium, transfer coefficient, agricultural crops

## Obsah

1.	Úvod.....	9
2.	Cíle.....	10
3.	Literární rešerše.....	11
3.1.	Zdroje $^{137}\text{Cs}$ v přírodě.....	11
3.1.1.	Havárie jaderné elektrárny Černobyl.....	13
3.1.2.	Následky havárie Černobylské JE na území ČSSR.....	15
3.2.	Nebezpečnost $^{137}\text{Cs}$ .....	18
3.3.	Následky ionizujícího záření na lidském těle.....	19
4.	Metodika.....	20
4.1.	Příprava před zahájením odběru.....	20
4.2.	Výběr lokalit odběrových míst.....	20
4.3.	Charakteristika lokalit odběrových míst.....	20
4.3.1.	Knín.....	20
4.3.2.	Chvalešovice.....	21
4.3.3.	Lokalita Dříteň.....	22
4.4.	Plán vzorkování půdy.....	23
4.5.	Odběr vzorků půdy.....	23
4.6.	Zpracování vzorků půdy.....	24
4.7.	Protokol pro vzorkování biomasy.....	25
4.8.	Odběr a zpracování vzorků biomasy.....	26
4.9.	Odevzdání vzorků půdy a biomasy.....	26
5.	Výsledky.....	27
5.1.	Výsledky analýzy půd pro $^{137}\text{Cs}$ .....	27
5.2.	Výsledky analýzy biomasy pro $^{137}\text{Cs}$ .....	28
5.3.	Transferový koeficient.....	29
5.4.	Agregovaný transferový koeficient.....	30
6.	Diskuze.....	31
6.1.	Porovnání plošné aktivity $^{137}\text{Cs}$ v půdě.....	31
6.2.	Porovnání hmotnostní aktivity $^{137}\text{Cs}$ v půdě.....	33
6.3.	Porovnání hmotnostní aktivity $^{137}\text{Cs}$ v biomase.....	36
6.4.	Porovnání výsledků plošné aktivity $^{137}\text{Cs}$ z roku 1986 a 2019.....	39
7.	Závěr.....	41
8.	Seznam použité literatury a zdrojů.....	43
8.1.	Literatura.....	43
8.2.	Internetové zdroje.....	45
9.	Seznam zkratk a vysvětlivek.....	48
10.	Přílohy.....	49



# 1. Úvod

Ionizující záření je druh záření, které působí na lidský organismus a životní prostředí. Prvním zdrojem ionizujícího záření jsou zdroje přírodní, druhým a závažnějším pro život obecně, jsou zdroje umělé. Mezi přírodní zdroje záření se řadí kosmické záření, které putuje z vesmíru na naši Zemi. Umělé zdroje záření jsou produkovány lidskou činností, konkrétně z atmosférických výbuchů jaderných zbraní a dále jedné z nejznámější jaderné katastrofy v historii lidstva, ke které došlo v Ukrajinském Černobylu.

Jedná se o radionuklid cesium 137, psáno chemickým označení jako  $^{137}\text{Cs}$ . Zdrojem původu tohoto radionuklidu jsou četné výbuchy jaderných zbraní při testech v letech od 1945 do roku 1980 na severní polokouli. Další příčinou výskytu radionuklidu je výbuch jaderné elektrárny v roce 1986. V tomto roce se po výbuchu elektrárny přehnal přes tehdejší ČSSR radioaktivní srážkový mrak, který zanesl radionuklid do našeho životního prostředí.

V práci se zabývám původem radionuklidu v místě havarijní zóny jaderné elektrárny Temelín a také porovnávám odebrané vzorky půdy z roku 1986, tedy z roku katastrofy a vzorky novodobé z roku 2018. Pro dnešní obyvatelstvo je důležité tyto faktory monitorovat a zkoumat, také z důvodu poločasu rozpadu, který je u  $^{137}\text{Cs}$  30 let.

## 2. Cíle

Cílem je odebrat reálné vzorky půdy v rašelinných biotopech a biomasy pro stanovení transferových koeficientů přestupů z půdy do rostlin pro budoucí projekty SÚRO v oblasti radioekologie.

Výsledky budou srovnávány s daty poskytnutými SÚRO (z období po havárii v Černobyli) a aktuálními daty, získanými průzkumem výzkumného týmu FŽP ČZU.

Výběr rašelinné půdy byl zvolen za předpokladu, že zde tato půda nebyla zemědělsky obhospodařována nebo jiným způsobem využívána od doby, kdy vybuchla jaderná elektrárna v Černobyli. Proto se zde předpokládá zachovalost a neporušenost vzorků půdy bez zásahu lidské činnosti.

Pro srovnání dat SÚRO bylo nutné odebrané půdní vzorky vysušit a přesít přes pedologické síto 0,4 mm, vzorky biomasy vysušit a připravit pro analýzu. Následně byly vzorky odeslány do Státního ústavu radiační ochrany, kde byly zjištěny hodnoty  $^{137}\text{Cs}$ . Výsledky jsou porovnávány s hodnotami z roku 1986, tedy po havárii Černobyl a následně byl dopočítán transfer  $^{137}\text{Cs}$  z půdy do rostlin.

### 3. Literární rešerše

$^{137}\text{Cs}$  vzniká převážně důsledkem lidské činnosti, a to zejména při procesu štěpení jader uranu a plutonia v jaderném reaktoru. Následně se  $^{137}\text{Cs}$  přeměňuje na baryum-137 (Okumura, 2003).

#### 3.1. Zdroje $^{137}\text{Cs}$ v přírodě

Kontaminace přírody na území České republiky je zapříčiněna četnými výbuchy jaderných zbraní v atmosféře a zejména havárií jaderné elektrárny Černobyl. To jsou dvě hlavní příčiny kontaminace radionuklidem  $^{137}\text{Cs}$  v přírodě (SÚRO, 2020).

Výskyt přírodního cesia je vzácný jak na Zemi, tak ve vesmíru. Odhad množství cesia v zemské kůře je 1–7 mg Cs/kg, což se rovná 2,6 ppm (parts per milion = počet částic na 1 milion částic). Přibližný obsah v mořské vodě je 0,5 µg/l. Ve vesmíru se odhaduje výskyt 1 atomu cesia na přibližně 100 miliard atomů vodíku (Remy, 1961).

Jednou z příčin kontaminace prostředí jsou zkoušky jaderných zbraní v atmosféře. Většina testů jaderných zbraní byla provedena od roku 1945 až do roku 1980. Nejrozsáhlejší testování však proběhlo v letech od 1952 až do roku 1962. Celkový počet testů jaderných zbraní v atmosféře byl 502 (UNSCEAR, 2010).

Následné rozptýlení nebezpečných radionuklidů je díky radioaktivnímu spadu po výbuchu. Radioaktivní spad lze rozdělit do dvou druhů. První druh je lokální a druhý globální. Lokální spad zahrnuje největší částice a zasahuje až do vzdálenosti 100 km od výbuchu jaderné zbraně. Tento druh obsahuje až 50 % radioaktivního spadu s obsahem  $^{137}\text{Cs}$  z celkového množství. Dalším druhem radioaktivního spadu je globální. Tento druh se ještě rozděluje na troposférický a stratosférický. Troposférický spad obsahuje menší částice, které zde nezůstávají déle než 30 dní od jaderného testu. Globální spad je z hlediska životního prostředí ten nebezpečnější. Důvodem je dlouholetá doba poločasu rozpadu. Z tohoto důvodu jsou schopny se radioaktivní částice rozptýlit až po celém světě (Tab. 1). Díky radioaktivním spadům je kontaminováno životní prostředí i lidské tělo mnoho let. Kontaminace lidského organismu může nastat díky dýchání radioaktivního spadu, ale také díky konzumaci kontaminovaných potravin a vody (UNSCEAR, 2010).

Tab. 1: Globální aktivita a poločas rozpadu radionuklidů (UNSCEAR, 2010)

Radionuklidy	Poločas rozpadu	Globální aktivita (PBQ)
<sup>3</sup> H	12,33 l	186000
<sup>14</sup> C	5730 l	213
<sup>54</sup> Mn	312,3 d	3890
<sup>55</sup> Fe	2,73 l	1530
<sup>89</sup> Sr	50,53 d	117000
<sup>90</sup> Sr	28,78 l	622
<sup>91</sup> Y	58,51 d	120000
<sup>95</sup> Zr	64,02 d	148000
<sup>103</sup> Ru	39,26 d	247000
<sup>106</sup> Ru	373,6 d	12200
<sup>125</sup> Sb	2,76 l	741
<sup>140</sup> Ba	12,75 d	759000
<sup>141</sup> Ce	32,5 d	263000
<sup>144</sup> Ce	284,9 d	30700
<b><sup>137</sup>Cs</b>	<b>30,07 l</b>	<b>948</b>
<sup>239</sup> Pu	24110 l	6,52
<sup>240</sup> Pu	6563 l	4,35
<sup>241</sup> Pu	14,35 l	142

První vývoj jaderných zbraní se datuje na přelomu 30. a 40. let dvacátého století, předcházelo tomu první objevení štěpení atomového jádra. Vývoj zmiňované zbraně byl v zemích USA, SSSR, Francie, Británie, Německo a Japonsko (Linhart et al., 2007).

První test jaderné zbraně s názvem Gadget provedlo USA s úspěšným výsledkem. Krycí název celého testu byl Trinity. Pro tento test byla vytvořena plutoniová puma, jejíž jádro tvořilo 6,2 kg plutonia. Test Gadgetu byl proveden v Novém Mexiku dne 16. července 1945 a to ve výšce 30 m na stožáru, výbuch tedy patří mezi pozemní. Udávaná síla výbuchu odpovídala tritolovému ekvivalentu 19 kilotun (Linhart et al., 2007).

### 3.1.1. Havárie jaderné elektrárny Černobyl

Jaderná elektrárna Černobyl se nachází na severu Ukrajiny v Kyjevské oblasti, která je přibližně 1118 km vzdálena vzdušnou čarou od Prahy. Velice důležitou roli elektrárny hrála řeka Pripjať, která protéká v bezprostřední blízkosti u jaderné elektrárny. Řeka sloužila jako zdroj vody pro chlazení reaktorů. Reaktory elektrárny byly tlakovodní a jejich celkový výkon byl 4000MW. Začátek stavby se datuje k roku 1971, kdy začátku stavby předcházela výstavba města Pripjať, která sloužila jako zázemí zaměstnanců elektrárny a jejich rodinám (Tůma, 2000).



Obr. 1: Nový ochranný sarkofág reaktoru č.4 v Černobylu (Google Earth, 2020)

Katastrofa jaderné elektrárny Černobyl se stala brzy ráno dne 26. dubna 1986 ještě za tmy. Na 4. jaderném reaktoru probíhala běžná bezpečnostní zkouška, která se v průběhu let ukázala jako jedna z největších katastrof v lidské historii. Příčin a špatných rozhodnutí katastrofy bylo hned několik. První příčinou vzniku katastrofy je bez pochyb neúplná proškolenost operátorů velína reaktoru noční směny. Důvodem byl zřejmě dřívější totalitní režim, který záměrně skrýval vady reaktoru RBMK-1000 z důvodu politické situace a tvrdil, že je reaktor dokonalý a nezničitelný (Kostka, 2019).

Brzy ráno dne 26. dubna 1986 byla v plánu provést bezpečnostní zkouška, která měla ověřit, zda po rychlém uzavření páry k turbíně bude generátor schopný

vlivem setrvačnosti turbíny napájet havarijní čerpadla, než se spustí dieselagregát. Doba napájení havarijního čerpadla při setrvačnosti turbíny měla být přibližně 40 vteřin. Úkolem této zkoušky mělo být snížení výkonu reaktoru na 700-1000 MW před odstavením reaktoru samotného. Tento výkon byl stanovený jako spodní hranice bezpečného provozu RBMK-1000. Dále měla být odstavena jedna ze dvou turbín. Následně mělo dojít k odstavení havarijního chlazení a přívod páry do turbíny (Bennett et al., 2000).

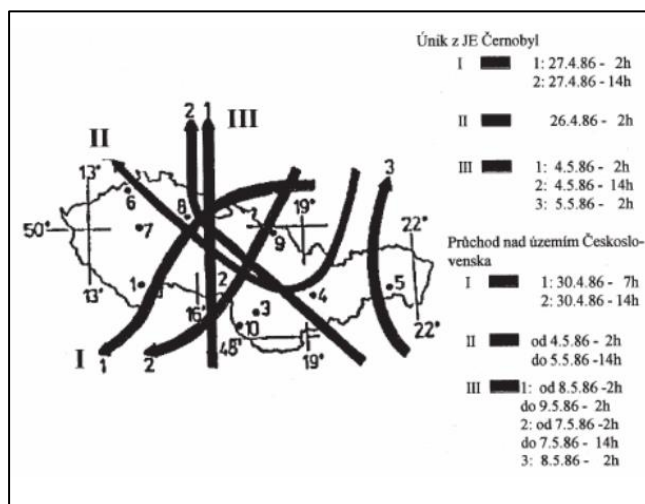
Během bezpečnostní zkoušky jaderného reaktoru došlo ke dvěma mohutným výbuchům, kvůli zásadním chybám operátorů a vedoucího směny velína, ale také díky špatné konstrukci reaktoru. Po prvním výbuchu bylo odsunuto víko o hmotnosti 1000 tun, který odsunul tlak páry díky vysoké teplotě reaktoru. Další výbušná reakce byla způsobena vlivem proniknutí vzduchu do reaktoru. Vzduch rozpoutal reakci vodní páry s grafitem za vzniku vodíku, který následně explodoval a způsobil rozptýlení radioaktivního grafitu o hmotnosti 700 tun do okolí. Grafit následně způsobil mohutný požár. Požár trval 10 dnů a roznášel radioaktivní látky do ovzduší ve všech směrech. Velkou roli hrály také vyskytující se srážky, které napomáhaly roznášet radioaktivní částice do celé Evropy (Bennett et al., 2000). Kouř z hořícího reaktoru za pomoci četných srážek, roznášel radioaktivní látky do atmosféry po celé Evropě (Tab. 2). Zejména nebezpečné radionuklidy jódu a cesia (Sinkulová, 2006).

Tab. 2: Radionuklidy uniklé po Černobylské havárii roku 1986 (UNSCEAR, 2010)

Radionuklid	Poločas rozpadu (roky)	Aktivita (TBq)
<sup>85</sup> Kr	10,760	33 000
<sup>89</sup> Sr	0,140	80 000
<sup>90</sup> Sr	28,800	8 000
<sup>99</sup> Mo	0,010	210 000
<sup>95</sup> Zr	0,180	140 00 – 196 000
<sup>103</sup> Ru	0,110	120 000 – 170 000
<sup>106</sup> Ru	1,020	30 000
<sup>131</sup> I	0,020	1 760 000
<sup>133</sup> I	0,002	910 000
<sup>132</sup> Te	0,010	1 000 000
<sup>133</sup> Xe	0,010	6 500 000
<sup>134</sup> Cs	2,060	44 000 – 50 000
<sup>137</sup> Cs	30,070	74 000 – 85 000
<sup>140</sup> Ba	0,040	170 000
<sup>141</sup> Ce	0,090	120 000 – 200 000
<sup>144</sup> Ce	0,780	90 000 – 140 000
<sup>239</sup> Np	0,001	1 700 000
<sup>238</sup> Pu	88	30 – 35
<sup>239</sup> Pu	24 100	30 – 33
<sup>240</sup> Pu	6 567	42 – 53
<sup>241</sup> Pu	14,350	5 900 – 6 300
<sup>242</sup> Cm	0,450	900 – 11 000

### 3.1.2. Následky havárie Černobylské JE na území ČSSR

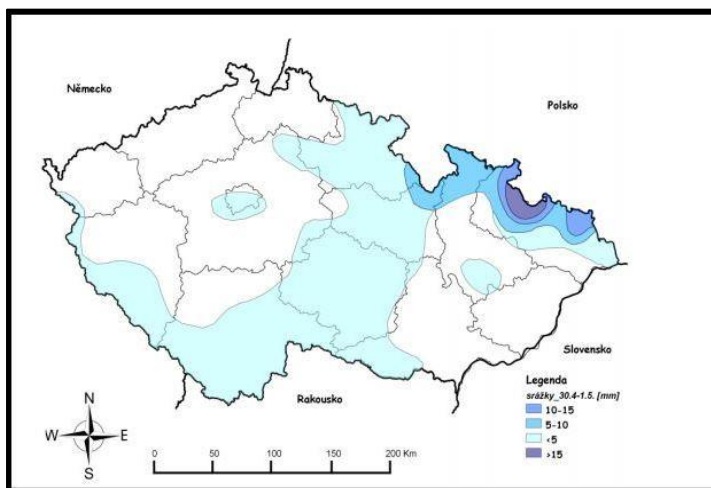
Tehdy bývalá ČSSR byla zasažena radioaktivním spadem z Ukrajinského Černobylu. První zjištěné hodnoty radioaktivního spadu byly naměřeny v nočních hodinách dne 29. dubna 1986 z kontrolních měření jaderných elektráren. Následně po tomto impulzu byla zahájena další systematická měření. Měření bylo zahájeno na Krajských hygienických stanicích v oborech hygieny záření. Zároveň bylo osloveno centrum hygieny záření IHE, které mělo zhodnotit závažnost radiační situace. Přes ČSSR přešly celkem tři kontaminované vzdušné masy (Obr. 2). První fáze průchodu byla v noci dne 29. dubna 1986. Druhá fáze průletu byla zaznamenána dne 3. a 4. května a poslední průlet byl zaznamenán 7. května roku 1986. Po rozborech těchto vzdušných mas bylo rozpoznáno celkem 20 radionuklidů (Hůlka, Malátová, 2020).



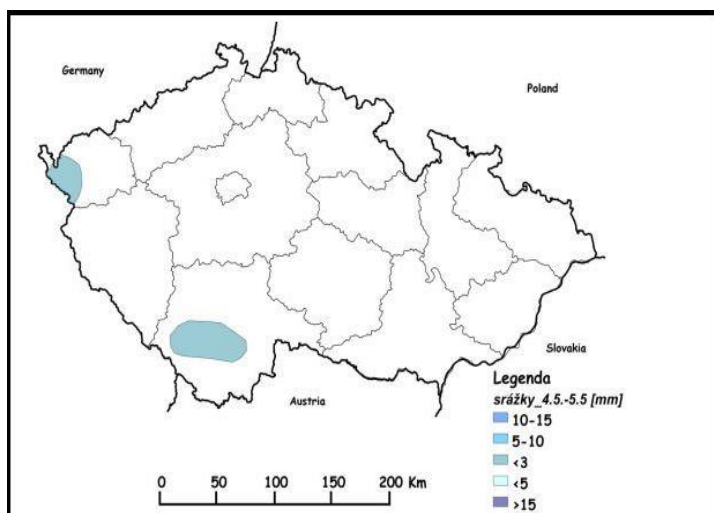
Obr. 2: Kontaminované vzdušné masy, předpoklad postupu (Hůlka, Malátová, 2020)

Nejvýznamnější radionuklidy z hlediska kontaminace byly naměřeny  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  a  $^{103}\text{Ru}$ . Hodnoty těchto radionuklidů byly naměřeny v řádu jednotek až desítek  $\text{Bq/m}^3$  (Hůlka, Malátová, 2020). Radionuklid  $^{131}\text{I}$  se značně podílel na kontaminaci prostředí, ale díky krátkému poločasu rozpadu, přestal být časem významný. Převážná kontaminace prostředí byla tvořena radionuklidy  $^{134}\text{Cs}$  a  $^{137}\text{Cs}$ , přičemž kontaminace vlivem  $^{137}\text{Cs}$  byla o padesát procent větší než u zmiňovaného radionuklidu  $^{134}\text{Cs}$ . Celková kontaminace prostředí, těmito dvěma izotopy byla kolem devadesáti procent. Co se týče ostatních radionuklidů, význam nebyl nijak velký (SÚJB, SÚRO, 1996).

Kontaminace na území bývalé ČSSR v roce 1986 byla značně nerovnoměrná. Za příčinu této nerovnoměrné kontaminace mluví informace, která ukazuje přechody různých srážek, které roznášely kontaminované mraky (Obr. 3,4,5,6). Nehomogenita mraků plných radionuklidů byla zapříčiněna vlivem různých směrů srážek. Na obrázcích je vidět, že největší distribuce těchto radionuklidů, na našem území byla v období od 30.4.- 5.5.1986. Pozdější srážky byly naštěstí slabší a distribuce radionuklidu byla tudíž menší (Helebrant, Rulík, 2011).

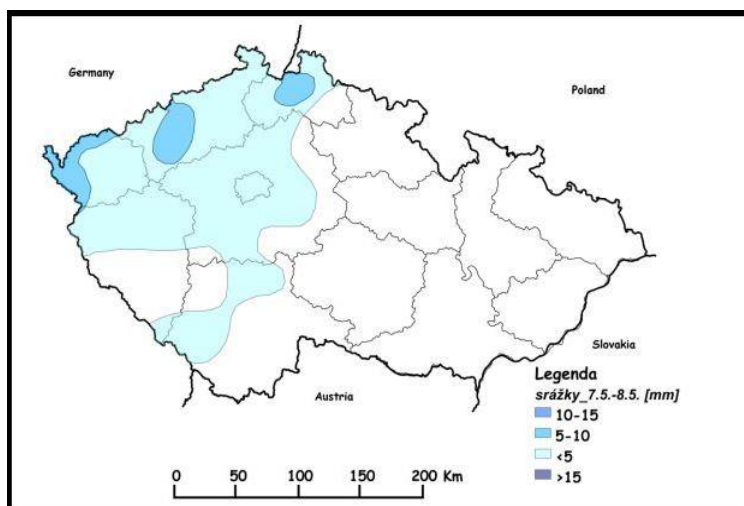


Obr. 3: Průběh srážek v ČSSR od 30.4. do 1.5.1986 (Helebrant, Rulík, 2011)

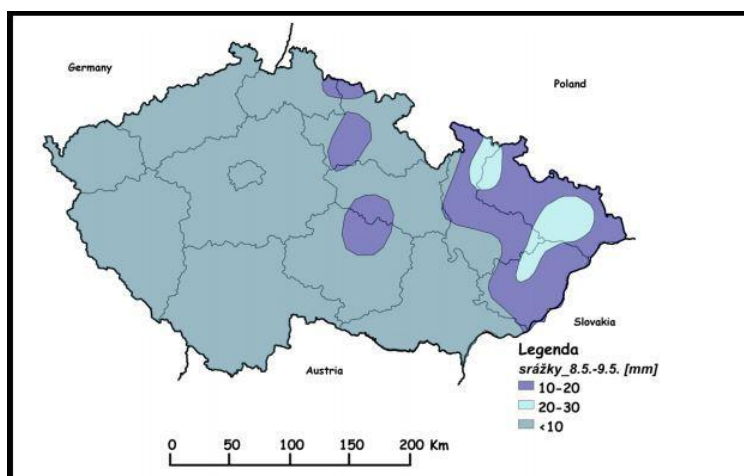


Obr. 4: Průběh srážek v ČSSR od 4.5. do 5.5.1986 (Helebrant, Rulík, 2011)





Obr. 5: Průběh srážek v ČSSR od 7.5. do 8.5.1986 (Helebrant, Rulík, 2011)



Obr. 6: Průběh srážek v ČSSR od 8.5. do 9.5.1986 (Helebrant, Rulík, 2011)

Spad z ozářených mraků způsobil krátkodobý nárůst ekvivalentní dávky, až na několiknásobek standardu. Samotné záření z mraku nebylo nijak významné. Jedná se tedy čistě o spad. Hlavním produktem tohoto záření byly radionuklidy  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{132}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ . Ty však mají poločas rozpadu krátký, a proto zde převládali izotopy cesia. Zmiňované krátkodobé radionuklidy zanikly po 3 měsících a zůstalo zde jen působení izotopu cesia, které se po několika týdnech špatně rozeznávalo od přírodního (Tab. 3). Po jaderné havárii v Ukrajinském Černobylu byla v České republice zjištěna průměrná efektivní dávka ze srážkového spadu 0,05mSv (Tab. 3), (Hůlka, Malátová, 2020).

Tehdy hlavním úkolem ČSSR bylo omezit průnik radioaktivních látek do potravin. Nejvíce zasaženou potravinou bylo mléko a listové potraviny, zejména

izotopem  $^{131}\text{I}$ . Tento izotop se do potravin dostal pomocí dobrého vegetačního období, kdy se dařilo listové zelenině, která v té době byla už velmi vzrostlá. Například u trávy se pohybovala hodnota až kolem 1000 Bq/kg. Mléko bylo také velmi nebezpečné, a to z důvodu velkého příjmu  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  a  $^{137}\text{Cs}$  (Hůlka, Malátová, 2020).

V této době bylo z preventivních důvodů zavedeno několik bezpečnostních opatření. Týkalo se to zejména mléka, kde bylo provedeno několik kroků, aby se do této potravině nedostávalo  $^{131}\text{I}$ . Hodnota nesměla být větší než 1000 Bq/l. Dále jedním z hlavních úkolů bylo snížit hodnoty radionuklidů v dětské mléčné výživě (Malátová, 2020).

Tab. 3: Porovnání dávek ozáření obyvatelstva ČR po Černobylské havárie (Hůlka, Malátová, 2020)

Dávka (mSv)	1986	1986-1991	1986-1995	1986-2005	1986-2056
Zevní ozáření	0,05	0,15	0,17	0,22	0,28
Vnitřní ozáření (původní)	0,21	0,28	0,29	0,32	0,36
Vnitřní ozáření (nový odhad)	0,15	0,22	0,23	0,25	0,26
Celkem původní	0,26	0,43	0,46	n/a	n/a
Celkem (nový odhad)	0,2	0,37	0,4	0,47	0,54

V České republice se provádí orientační měření umělých radionuklidů v životním prostředí stále. Odebírají se vzorky ovzduší, vody a půdy, z důvodu stanovení radiační zátěže na obyvatele (SÚJB, 2008).

Je třeba stále monitorovat položky na pultech obchodů s potravinami, na přítomnost nebezpečných radionuklidů. Výsledky měření následně napomáhají ke stanovení radiační zátěže na obyvatele, pomocí ingesce. Radionuklidy se na pulty obchodních řetězců dostávají v zárodku pomocí vody a půdy. Proto vzhledem ke stravovacím návykům je nejvíce sledováno mléko, maso, lesní plody a houby. V těchto potravinách je nejvíce sledováno  $^{137}\text{Cs}$ , kdy se stanovuje hmotnostní aktivita radionuklidu (SÚJB, 2008).

### 3.2. Nebezpečnost $^{137}\text{Cs}$

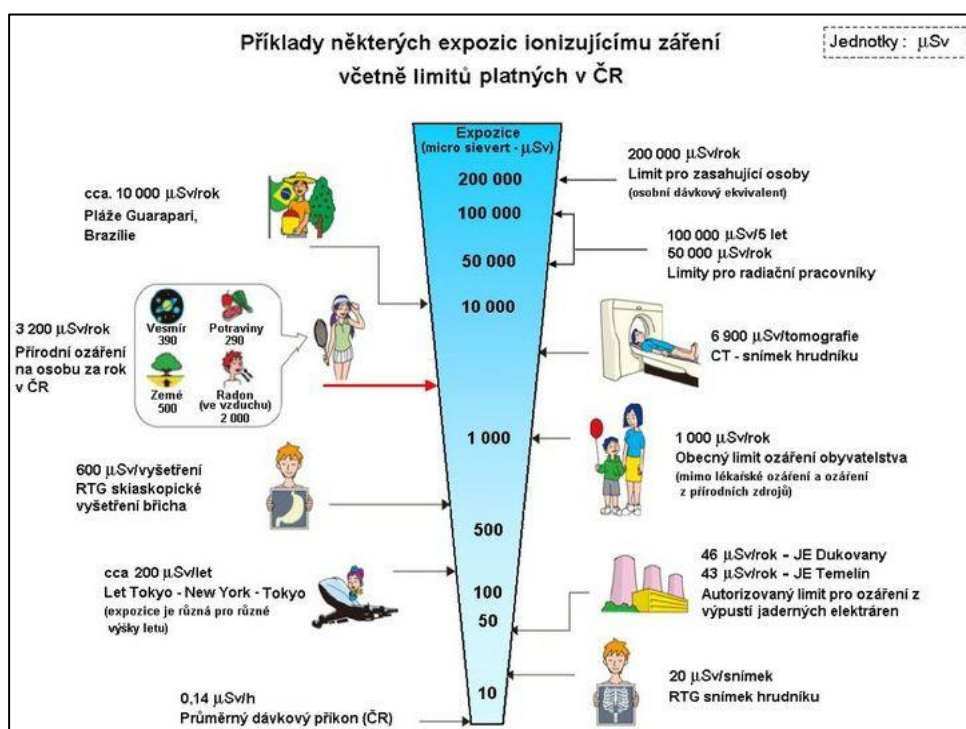
U průniku  $^{137}\text{Cs}$  do lidského organismu je zaručena distribuce po celém těle. Největší koncentrace cesia je zaznamenávána v měkkých tkáních (Delacroix et al., 2002).

V roce 1972 byl proveden pokus pomocí cesia na psech, u nichž bylo zatíženo celé tělo. Dávka zatížení byla 140 MBq a zvíře uhynulo po 33 dnech. Zatímco dvakrát menší zatížení těla, dovolilo zvířeti až rok života (Redman, et al., 1972).

### 3.3. Následky ionizujícího záření na lidském těle

Účinky záření na lidský organismus můžeme rozdělit do několika kategorií. První kategorie jsou časná a pozdní, kdy pod časnou patří následky somatické. Časné somatické následky jsou akutní nemoc z ozáření, akutní lokální změny, akutní radiodermatitis a poškození fertility. Mezi pozdní somatické následky patří nádorová pozdní poškození, chronická radiodermatitis a zákal oční čočky. Mezi pozdní následky řadíme také genetické, kam patří genetické účinky u potomstva. Dále je nutné zdůraznit, že u všech kategorií platí poškození vývoje plodu (SÚJB, 2020).

Záření na buňky působí jednak zánikem nebo mění buněčnou strukturu a DNA člověka. Smrt ozářeného subjektu nebo poškození orgánů může nastat při velkém množství usmrcených nebo poškozených buněk. Pokud záření buňku neusmrtí, dochází k jinému typu poškození DNA. Buňka se opraví nebo k opravě vůbec nedojde a nastane mutace buňky. To se může projevit v buněčných děleních a následně může nastat rakovina. Pokud taková buňka nese genetickou informaci, může nastat dědičné poškození. Proto dělíme účinky záření na časné a pozdní (UNEP, 2016).



Obr. 7: Platné limity ozáření ( $\mu\text{Sv}$ ) v ČR (SÚJB, 2020)

## 4. Metodika

### 4.1. Příprava před zahájením odběru

Samotnému odběru v první řadě předcházelo vybrání vhodného místa. Místo muselo splňovat zadaná kritéria a muselo být schváleno vedoucím práce.

### 4.2. Výběr lokalit odběrových míst

Výběr lokalit pro odběr vzorků jsem vybral na třech různých místech. Místa se nachází v havarijní zóně jaderné elektrárny Temelín, která sahá do vzdálenosti dvaceti kilometrů. V této zóně jsem vybral rašelinné biotopy, kde se předpokládalo, že zde půda nebyla obhospodařována od doby, kdy se stala jaderná katastrofa v Černobylu.

### 4.3. Charakteristika lokalit odběrových míst

#### 4.3.1. Knín

První místo jsem vybral v blízkosti Libívského rybníka (Obr. 8). Souřadnice místa jsou 49°09'24"N, 14°23'30.1"E a je vzdáleno 4,7 km vzdušnou čarou od jaderné elektrárny Temelín. Správní obcí pro tento pozemek je obec Temelín, která se nachází v okrese České Budějovice. Místo patří do katastrálního území Knín [613959]. Velikost pozemku místa prvního odběru je 8,0504 ha. Parcelní číslo pozemku je 87/5.



Obr. 8: Vyznačené místo odběru, Knín (ČÚZK, 2019)



*Obr. 9: Lokalita odběru Knín (Vinohradský, 2018)*

#### **4.3.2. Chvalešovice**

Druhé místo jsem zvolil v blízkosti rybníka Maletínek (Obr. 10). Souřadnice místa jsou  $49^{\circ}10'46.3''\text{N}$ ,  $14^{\circ}18'08.3''\text{E}$  a je vzdálené 11,46 km vzdušnou čarou od jaderné elektrárny Temelín. Správní obcí pro tento pozemek je obec Dříteň. Vlastníkem pozemku je Rybářství Třeboň Hld. a.s. Místo patří do katastrálního území Chvalešovice [654981]. Velikost místa druhého pozemku je 4,1805 ha. Parcelní číslo pozemku je 318.



*Obr. 10: Vyznačené místo odběru, Chvalešovice (ČÚZK, 2019)*

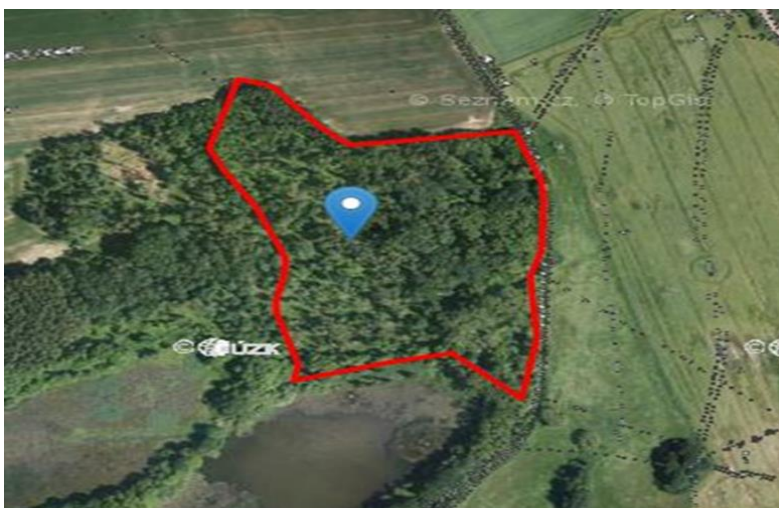




*Obr. 11: Lokalita odběru Chvalešovice (Vinohradský, 2018)*

#### **4.3.3. Lokalita Dříteň**

Třetí místo jsem zvolil v blízkosti rybníků Horní Strachovický a Dolní Strachovický (Obr. 12), souřadnice místa jsou 49°08'25.7"N, 14°18'33.4"E a je vzdálené 13 km vzdušnou čarou od jaderné elektrárny Temelín. Správní obcí pro tento pozemek je obec Dříteň. Vlastníkem pozemku je též obec Dříteň. Místo patří do katastrálního území Záblatí [789089]. Velikost místa třetího pozemku je 5,3270 ha. Parcelní číslo pozemku je 190/1.



*Obr. 12: Vyznačené místo odběru, Dříteň (ČÚZK, 2019)*



Obr. 13: Lokalita odběru Dříteň (Vinohradský, 2018)

#### 4.4. Plán vzorkování půdy

Před odběrem jsem nejprve vytvořil plán vzorkování, pro který jsem si předtím shromáždil data.

Plán vzorkování jsem zpracoval pro všechny tři lokality Knín, Chvalešovice a Dříteň. V plánu je konkrétně popsáno odběrové místo, účel odběru, počet dílčích vzorků, datum odběru, typ odběrového zařízení, značení vzorků a jejich hmotnost. Dále jsou zde uvedeny požadavky na balení, konzervaci, skladování a dopravu vzorků.

#### 4.5. Odběr vzorků půdy

Vzorky jsem odebíral v listopadu roku 2018. V den odběru bylo polojasno a teplota se pohybovala v rozmezí 15–17 °C. Typ odběrového zařízení jsem použil rýč, krumpáč, lopatu a kyblíky (Obr. 14). V každé lokalitě jsem odebral tři vzorky půdy v různých hloubkách. Kopal jsem ve třech hloubkových vrstvách, kdy každá požadovaná vrstva musela splňovat 25 cm do hloubky. Konečná hloubka odběru byla stanovena na 75 cm. Pro pomůcku, každá vrstva byla hluboká zhruba na výšku kovové části lopaty. První vrstva (A) se mi odebírala poměrně dobře, jelikož půda byla dostatečně vlhká a měkká, přesto odběr komplikovaly kořínky travin. Druhá vrstva (B) byla poměrně čistá, bez kořenů a kamení. Třetí vrstva (C) už se odebírala o dost hůře, protože obsahovala vysoký podíl kamení a půda byla tvrdá. Celkem jsem odebral devět vzorků vhodných pro následné zpracování.



*Obr. 14: Nástroje potřebné pro odběry (Vinohradský, 2018)*

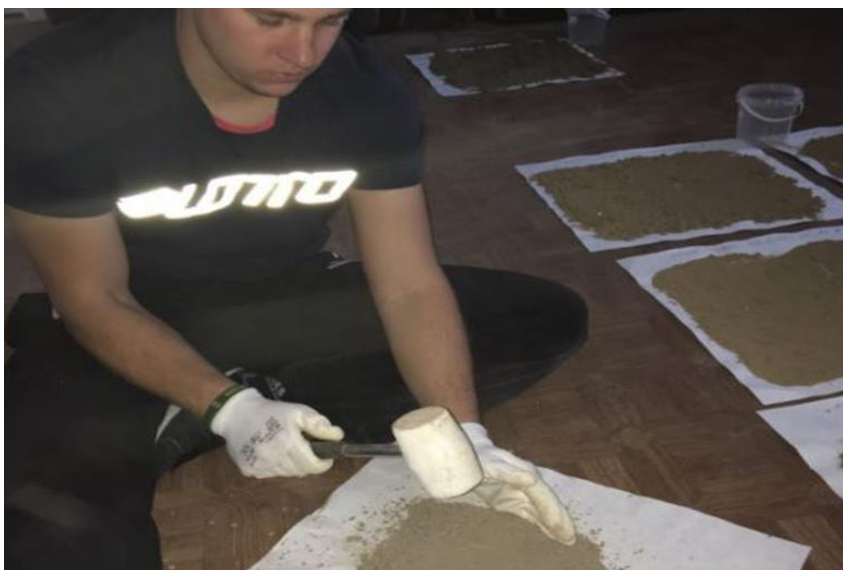


*Obr. 15: Odběr vzorků rašeliny (Vinohradský, 2018)*

#### **4.6. Zpracování vzorků půdy**

Před samotným zpracováním bylo nutné půdu vysypat na papírový podklad, umístit do vytápěné místnosti a tím půdu zbavit vlhkosti (Obr. 17). Půdu jsem sušil celkem týden, během kterého jsem půdu párkrát promísil. Po vysušení půdy následovalo prosetí přes síto s otvory o průměru 0,4mm. V některých případech jsem musel vzorky rozmělnit kladivem, protože půda po vysušení tvořila tvrdé hrudky hlíny, které by sítím neprošly (Obr. 16). Prosetou půdu jsem vložil do kyblíků. Každý kyblík vzorku vážil 1 kg a byl označen typem půdy, GPS souřadnicemi, vrstvou (A, B, C) a datem odběru dle plánu vzorkování. Takto připravené vzorky byly odeslány do Státního ústavu radiační ochrany, kde se v oddělení spektrometrie vzorky analyzovaly.





*Obr. 16: Rozmělňování půdy před prosetím (Vinohradský, 2018)*



*Obr. 17: Sušení půdních vzorků (Vinohradský, 2018)*

#### **4.7. Protokol pro vzorkování biomasy**

Před odběrem jsem nejprve vytvořil protokolární záznam o odběru vzorků biomasy, pro který jsem si předtím shromáždil data.

Protokolární záznam jsem zpracoval pro všechny tři lokality Knín, Chvalešovice a Dříteň. V každém protokolu je konkrétně popsáno odběrové místo, datum odběru, klimatické podmínky při odběru, vzorkovací pomůcky a označení vzorků atd.

#### 4.8. Odběr a zpracování vzorků biomasy

Odběr biomasy jsem prováděl zároveň při odběru půdy, kdy jsem pomocí nůžek ostříhal okolní travinný porost. Biomasu jsem poté vložil do papírových pytlů.

Zpracování biomasy nebylo nijak složité. Biomasu jsem následně rozprostřel na čistou podlahu v rodinném domě, kde se také zbavila veškeré vlhkosti (Obr. 18). Celková doba sušení biomasy trvala celkem týden při pokojové teplotě 24 °C. Po celou dobu jsem v místnosti pravidelně větral, aby nedocházelo k znehodnocení vzorků, například vlivem plísní. Vysušenou biomasu jsem nastříhal na vzorky o délce 5 cm a vložil do předem připravených a popsanych plastových nádob.



Obr. 18: Sušení vzorků biomasy (Vinohradský, 2018)

#### 4.9. Odevzdání vzorků půdy a biomasy

Hotové vzorky půdy a biomasy (Obr. 19) jsem odevzdal vedoucí práce na FŽP České zemědělské univerzity. Vedoucí mé práce doc. RNDr. Emilie Pecharová, CSc. následně vzorky odeslala do Státního ústavu radiační ochrany na oddělení spektrometrie, kde byly vzorky analyzovány.



Obr. 19: Připravené vzorky půdy a biomasy pro odeslání (Vinohradský, 2018)

## 5. Výsledky

### 5.1. Výsledky analýzy půd pro $^{137}\text{Cs}$

Zjištěné výsledky analýzy půdy jsem rozdělil do jednotlivých tabulek podle lokality. Výsledky biomasy jsem vložil do jedné tabulky. V tabulkách jsem uvedl označení místa, vrstvu, korekci na sušinu, aktivitu  $^{137}\text{Cs}$  (Bq/kg sušinu) a kombinovanou standardní nejistotu  $^{137}\text{Cs}$  (Bq/kg sušinu). Výsledky plošné aktivity jsem vložil také do samostatné tabulky, kde jsem uvedl označení místa, druh vzorku a plošnou aktivitu (Bq/m<sup>2</sup>).

Tab. 4: Hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v lokalitě Knín (Vinohradský, 2020)

Seznam vzorků		Korekce na sušinu	Aktivita $^{137}\text{Cs}$ (Bq/kg suš)	Kombinovaná standardní
Označení:	Vrstva:			
1.místo <b>Knín</b>	Vrstva <b>A</b>	0,9753	12	1
1.místo <b>Knín</b>	Vrstva <b>B</b>	0,9919	2	0,3
1.místo <b>Knín</b>	Vrstva <b>C</b>	0,9888	1,4	0,1

Tab. 5: Hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v lokalitě Chvalešovice (Vinohradský, 2020)

Seznam vzorků		Korekce na sušinu	Aktivita $^{137}\text{Cs}$	Kombinovaná standardní
Označení:	Vrstva:			
2.místo <b>Chvalešovice</b>	Vrstva <b>A</b>	0,9793	15	2
2.místo <b>Chvalešovice</b>	Vrstva <b>B</b>	0,982	10	1
2.místo <b>Chvalešovice</b>	Vrstva <b>C</b>	0,9877	3,8	0,4

Tab. 6: Naměřená hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v lokalitě Dříteň (Vinohradský, 2020)

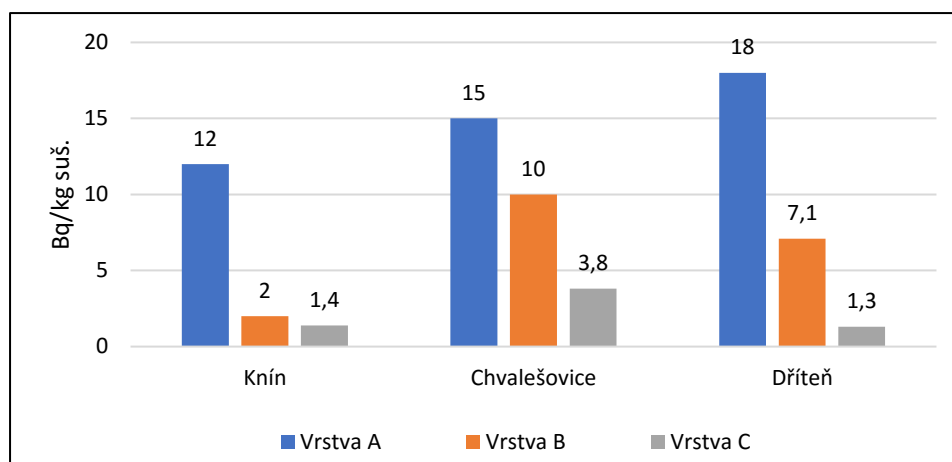
Seznam vzorků		Korekce na sušinu	Aktivita $^{137}\text{Cs}$ (Bq/kg)	Kombinovaná standardní
Označení:	Vrstva:			
3.místo <b>Dříteň</b>	Vrstva <b>A</b>	0,972	18	2
3.místo <b>Dříteň</b>	Vrstva <b>B</b>	0,9734	7,1	0,7
3.místo <b>Dříteň</b>	Vrstva <b>C</b>	0,977	1,3	0,1

Tab. 7: Naměřená plošná aktivita  $^{137}\text{Cs}$  ze všech lokalit (Vinohradský, 2020)

Seznam vzorků		Aktivita $^{137}\text{Cs}$ (Bq/m <sup>2</sup> )
Označení:	Druh vzorku:	
1.místo <b>Knín</b>	<b>Půda</b>	418
2.místo <b>Chvalešovice</b>	<b>Půda</b>	808
3.místo <b>Dříteň</b>	<b>Půda</b>	666

Nejvyšší hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  vrstvy (A) byla naměřena v lokalitě Dříteň. Hodnota zde byla 18 Bq/kg sušiny. U těchto vrstev nebyl rozdíl hodnot v lokalitách nijak velký. Ve vrstvě (B) byla nejvyšší hodnota naměřena v lokalitě Chvalešovice. Hodnota zde byla 10 Bq/kg sušiny. V této lokalitě je hodnota pětkrát vyšší než v lokalitě Knín. V poslední vrstvě (C) byla hodnota nejvyšší opět v lokalitě

Chvalešovice a to 3,8 Bq/kg sušiny. V této vrstvě nejsou téměř žádné rozdíly (Graf 1). Plošná aktivita v půdě se pohybovala v rozmezí 418-808 Bq/m<sup>2</sup> (Tab.7).



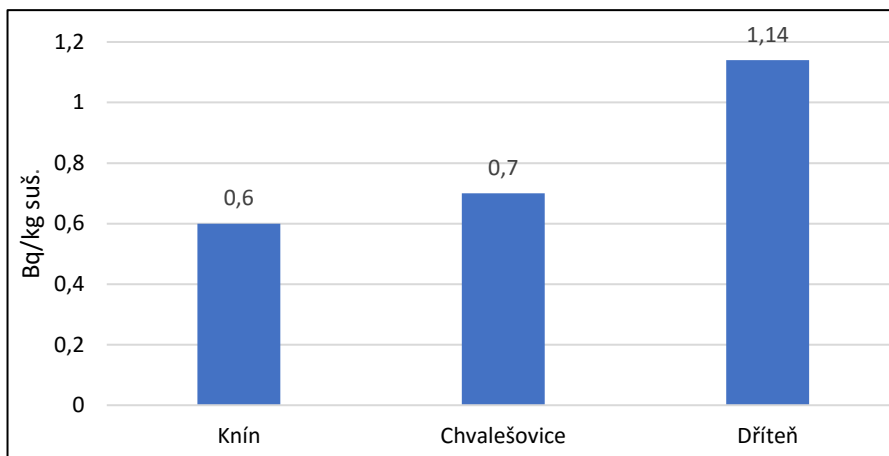
Graf 1: Hmotnostní aktivita <sup>137</sup>Cs v půdě vybraných lokalit (Vinohradský, 2020)

## 5.2. Výsledky analýzy biomasy pro <sup>137</sup>Cs

Výsledky naměřené aktivity <sup>137</sup>Cs jsem vložil do jedné společné tabulky. Nejvyšší aktivita <sup>137</sup>Cs byla naměřena v lokalitě Dříteň. Aktivita v této lokalitě byla 1,14 Bq/kg sušiny. Druhá naměřená hodnota byla 0,7 Bq/kg sušiny ve Chvalešovicích. Nejnižší hodnota byla v lokalitě Knín a to 0,6 Bq/kg sušiny. Mezi hodnotami <sup>137</sup>Cs v biomase nebyl velký rozdíl oproti hodnotám zjištěných v půdě. Lokalita Dříteň, která má nejvyšší obsah <sup>137</sup>Cs v půdě má taktéž nejvyšší obsah <sup>137</sup>Cs v biomase. Porovnání výsledných hodnot v biomase jsem zakreslil do grafu (Graf 2).

Tab. 8: Hmotnostní aktivita <sup>137</sup>Cs v biomase všech lokalit (Vinohradský, 2020)

Seznam vzorků		Korekce na sušinu	Aktivita <sup>137</sup> Cs (Bq/kg suš)	Kombinovaná standardní nejistota <sup>137</sup> Cs (Bq/kg suš)
Označení:	Vrstva:			
1.místo <b>Knín</b>	<b>Biomasa</b>	0,9359	0,6	0,06
2.místo <b>Chvalešovice</b>	<b>Biomasa</b>	0,9285	0,7	0,08
3.místo <b>Dříteň</b>	<b>Biomasa</b>	0,9284	1,14	0,02



Graf 2: Hmotnostní aktivita <sup>137</sup>Cs v biomase vybraných lokalit (Vinohradský, 2020)

### 5.3. Transferový koeficient

Transferový koeficient (TK) z půdy do rostliny je jedním z cílů práce. Hodnoty transferového koeficientu z půdy do rostlin pro <sup>137</sup>Cs byly stanoveny dle metodiky- Stanovení transferového koeficientu půda-rostlina v laboratoři (Ježková, Rulík, 2015).

Transferový koeficient se vypočítává pro budoucí předpověď přechodu <sup>137</sup>Cs z půd do rostlin a pro předpověď kontaminace plodin (Ježková, Rulík, 2015).

Výpočet přestupu <sup>137</sup>Cs z půdy do rostlin proběhl následujícím způsobem. Vážený průměr hmotnostní aktivity v sušině rostliny ( $A_r$ ) děleno vážený průměr hmotnostní aktivity půdy korigovaná na obsah sušiny ( $A_p$ ) se rovná transferový koeficient (TK) (Ježková, Rulík, 2015).

Mezi hodnotami jednotlivých lokalit není vidět značný rozdíl, pro lepší porovnání rozdílů jsem vytvořil graf (Graf. 3).

Tab. 9: Transferový koeficient jednotlivých lokalit (Vinohradský, 2020)

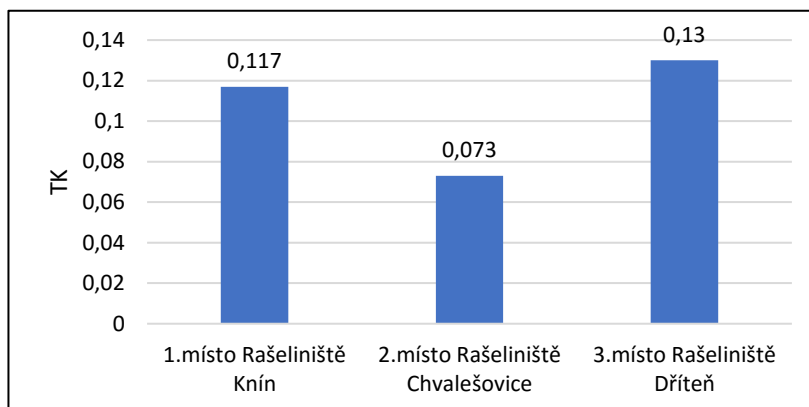
Název lokality	Transferový koeficient (TF)
1.místo Rašeliniště <b>Knín</b>	<b>0,117</b>
2.místo Rašeliniště <b>Chvalešovice</b>	<b>0,073</b>
3.místo Rašeliniště <b>Dříteň</b>	<b>0,13</b>

$$\text{Vzorec pro výpočet } TK = \frac{A_r}{A_p}$$

TK-transferový koeficient

$A_r$ -vážený průměr hmotnostní aktivity v sušině rostliny

$A_p$ -vážený průměr hmotnostní aktivity půdy korigovaná na obsah sušiny



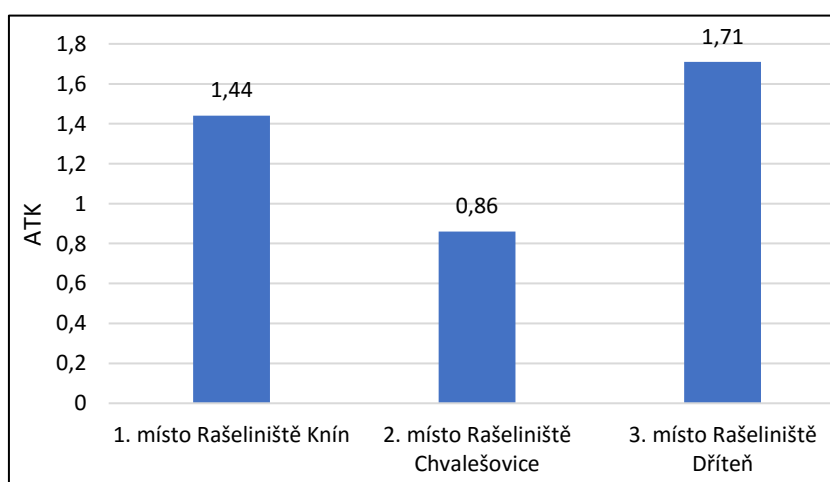
Graf 3: Transferový koeficient (Vinohradský, 2020)

#### 5.4. Agregovaný transferový koeficient

Metodika pro modelové prognózní stanovení kontaminace plodin (v prvním a dalších letech po havárii) je další metoda, jak odhadnout budoucí kontaminaci plodin přes kořenový systém (Procházka et al., 2015). Tento koeficient se používá k výpočtu z plošné aktivity  $^{137}\text{Cs}$ . Koeficient jsem vypočítal podílem hmotnostní aktivity  $^{137}\text{Cs}$  biomasy ( $\text{Bq/kg}$  sušiny) a plošné aktivity  $^{137}\text{Cs}$  půdy ( $\text{Bq/m}^2$ ). Pro lepší porovnání rozdílů jsem vytvořil graf (Graf. 4) (Procházka et al., 2015).

Tab. 10: Agregovaný transferový koeficient jednotlivých lokalit (Vinohradský, 2020)

Název lokality	Agregovaný transferový koeficient (ATK)
1.místo Rašeliniště <b>Knín</b>	$1,44 \times 10^{-3}$
2.místo Rašeliniště <b>Chvalešovice</b>	$0,86 \times 10^{-3}$
3.místo Rašeliniště <b>Dříteň</b>	$1,71 \times 10^{-3}$



Graf 4: Agregovaný transferový koeficient jednotlivých lokalit (Vinohradský, 2020)

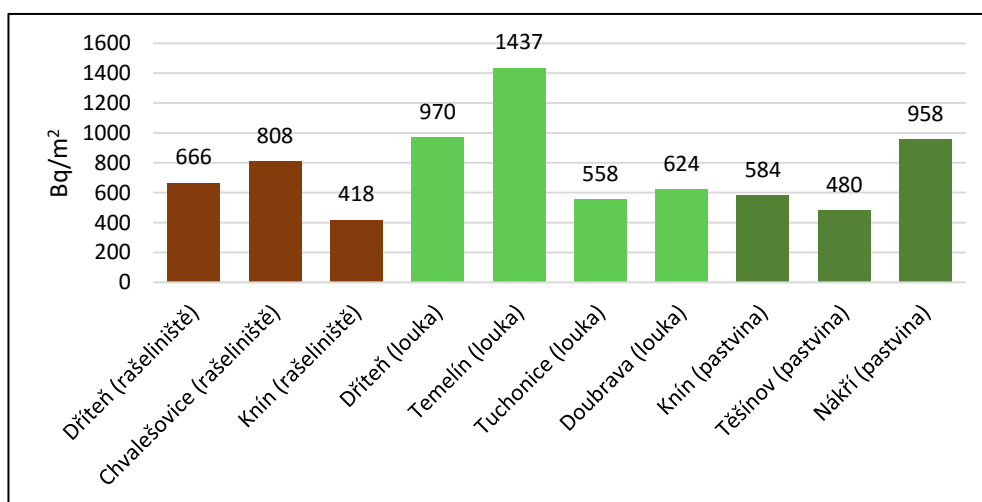
## 6. Diskuze

Izotop  $^{137}\text{Cs}$  se na našem území nachází především z umělých zdrojů. Těmito zdroji jsou především výbuchy testovaných jaderných zbraní v atmosféře a také použití ve válečném konfliktu roku 1945. Největším zdrojem na našem území je výbuch Jaderné elektrárny v Černobylu. Po této události se vlivem četných srážek roznesly radioaktivní částice do celého ekosystému Evropy.

Kvůli těmto událostem vznikl projekt na kontrolu množství  $^{137}\text{Cs}$  v půdě a biomase. Dále se tento projekt zabývá sledováním transferu  $^{137}\text{Cs}$  z půdy do rostliny. Práce je zaměřena právě na obsah  $^{137}\text{Cs}$  v půdě a biomase a jeho transferového koeficientu. Data svých výsledků jsem porovnával s daty kolegů, kteří se také zúčastnili projektu a vypracovávali práci na stejné nebo podobné téma.

### 6.1. Porovnání plošné aktivity $^{137}\text{Cs}$ v půdě

Nejvyšší a naprosto rozdílná hodnota oproti ostatním, byla naměřena v lokalitě Temelín  $1437 \text{ Bq/m}^2$  (Kočer, nepublikované výsledky z roku 2018). Další dvě nejvyšší hodnoty byly naměřeny v lokalitách Dříteň  $970 \text{ Bq/m}^2$  (Kočer, nepublikované výsledky z roku 2018) a Nákří  $958 \text{ Bq/m}^2$  (Flachs, nepublikované výsledky z roku 2018). Rozdíl zde byl  $467 \text{ Bq/m}^2$ .



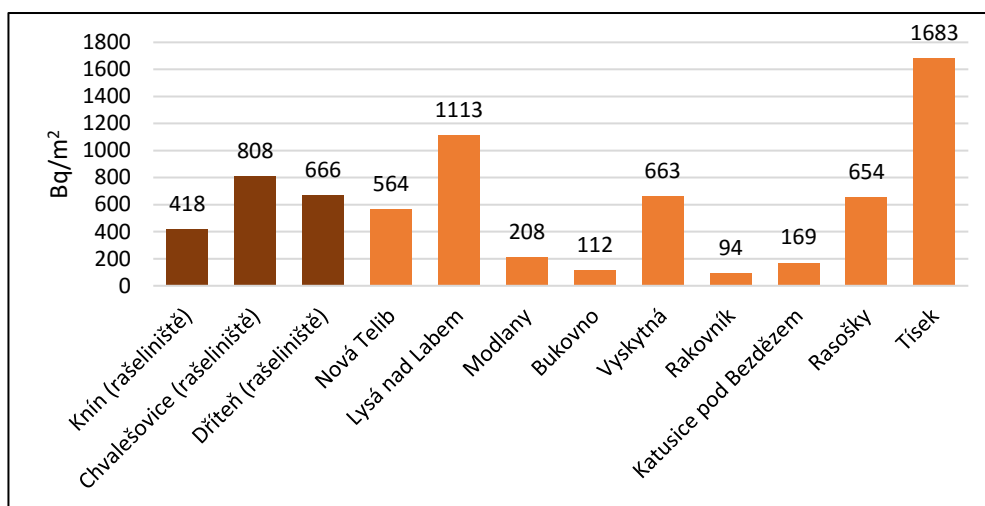
Graf. 5: Plošné aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v havarijní zóně JE Temelín (Vinohradský, 2020)

V dalších lokalitách byly hodnoty podobné, Tuchonice  $558 \text{ Bq/m}^2$ , Doubrava  $624 \text{ Bq/m}^2$  (Kočer, nepublikované výsledky z roku 2018), Knín  $584 \text{ Bq/m}^2$ , Těšínov



480 Bq/m<sup>2</sup> (Flachs, nepublikované výsledky z roku 2018), Chvalešovice 808 Bq/m<sup>2</sup>, Dříteň 666 Bq/m<sup>2</sup>. Nejnižší hodnota byla naměřena v lokalitě Knín 418 Bq/m<sup>2</sup>. Tato hodnota byla třetinová v porovnání s lokalitou Temelín 1437 Bq/m<sup>2</sup> (Kočer, nepublikované výsledky z roku 2018).

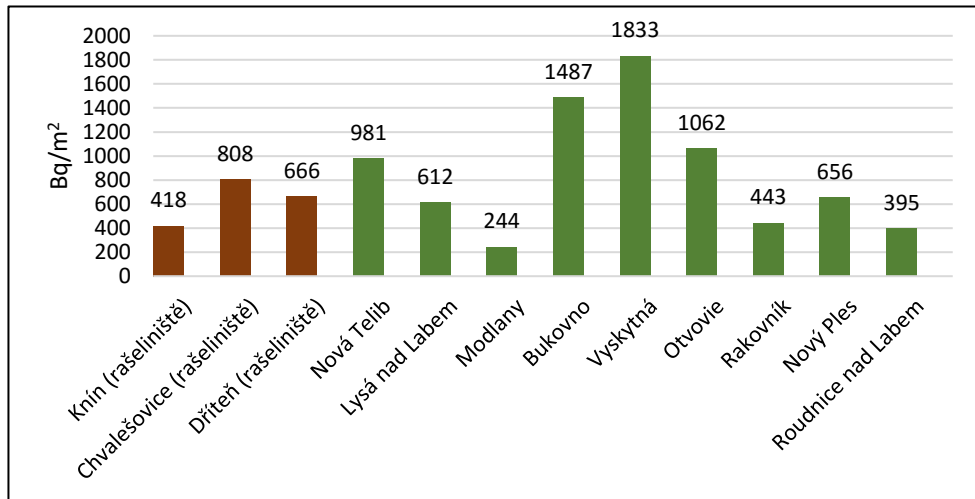
V dalším porovnání jsem vybral nejvyšší hodnoty <sup>137</sup>Cs v orné půdě na území České republiky a mojí odebranou rašelinnou půdu.



Graf. 6: Plošná aktivita <sup>137</sup>Cs v rašelinné a orné půdě (Vinohradský, 2020)

Nejvyšší plošná aktivita <sup>137</sup>Cs v orné půdě se vyskytuje v lokalitě Tísek 1683 Bq/m<sup>2</sup> (Stanečková, nepublikované výsledky z roku 2018). Další vysoká hodnota byla naměřena v lokalitě Lysá nad Labem 1113 Bq/m<sup>2</sup> (Bouška, nepublikované výsledky z roku 2019). V dalších lokalitách jsou naměřené hodnoty <sup>137</sup>Cs nižší. V lokalitě Vyskytná je hodnota 663 Bq/m<sup>2</sup> (Doskočilová, 2019). V lokalitě Rasošky je hodnota podobná 654 Bq/m<sup>2</sup> (Šestáková, 2019). Tyto hodnoty jsou téměř třetinové v porovnání s lokalitou Tísek (Stanečková, nepublikované výsledky z roku 2018). Další lokalita se dostala na hodnotu 564 Bq/m<sup>2</sup> (Šoltýs, nepublikované výsledky z roku 2019). V Lokalitách Modlany (Šváb, nepublikované výsledky z roku 2018), Bukovno (Finkous P., 2019), Rakovník (Urbanová, nepublikované výsledky z roku 2017) a Katusice pod Bezdězem (Finkous M., 2019) se hodnoty pohybovaly v rozmezí 94-208 Bq/m<sup>2</sup>. Až na dvě lokality jsou hodnoty podobné jako u rašelinné půdy. Důvodem značně vyšší kontaminace ve dvou lokalitách orné půdy, můžou být početnější srážky kontaminovaného mraku po Černobylské havárii.



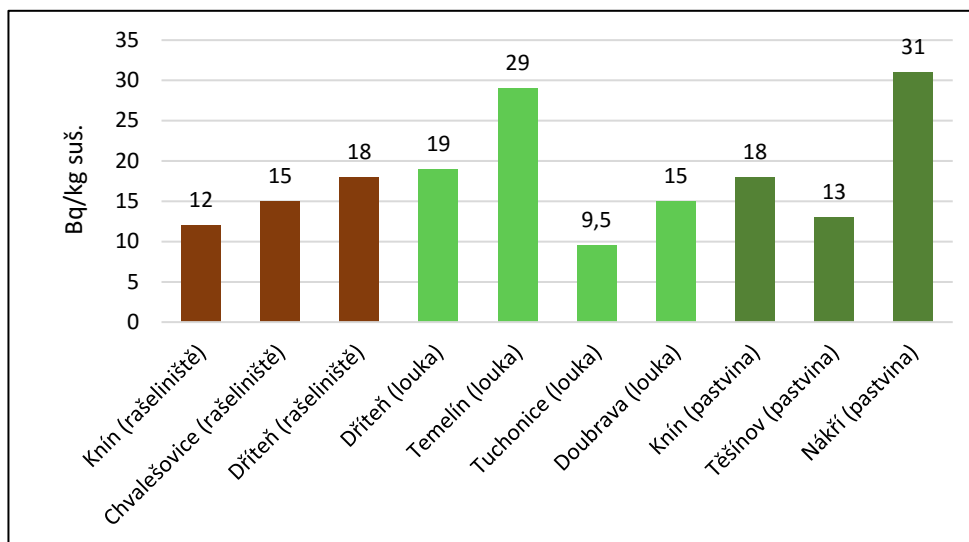


Graf. 6: Plošná aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v rašelinné a lesní půdě (Vinohradský, 2020)

Nejvyšší naměřená lokalita v lesní půdě byla naměřena v lokalitě Vyskytná 1833 Bq/m<sup>2</sup> (Doskočilová, 2019). Druhá velká hodnota byla naměřena v lokalitě Bukovno (Finkous P., 2019). Na třetím místě je lokalita Otovice s hodnotou 1062 Bq/m<sup>2</sup> (Stádníková, 2019). Poslední vyšší hodnota, než v rašelinných biotopech byla naměřena v lokalitě Nová Telib s hodnotou 981 Bq/m<sup>2</sup> (Šoltýs, nepublikované výsledky z roku 2019). Ostatní lokality lesní půdy Lysá nad Labem (Bouška, nepublikované výsledky z roku 2019), Modlany (Šváb, nepublikované výsledky z roku 2018), Rakovník (Urbanová, nepublikované výsledky z roku 2017), Nový Ples (Šestáková, 2019), Roudnice nad Labem (Hofmanová, 2019) v rozmezí 244-656 Bq/m<sup>2</sup> mají podobnou hodnotu, jako lokality v rašelinných půdách. Důvodem vyšší kontaminace lesní půdy může být efektivnější zachycení kontaminovaného vzduchu a retence v lese v důsledku srážek (Mishra et al., 2018). V rašelinné půdě může  $^{137}\text{Cs}$  vlivem velké vlhkosti prostupovat do větší hloubky a spodních vod.

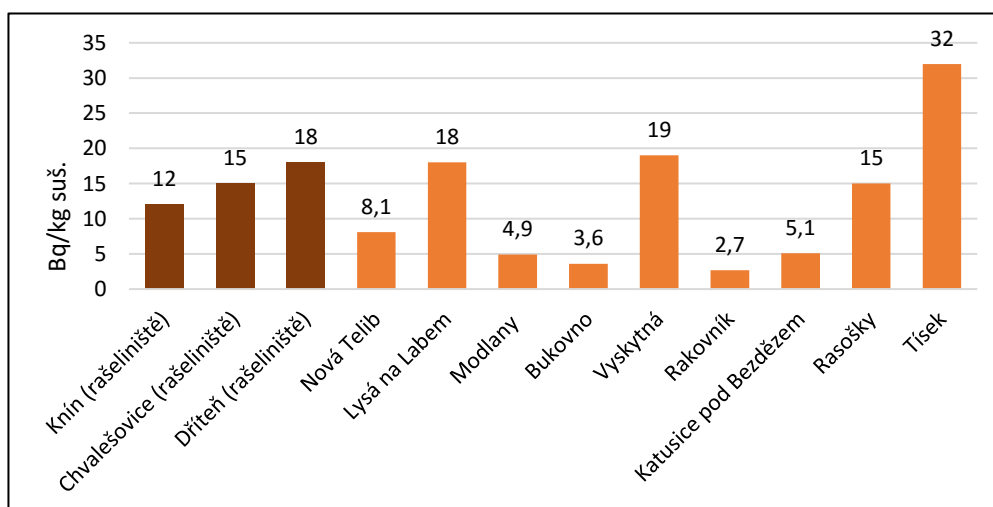
## 6.2. Porovnání hmotnostní aktivity $^{137}\text{Cs}$ v půdě

Nejvyšší hodnoty hmotnostní aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v havarijní zóně JETE byly naměřeny vždy ve svrchní vrstvě A. V druhé vrstvě B a třetí vrstvě C už hodnoty hmotnostní aktivity  $^{137}\text{Cs}$  postupně klesaly. Jako první jsem porovnával vzorky půdních typů pastvina, louka a rašeliniště v oblasti havarijní zóny Jaderné elektrárny Temelín.



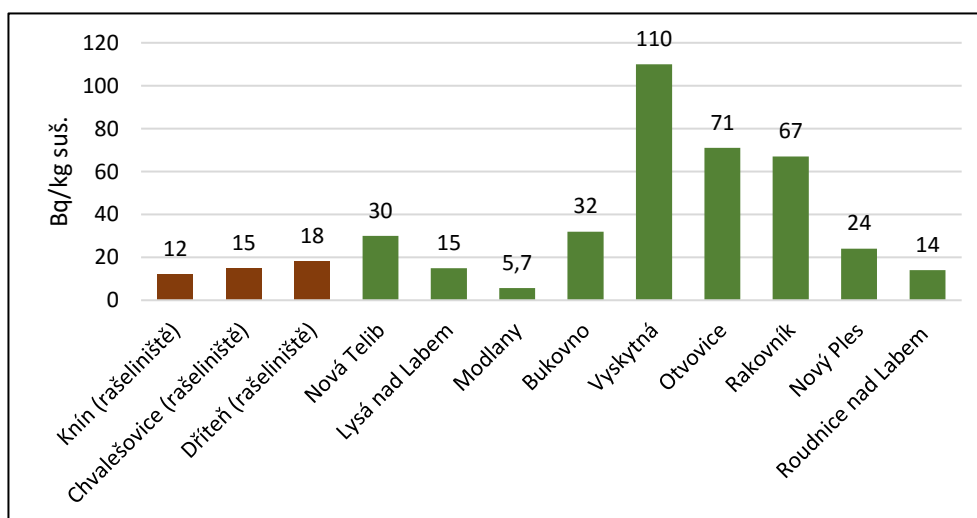
Graf. 7: Hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v havarijní zóně JETE (Vinohradský, 2020)

Hodnoty hmotnostní aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v grafu (Graf. 7) jsou vždy z vrstvy A. Nejvyšší zjištěná hodnota byla 31 Bq/kg suš. v lokalitě Nákří (Flachs, nepublikované výsledky z roku 2018). Druhá vysoká hodnota byla 29 Bq/kg suš. v lokalitě Temelín (Kočer, nepublikované výsledky z roku 2018), přesto si však myslím, že Jaderná elektrárna Temelín postavená v lokalitě nemá na tuto hodnotu žádný vliv. Hodnoty pro půdní typy pastvina a louka jsou v průměru vyšší než hodnoty v půdním typu rašeliniště. Je tomu tak zřejmě proto, že rašelinné půdy mají větší podíl vlhkosti, jsou podmáčené, a tak se  $^{137}\text{Cs}$  dostává díky vodě do hlubších vrstev půdy, ze kterých se vzorky neodebíraly.



Graf. 8: Hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v rašelinné a orné půdě (Vinohradský, 2020)

Dále jsem porovnával mé vzorky půdy z havarijní zóny JETE se vzorky orné půdy, které nebyly odebírány v havarijní zóně, ale různě po celé České republice. Pro porovnání jsem vybral vždy nejvyšší naměřené hodnoty v jednotlivé lokalitě. Téměř ve všech lokalitách to byla první vrstva (A). Výjimkou byla orná půda v Tísku (Stanečková, nepublikované výsledky z roku 2018), Rasoškách (Šestáková, 2019) a Rakovníku (Urbanová, nepublikované výsledky z roku 2017), kdy zde byla aktivita  $^{137}\text{Cs}$  nejvyšší v druhé vrstvě (B). Hodnoty hmotnostní aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v orných půdách v jednotlivých lokalitách byly velmi rozdílné. Nejvyšší naměřená hodnota byla 32 Bq/kg suš. v lokalitě Tísek ve vrstvě B (Stanečková, nepublikované výsledky z roku 2018). Hodnota zde může být vyšší díky kvalitě orné půdy, způsobu obdělávání a pěstování plodin, které svým kořenovým systémem vytahují radionuklid  $^{137}\text{Cs}$  do vrchní vrstvy (B) a to především kvůli radioaktivnímu srážkovému mraku, který se nad lokalitou Tísek přehnal v roce 1986 (Obr. 3, 6). Podobné faktory mohly ovlivnit obsah  $^{137}\text{Cs}$  i u lokalit Vyskytná 19 Bq/kg suš. (Doskočilová, 2019), Lysá nad Labem 18 Bq/kg suš. (Bouška, nepublikované výsledky z roku 2019) a Rasošky 15 Bq/kg suš. (Šestáková, 2019), zde se ale radioaktivní mrak nepřehnal. Nejnižší naměřené hodnoty byly v lokalitách Rakovník (Urbanová, nepublikované výsledky z roku 2017), Bukovno (Finkous P., 2019), Modlany (Šváb, nepublikované výsledky z roku 2018), Katusice pod Bezdězem (Finkous M., 2019), Nová Telib (Šoltýs, nepublikované výsledky z roku 2019) a pohybovaly se rozmezí 2,7-8,1 Bq/kg suš. V tomto případě jsou hodnoty nižší, než v rašelinné půdě pravděpodobně vzhledem k zemědělskému obdělávání orné půdy a hospodaření na ní.



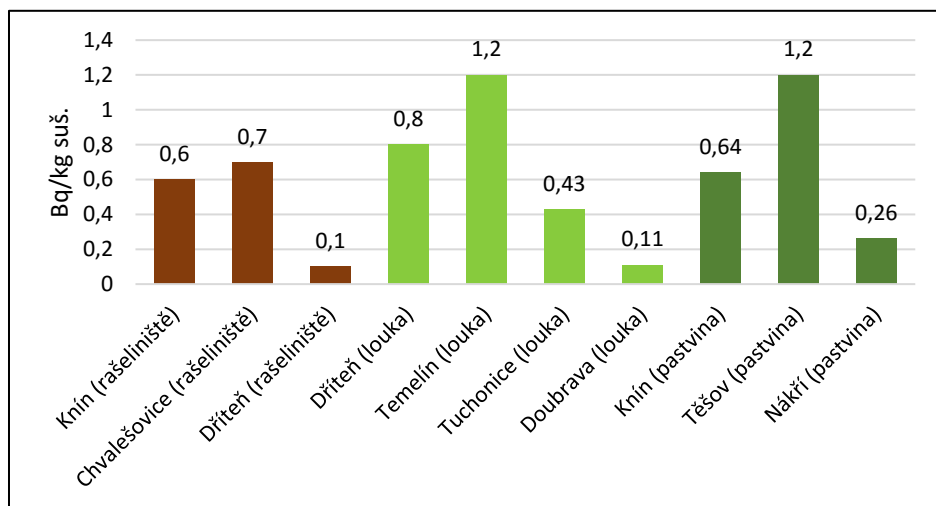
Graf. 9: Hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v rašelinné a lesní půdě (Vinohradský, 2020)

Pro další porovnání jsem použil mé vzorky půdy z havarijní zóny JETE a vzorky lesní půdy, které nebyly odebrány v havarijní zóně, ale po celé České republice. V porovnání jsem pracoval vždy s nejvyšší naměřenou hodnotou v dané lokalitě. Většina hodnot  $^{137}\text{Cs}$  v lesních půdách jsou oproti rašelinné mnohonásobně vyšší (Graf. 9). Rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou je 104,3 Bq/kg suš. Nejvyšší hodnota je 110 Bq/kg suš. v lokalitě Vyskytná (Doskočilová, 2019), druhá vysoká hodnota 71 Bq/kg suš. v Otvicích (Stádníková, 2019) a třetí je 67 Bq/kg suš. v Rakovníku (Urbanová, nepublikované výsledky z roku 2017). Ostatní hodnoty v lesních půdách z lokalit Modlany (Šváb, nepublikované výsledky z roku 2018), Roudnice nad Labem (Hofmanová, 2019), Lysá nad Labem (Bouška, nepublikované výsledky z roku 2019), Nový Ples (Šestáková, 2019), Nová Telib (Šoltýs, nepublikované výsledky z roku 2019) a Bukovno (Finkous P., 2019) se pohybovaly v rozmezí 5,7-32 Bq/kg suš. Důvodem velkého rozdílu obsahu  $^{137}\text{Cs}$  mezi lesní a rašelinnou půdou může být zřejmě efektivnější zachycování kontaminovaného vzduchu a retence vody v lesních půdách, například díky mechovým porostům a kořenovým systémům stromů. V rašelinné půdě může  $^{137}\text{Cs}$  vlivem velké vlhkosti prostupovat do větší hloubky a spodních vod.

### **6.3. Porovnání hmotnostní aktivity $^{137}\text{Cs}$ v biomase**

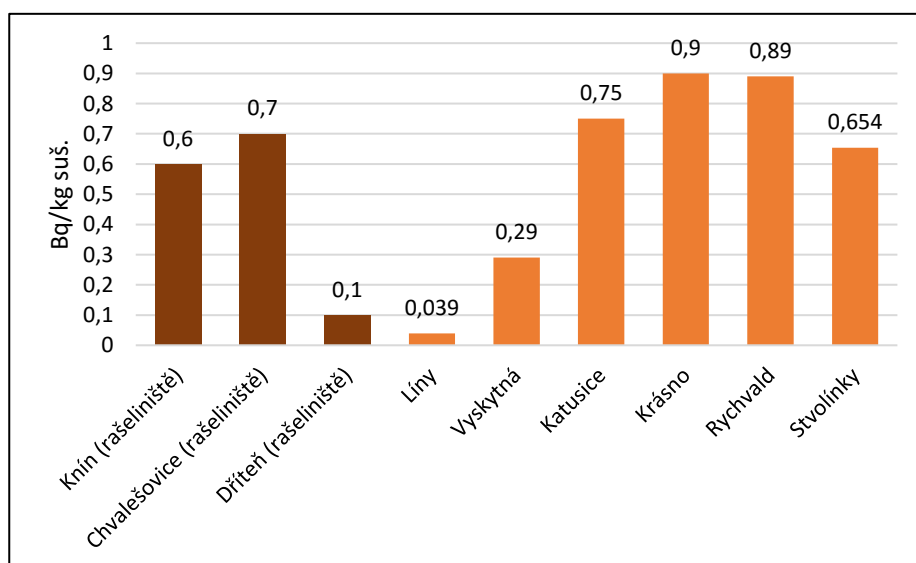
Podle výsledků hmotnostní aktivity půdy a biomasy jsem zjistil že, přestup  $^{137}\text{Cs}$  z půdy do rostliny je minimální.

Nejprve jsem porovnal vzorky biomasy z oblasti havarijní zóny Jaderné elektrárny Temelín. Jednalo se o biomasu rostoucí v rašelinné půdě a biomasu rostoucí na louce a pastvině. Hodnoty hmotnostní aktivity  $^{137}\text{C}$  biomasy v různých lokalitách byly dost odlišné. Nejvyšší naměřená hodnota byla 1,2 Bq/kg suš., a to v lokalitě Temelín (Kočer, nepublikované výsledky z roku 2018), stejná naměřená hodnota byla i v lokalitě Těšov (Flachs, nepublikované výsledky z roku 2018). Dále je vidět rozdíl mezi vzorky biomasy odebrané z rašelinné půdy a louky přesto, že jsou odebrány ze stejné lokality Dříteň (Graf. 10). Hodnota vzorku biomasy z rašelinné půdy v lokalitě Dříteň je 0,1 Bq/kg suš., oproti vzorku biomasy z louky v lokalitě Dříteň, která je 0,8 Bq/kg suš. (Kočer, nepublikované výsledky z roku 2018).



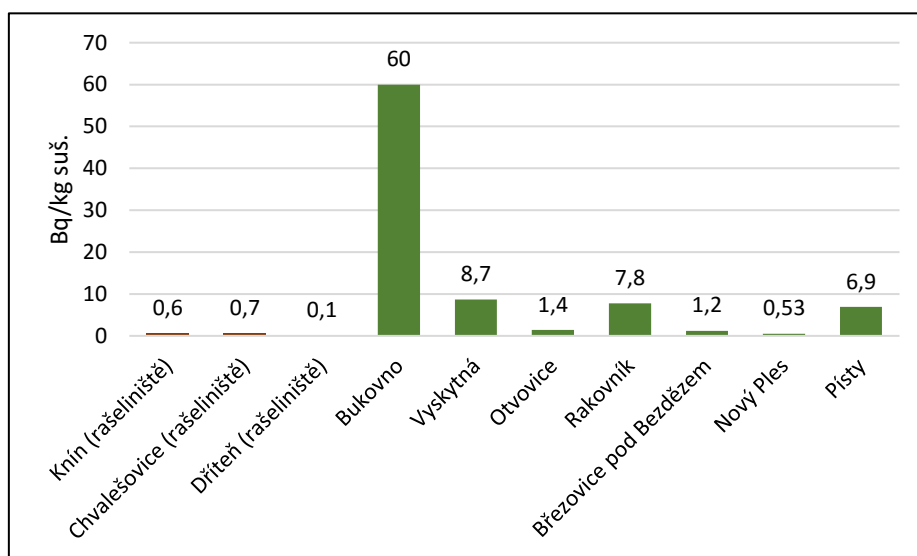
Graf. 10: Hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v biomase havarijní zóny JETE (Vinohradský, 2020)

Důsledkem může být to, že rašelinné půdy mají větší podíl vlhkosti a  $^{137}\text{Cs}$  se dostává díky vodě do hlubších vrstev půdy, oproti louce. U porovnání vzorků z lokality Knín, kde byl odebrán vzorek biomasy z pastviny a rašelinné půdy je rozdíl zanedbatelný. Hodnoty pro biomasu z mé lokality Knín jsou 0,6 Bq/kg suš. a 0,64 Bq/kg suš. (Flachs, nepublikované výsledky z roku 2018). V ostatních lokalitách Doubrava, Tuchonice (Kočer, nepublikované výsledky z roku 2018), Nákří (Flachs, nepublikované výsledky z roku 2018) a Chvalešovice byly zjištěny hodnoty  $^{137}\text{Cs}$  v biomase 0,11 – 0,7 Bq/kg suš.



Graf. 11: Hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v biomase orné a rašelinné půdy (Vinohradský, 2020)

Dále jsem porovnával mé vzorky biomasy rašelinných půd z havarijní zóny JETE se vzorky biomasy orných půd, které byly odebírány různě po celé České republice mimo havarijní zónu JETE. Většina naměřených hodnot v má podobný obsah  $^{137}\text{Cs}$  v biomase. Nejnižší naměřená hodnota je cca 23krát menší než hodnota nejvyšší. Nejvyšší naměřená hodnota byla 0,9 Bq/kg suš. v lokalitě Krásno (Hrůzová, 2019) a druhá 0,89 Bq/kg suš. v obci Rychvald. Obsah  $^{137}\text{Cs}$  je v těchto dvou lokalitách nejvyšší možná právě díky radioaktivnímu srážkovému mraku, který se nad lokalitami přehnal v roce 1986 (Obr. 5, 6). Hodnota 0,039 Bq/kg suš. v obci Líny (Finkous P., 2019) byla v tomto porovnávání nejnižší. Podle (Obr.3, 4, 5, 6) se srážkový mrak přes lokalitu Líny nepřehnal, a to může být důvodem nízké hodnoty. Další hodnoty pro porovnání byly 0,1-0,75 Bq/kg sušiny z lokalit Knín, Chvalešovice, Dříteň, Vyskytná (Doskočilová, 2019), Katusice (Finkous M., 2019) a Stvolínky (Voříšková, nepublikované výsledky z roku 2019). Rozdíl hmotnostní aktivity obsahu  $^{137}\text{Cs}$  mezi biomasou z rašeliniště a orné půdy nebyl velký (Graf. 11).



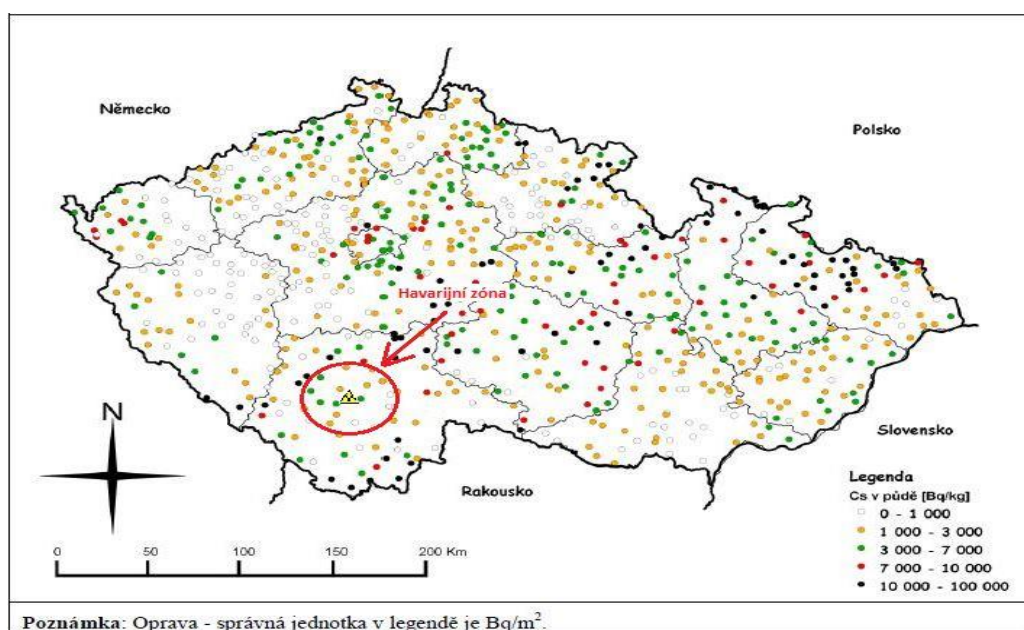
Graf. 12: Hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v biomase lesní a rašelinné půdy (Vinohradský, 2020)

Pro poslední porovnání biomasy jsem použil opět mé vzorky biomasy z rašelinných půd z havarijní zóny JETE a porovnal je se vzorky biomasy z lesních půd, které byly odebírány na různých místech České republiky mimo havarijní zónu JETE. Zjištěný obsah  $^{137}\text{Cs}$  se v jednotlivých lokalitách velmi liší. V lokalitách Knín, Chvalešovice a Dříteň byly hodnoty 0,1- 0,7 Bq/kg suš. Nejvyšší naměřená hodnota 60 Bq/kg suš. v lokalitě Bukovno (Finkous P., 2019) je 600 krát větší než nejnižší

zjištěná hodnota 0,1 Bq/kg suš. z lokality Dříteň. Pro lokality Nový Ples (Šestáková, 2019), Březovice pod Bezdězem (Finkous M., 2019), Otovice (Stádníková, 2019), Písty (Hofmanová, 2019), Rakovník (Urbanová, nepublikované výsledky z roku 2017) a Vyskytná (Doskočilová, 2019) byly naměřeny hodnoty obsahu  $^{137}\text{Cs}$  mezi 0,53- 8,7 Bq/kg suš. Podle porovnání v grafu (Graf. 12) je vidět, že do biomasy lesních půd se  $^{137}\text{Cs}$  dostává daleko více než do biomasy rašelinných půd. Příčinou vysoké hodnoty v lokalitě Bukovno mohou být slabé, ale četné srážky z radioaktivního mraku, který se zde přehnal po havárii v Černobylu v roce 1986 (Obr. 5, 6).

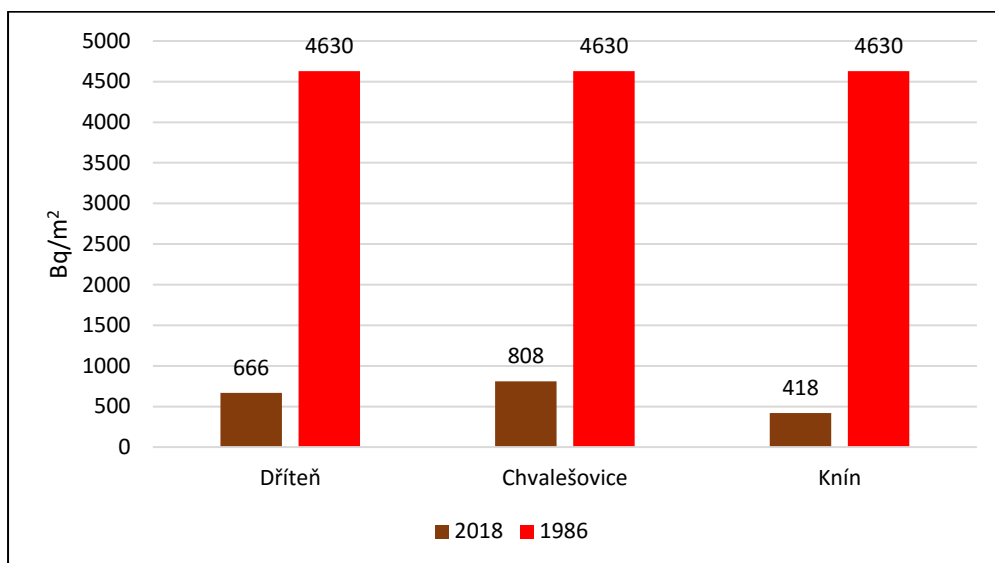
#### 6.4. Porovnání výsledků plošné aktivity $^{137}\text{Cs}$ z roku 1986 a 2019

Ve dnech od 16. do 18. června roku 1986 bylo provedeno celostátní měření na aktivitu radionuklidu  $^{137}\text{Cs}$ . Provedené měření ukázalo, že v havarijní zóně Jaderné elektrárny Temelín je aktivita radionuklidu na střední úrovni ze všech analyzovaných vzorků. Plošná aktivita v zóně se pohybuje 0-7000 Bq/m<sup>2</sup> (Obr. 20). Kontaminace půdy je zapříčiněna průchodem lokálních srážek přes kontaminovaný mrak z jaderného reaktoru RBMK-1000 čtvrtého bloku. Průchodů srážek nad zničeným jaderným reaktorem bylo několik, a proto byl rozsah tak velký (Helebrant, Rulík, 2011).



Obr. 20: Kontaminace ČR  $^{137}\text{Cs}$  v důsledku havárie JE Černobyl v roce 1986, vyznačená havarijní zóna JE Temelín (hodnoty v Bq/m<sup>2</sup>) (SÚRO, 2011)

Naměřená plošná aktivita z roku 1986 ve vybraných lokalitách nebo v jejich blízkosti je znázorněna v grafu (SÚRO, 1986). Dále je zde znázorněna aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v roce 2018 (Graf. 13). Porovnáním hodnot v časovém odstupu 32 let, je vidět značný pokles kontaminace radionuklidem  $^{137}\text{Cs}$ . Aktivita je nyní 6 krát menší než v době po havárii v Černobylu. Pokles je jistě zapříčiněn poločasem rozpadu v délce trvání přibližně 30- ti let.



Graf. 13: Plošné aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v roce 1986 a 2018 (Vinohradský, 2020)



## 7. Závěr

Dne 29. dubna 1986 se stala největší jaderná havárie v historii lidstva. Havárie jaderné elektrárny Černobyl způsobila velký únik radiace do životního prostředí a jeho kontaminaci radionuklidy nejen na Ukrajině, ale téměř na celé severní polokouli. Radiace z havárie se na severní polokouli dostala kvůli radioaktivnímu mraku, který se nad ní přehnal. Kontaminována byla i Česká republika, kde se radioaktivní mraky přehnaly několikrát. Zaznamenány na našem území byly v období od 30. dubna do 9. května 1986. Kontaminaci také přispěly četné zkoušky jaderných zbraní v atmosféře. První celostátní měření na aktivitu radionuklidu  $^{137}\text{Cs}$  probíhalo ve dnech od 16. do 18. června roku 1986.

Radionuklid  $^{137}\text{Cs}$ , který se dostal do životního prostředí hlavně kvůli zmiňovaným dvěma faktorům je na území České republiky v životním prostředí jedním z nejrozšířenějších. Poločas rozpadu radionuklidu  $^{137}\text{Cs}$  je cca 30 let. Od jaderné havárie uplynulo téměř 34 let. I po takto dlouhé době se v životním prostředí nachází stále stopy  $^{137}\text{Cs}$ .

Téma mé bakalářské práce bylo spojeno s projektem Státního ústavu radiační ochrany, který se zabýval plošnou a hmotnostní aktivitou radionuklidu  $^{137}\text{Cs}$  v půdách a biomase na území České republiky po havárii v Černobylu. Odebíral jsem vzorky rašelinné půdy v havarijní zóně JETE v lokalitách Dříteň, Chvalešovice a Knín. Domnívám se, že tato lokalita byla vybrána na základě klidu lidské psychiky obyvatel České republiky. Ze zjištěné analýzy nejsou v této oblasti v porovnání s jinými oblastmi zvýšené hodnoty  $^{137}\text{Cs}$ . Po vybrání přesných lokalit jsem odebral vzorky půdy a biomasy, ty jsem následně zpracoval a poté je odeslal na rozbor do SÚRO, kde oddělení spektrometrie provedlo analýzu. Zjištěné výsledky analýzy jsem porovnával s dalšími pracemi studentů, kteří se zapojili také do tohoto projektu SÚRO. Nejprve jsem porovnával výsledky z havarijní zóny Temelín, poté jsem mé výsledky porovnával s ornou půdou a lesní půdou z různých lokalit mimo havarijní zónu. V poslední řadě jsem mé výsledky kontaminace půdy a biomasy  $^{137}\text{Cs}$  z roku 2018 porovnal s výsledky z roku 1986.

Nejvyšší naměřená hodnota plošné aktivity obsahu  $^{137}\text{Cs}$  byla 1833 Bq/kg suš v lokalitě Vyskytná (Doskočilová, 2019), nejnižší pak byla 94 Bq/kg suš. v Rakovníku

(Urbanová, nepublikované výsledky z roku 2017). Nejvyšší zjištěná hodnota hmotnostní aktivity obsahu  $^{137}\text{Cs}$  v půdě byla 110 Bq/kg suš. v lokalitě Vyskytná (Doskočilová, 2019) a v biomase 60 Bq/kg suš. Bukovno (Finkous P., 2017). Nejnížší zjištěná hodnota hmotnostní aktivity v půdě byla 2,7 Bq/kg suš. v Rakovníku (Urbanová, nepublikované výsledky z roku 2017) a v biomase 0,039 v obci Líny (Finkous P., 2017). Nejvyšší obsah  $^{137}\text{Cs}$  byl převážně v lesních půdách, pravděpodobně z důvodu efektivnější zachycování kontaminovaného vzduchu a retence vody v lesních půdách, například díky mechovým porostům a kořenovým systémům stromů. Hodnoty z rašelinných půd, lučních půd a pastvin byly podobné. Nejnížší hodnoty byly zejména v orných půdách, kdy se pravděpodobně  $^{137}\text{Cs}$  dostává z půdy do rostlin a ty se sklízí a konzumují. Kolísání hodnot v jednotlivých lokalitách a typech půdy mohou mít za následek nepravidelné srážky po havárii v Černobylu a hospodaření na odběrových půdách.

Projekt SÚRO, kterého jsem se zúčastnil jako člen týmu Fakulty životního prostředí ČZU v Praze, je podle mého názoru pro lidstvo přínosný. Především půdy, které slouží k zemědělským účelům (pole, pastviny) by měly být sledovány pravidelně. Těmito projekty by se zamezil přísun radionuklidu do lidského organismu ze zemědělských rostlin, plodin a z konzumace masa.

## 8. Seznam použité literatury a zdrojů

### 8.1. Literatura

- Bennett, B., Bouville, A., Hall, P., Savkin, M., Storm, H., 2000: Chernobyl accident: exposures and effects. In Proceedings of the 10th International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA-10). Paper T-12-1. Hiroshima, Japan.
- Delacroix, D., P. Guerre, J., Leblanc, P., Hickman, C. 2002: Radionuclide and radiation protection data handbook 2002. Radiation Protection Dosimetry, 98(1), 1-168.
- Doskočilová, V., 2019: Průzkum transferových koeficientů  $^{137}\text{Cs}$  z půdy do zemědělských plodin v k.ú. Vyskytná. Bakalářská práce. ČZU v Praze, Praha.
- Finkous, M., 2019: Průzkum transferových koeficientů  $^{137}\text{Cs}$  z půdy do zemědělských plodin v k.ú. Katusice, Březovice a Březinka. Bakalářská práce. ČZU v Praze, Praha.
- Finkous, P., 2019: Průzkum transferových koeficientů  $^{137}\text{Cs}$  z půdy do zemědělských plodin v k.ú. Bukovno, Líny. Bakalářská práce. ČZU v Praze, Praha.
- Helebrant, J. a Rulík, P., 2011: Mapa kontaminace půdy České republiky  $^{137}\text{Cs}$  po havárii JE Černobyl. Zpráva SÚRO č. 22/2011. Státní úřad radiální ochrany Praha.
- Hofmanová, D., 2019: Průzkum transferových koeficientů  $^{137}\text{Cs}$  z půdy do zemědělských plodin k.ú. Roudnice nad Labem (741647), Písty (721042). Bakalářská práce. ČZU v Praze, Praha.
- Hružová, L., 2019: Průzkum transferových koeficientů  $^{137}\text{Cs}$  z půdy do zemědělských plodin v oblasti Slavkovského lesa Bakalářská práce. ČZU v Praze, Praha.
- Hůlka, J., Malátová, I., 2020: Radiální situace v České republice, přehled hlavních výsledků měření a opatření. In: Státní úřad radiální ochrany Praha, 1–14.
- Ježková, T., Rulík, P., 2015: Zpráva SÚRO 53/2015, Stanovení transferového koeficientu půda-rostlina v laboratoři – Metodika. SÚRO, Praha.
- Linhart, P., Matoušek, J., Österreicher, J., 2007: *CBRNE, 2007: Jaderné zbraně a radiologické materiály*. Vyd. 1. Vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství.

- Malátová I., 2020: Situace po černobylské havárii v České republice. Státní úřad radiační ochrany v. v. i. Praha, 1–4.
- Mishra, S., Sahoo, S. K., Bossew, P., Sorimachi, A., Tokonami, S. 2018: Reprint of “Vertical migration of radio-caesium derived from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident in undisturbed soils of grassland and forest”. *Journal of Geochemical Exploration*, 184, 271-295.
- Okumura, T., 2003: The material flow of radioactive cesium-137 in the US 2000. *United States Environmental Protection Agency*.
- Procházka, P., Brom, J., Nedbal, V., Vinciková, H., Hůlka, J., Malátová, I., Rulík, P., Škrkal, J., 2015: Metodika pro modelové prognózní stanovení kontaminace plodin (v prvním a dalších letech po havárii). SÚJB, Praha. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice.
- Redman, H. C., McClellan, R. O., Jones, R. K., Boecker, B. B., Chiffelle, T. L., Pickrell, J. A., Rypka, E. W. 1972: Toxicity of in the Beagle. *Early Biological Effects. Radiation research*, 50(3), 629-648.
- Remy H., 1961: Anorganická chemie. SNTL – Státní nakladatelství technické literatury. Praha.
- Sinkulová, V., 2006: Dědictví Černobyli: zdravotní, ekologické a sociálně ekonomické dopady a doporučení vládám Běloruska, Ruské federace a Ukrajiny. Praha: ČSVTS.
- Stádníková, D., 2019: Průzkum transferových koeficientů  $^{137}\text{Cs}$  z půdy do zemědělských plodin k.ú. Otvovice (716987), Trněný újezd u Zákolan (790451). Bakalářská práce. ČZU v Praze, Praha.
- Státní úřad radiační ochrany, 1986: Plošná aktivita  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  a  $^{103}\text{Ru}$ , zjištěná ve vzorcích odebraných půd při celostátním průzkumu dne 17.06.1986. SÚRO, Praha.
- Státní ústav radiační ochrany, Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 1996: 10 let od havárie jaderného reaktoru v Černobyli – důsledky a poučení. Praha 1996, 15-16 s.
- Šestáková, K., 2019: Průzkum transferových koeficientů  $^{137}\text{Cs}$  z půdy do zemědělských plodin v k.ú. Rasošky (739413), Vlky u Jaroměře (784079) a Černožice nad Labem (620629). Bakalářská práce. ČZU v Praze, Praha.
- Tůma J., 2000: Katastrofy techniky děsící 20. století. Academia, Praha.
- UNEP United Nations Environment Programme, 2016. Ionizující záření: účinky a zdroje. Program OSN pro ochranu životního prostředí 2016.

- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2010. UNSCEAR 2008 Report: Sources and effects of ionizing radiation. New York: The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNITED NATIONS PUBLICATION.

## 8.2. Internetové zdroje

- Globální aktivita a poločas rozpadu radionuklidů. UNSCEAR, 2010 (online) 351 s – table 34. Dostupné z: [https://www.unscear.org/docs/publications/2008/UNSCEAR\\_2008\\_Annex-B-CORR.pdf](https://www.unscear.org/docs/publications/2008/UNSCEAR_2008_Annex-B-CORR.pdf).
- Kostka, T. (2019): Od černobylské havárie uplynulo 33 let: Jak katastrofa minutu po minutě probíhala. (online), [cit. 2020. 01. 21]. Dostupné z: <https://www.stoplusjednicka.cz/od-cernobylske-havarie-uplynulo-33-let-jak-katastrofa-minutu-po-minute-probihala>.
- Obr. 1: Nový ochranný sarkofág reaktoru č.4 v Černobyli. Google Earth (online) [cit. 2012.04.20]. Dostupné z: <https://earth.google.com/web>.
- Obr. 2: Kontaminované vzdušné masy, předpoklad postupu. Hůlka J., Malátová I., 2020. Radiační situace v České republice, přehled hlavních výsledků měření a opatření. In: Státní úřad radiační ochrany Praha (online) [cit. 2020.03.07]. Dostupné z: [https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/radiacni\\_situace\\_v\\_cr\\_po\\_cernobyly.pdf](https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/radiacni_situace_v_cr_po_cernobyly.pdf).
- Obr. 3: Průběh srážek v ČSSR od 30.4. do 1.5.1986. Helebrant J. a Rulík P., 2011. Mapa kontaminace půdy České republiky <sup>137</sup>Cs po havárii JE Černobyl. Státní úřad radiační ochrany Praha (online) [cit. 2020.01.11]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/plosna-aktivita-radionuklidu-zjistena-ve-vzorcich-odebraných-pud/Zprava%202011%20-%202022%20-%20Kontaminace%20pudy%20Ceske%20republiky%20137Cs%20-%20Mapa.pdf>.
- Obr. 4: Průběh srážek v ČSSR od 4.5. do 5.5.1986. Helebrant J. a Rulík P., 2011. Mapa kontaminace půdy České republiky <sup>137</sup>Cs po havárii JE Černobyl. Státní úřad radiační ochrany Praha (online) [cit. 2020.01.11]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/plosna-aktivita-radionuklidu-zjistena-ve-vzorcich-odebraných-pud/Zprava%202011%20-%202022%20-%20Kontaminace%20pudy%20Ceske%20republiky%20137Cs%20-%20Mapa.pdf>.

- Obr. 5: Průběh srážek v ČSSR od 7.5. do 8.5.1986. Helebrant J. a Rulík P., 2011. Mapa kontaminace půdy České republiky 137Cs po havárii JE Černobyl. Státní úřad radiační ochrany Praha (online) [cit. 2020.01.11]. Dostupné z: <<https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/plosna-aktivita-radionuklidu-zjistena-ve-vzorcich-odebranych-pud/Zprava%202011%20-%202022%20-%20Kontaminace%20pudy%20Ceske%20republiky%20137Cs%20-%20Mapa.pdf>>.
- Obr. 6: Průběh srážek v ČSSR od 8.5. do 9.5.1986. Helebrant J. a Rulík P., 2011. Mapa kontaminace půdy České republiky 137Cs po havárii JE Černobyl. Státní úřad radiační ochrany Praha (online) [cit. 2020.01.11]. Dostupné z: <<https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/plosna-aktivita-radionuklidu-zjistena-ve-vzorcich-odebranych-pud/Zprava%202011%20-%202022%20-%20Kontaminace%20pudy%20Ceske%20republiky%20137Cs%20-%20Mapa.pdf>>.
- Obr. 7: Platné limity ozáření ( $\mu\text{Sv}$ ) v ČR. SÚJB, 2020 (online) [cit.2020.03.09]. Dostupné z: <[https://www.sujb.cz/index.php?eID=tx\\_cms\\_showpic&file=4284&md5=b6edc0ba7f5bcf8c88d7b63d7012697fec519740&parameters%5B0%5D=YTo0OntzOjU6IndpZHRoIjtzOjQ6IjgwMG0iO3M6NjoiaGVpZ2h0IjtzOjQ6IjYw&parameters%5B1%5D=MG0iO3M6NzoiYm9keVRhZyI7czo0MToiPGJvZkHkgc3R5bGU9Im1hcmdpbnJvOyBi&parameters%5B2%5D=YWNrZ3JvdW5kOiNmZmY7Ij4iO3M6NDoid3JhcCI7czo0NzoiPGEgaHJlZj0iamF2&parameters%5B3%5D=YXNjcmlwdDpjbG9zZSgpOyI%2BIHwgPC9hPiI7fQ%3D%3D](https://www.sujb.cz/index.php?eID=tx_cms_showpic&file=4284&md5=b6edc0ba7f5bcf8c88d7b63d7012697fec519740&parameters%5B0%5D=YTo0OntzOjU6IndpZHRoIjtzOjQ6IjgwMG0iO3M6NjoiaGVpZ2h0IjtzOjQ6IjYw&parameters%5B1%5D=MG0iO3M6NzoiYm9keVRhZyI7czo0MToiPGJvZkHkgc3R5bGU9Im1hcmdpbnJvOyBi&parameters%5B2%5D=YWNrZ3JvdW5kOiNmZmY7Ij4iO3M6NDoid3JhcCI7czo0NzoiPGEgaHJlZj0iamF2&parameters%5B3%5D=YXNjcmlwdDpjbG9zZSgpOyI%2BIHwgPC9hPiI7fQ%3D%3D)>.
- Obr. 8: Vyznačené místo odběru, Knín. ČÚZK, 2019 (online) [cit. 2020.01.20]. Dostupné z: <<http://sginahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=2EDA9E08&MarQParam0=5175017301&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>>.
- Obr. 10: Vyznačené místo odběru, Chvalešovice. ČÚZK, 2019 (online) [cit. 2020.01.20]. Dostupné z: <<http://sginahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=2EDA9E08&MarQParam0=5149687301&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>>.
- Obr. 12: Vyznačené místo odběru, Dříteň. ČÚZK, 2019 (online) [cit. 2020.01.20]. Dostupné z: <<http://sginahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=2EDA9E08&MarQParam0=44675090010&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>>.

- Obr. 20: Kontaminace ČR  $^{137}\text{Cs}$  v důsledku havárie JE Černobyl v roce 1986, vyznačená havarijní zóna JE Temelín. SÚRO, 2011 (online) [cit. 2020.01.15]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/plosna-aktivita-radionuklidu-zjistena-ve-vzorcich-odebranych-pud/Zprava%202011%20-%202022%20-%20Kontaminace%20pudy%20Ceske%20republiky%20137Cs%20-%20Mapa.pdf>.
- Radionuklidy uniklé po Černobylské havárii roku 1986. UNSCEAR, 2010 (online). Dostupné z: [https://www.unscear.org/docs/publications/2008/UNSCEAR\\_2008\\_Annex-B-CORR.pdf](https://www.unscear.org/docs/publications/2008/UNSCEAR_2008_Annex-B-CORR.pdf).
- Srovnání původních a nových odhadů dávek obyvatelstvu ČR z černobylské havárie. Hůlka, Malátová, 2020 (online). Dostupné z: [https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/radiacni\\_situace\\_v\\_cr\\_po\\_cernobylu.pdf](https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/radiacni_situace_v_cr_po_cernobylu.pdf).
- Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2008. Monitorování radiační situace. (online), [cit. 2019. 03. 18]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/monitorovani-radiacni-situace/>.
- Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2020. Stručný přehled biologických účinků záření (online), [cit. 2020. 03. 07]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/strucny-prehled-biologickych-ucinku-zareni/>.
- Státní ústav radiační ochrany v.v.i., 2020. Vývoj obsahu Cs 137 u českého obyvatelstva po černobylské havárii. (online), [cit. 2020. 02. 02]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/rms/vnkontaminace>.

## 9. Seznam zkratk a vysvětlivek

- $\mu\text{Sv}$ -Mikro Sievert
- $^{131}\text{I}$ -radioaktivní jód
- $^{137}\text{Cs}$ -Cesium 137
- DNA-Deoxyribonukleová kyselina
- Ekvivalentní dávka-popis biologického účinku ionizujícího záření
- Fertility-plodnost
- Ingesce-přijímání látek buňkou
- JE-Jaderná elektrárna
- JETE-Jaderná elektrárna Temelín
- Kt-kilotuna
- MonRaS-programový prostředek monitorování radiační situace
- Nehomogenní-nestejnorodý
- Radiodermatitis-poškození kůže vlivem ionizujícího záření
- Somatické-tělesné
- SSSR-svaz sovětských socialistických republik
- SÚJB-Státní úřad pro jadernou bezpečnost
- SÚRO-Státní úřad radiační ochrany
- TK-transferový koeficient
- USA-Spojené státy americké



## 10. Přílohy

### Obsah

1.	Plán vzorkování.....	1
2.	Protokolární záznam odběru vzorku biomasy.....	4
3.	Protokolární záznam odběru vzorku rašeliny.....	10

<b>PLÁN VZORKOVÁNÍ</b>	
Plán vzorkování vytvořil:	Patrik Vinohradský
Kontakt:	Družstevní 275, Příbram 5, 261 01, tel: 777079047
Vzorkování bude provádět:	Patrik Vinohradský
Účel odběru vzorků	Odběr reprezentativního směsného vzorku půdního profilu rašeliniště pro zjištění přítomnosti radionuklidu Cs
Místo odběru:	Katastrální území: Knín [613959] půdní blok č. --- p.č. 87/5
Vzorkovací schéma	Náhodné vzorkování po vrstvách
Vzorkovací schéma na odběrové lokalitě	viz. celková situace se zákresem odběrového místa pro směsný vzorek
typ odběrového zařízení	rýč, lopata, motyka, kyblíky
Způsob odběru	manuálně
Počet dílčích vzorků na jeden směsný vzorek:	3
Datum odběru:	7.11.2018
Požadavky na zkoušky v místě odběru vzorku:	Změření mocnosti jednotlivých horizontů půdního profilu Fotodokumentace
Značení vzorků:	Směsný vzorek bude označen Rašeliniště, 1.místo, GPS, vrstva (A), jméno, obor, datum odběru. Rašeliniště, 1.místo, GPS, vrstva (B), jméno, obor, datum odběru. Rašeliniště, 1.místo, GPS, vrstva (C), jméno, obor, datum odběru.
Bezpečnostní opatření:	Pevná obuv, pracovní rukavice
Plánovaná úprava vzorku:	sušení, sítování na <4 mm (nerezové síto)
Hmotnost směsného vzorku	1 kg
<b>POŽADAVKY NA BALENÍ, KONZERVACI, SKLADOVÁNÍ A DOPRAVU</b>	
Vzorkovnice, plnění:	PVC krabička
Konzervace:	--
Skladování:	Normální suché prostředí (v bytě)
Doprava:	autem
Zkušební laboratoř	Státní ústav radiační ochrany, v. v. i. Bartoškova 1450/28, 140 00 PRAHA 4 - Nusle
Rozsah požadovaných analýz:	Zjištění hodnot Cs v zemině
<b>Plán zpracoval: Patrik Vinohradský</b>	<b>Dne: 5.11.2018</b>

<b>PLÁN VZORKOVÁNÍ</b>	
Plán vzorkování vytvořil:	Patrik Vinohradský
Kontakt:	Družstevní 275, Příbram 5, 261 01, tel: 777079047
Vzorkování bude provádět:	Patrik Vinohradský
Účel odběru vzorků	Odběr reprezentativního směsného vzorku půdního profilu rašeliniště pro zjištění přítomnosti radionuklidu Cs
Místo odběru:	Katastrální území: Chvalešovice [654981] půdní blok č. --- p.č. 318
Vzorkovací schéma	Náhodné vzorkování po vrstvách
Vzorkovací schéma na odběrové lokalitě	viz. celková situace se zákresem odběrového místa pro směsný vzorek
typ odběrového zařízení	rýč, lopata, motyka, kyblíky
Způsob odběru	manuálně
Počet dílčích vzorků na jeden směsný vzorek:	3
Datum odběru:	7.11.2018
Požadavky na zkoušky v místě odběru vzorku:	Změření mocnosti jednotlivých horizontů půdního profilu Fotodokumentace
Značení vzorků:	Směsný vzorek bude označen Rašeliniště, 2.místo, GPS, vrstva (A), jméno, obor, datum odběru. Rašeliniště, 2.místo, GPS, vrstva (B), jméno, obor, datum odběru. Rašeliniště, 2.místo, GPS, vrstva (C), jméno, obor, datum odběru.
Bezpečnostní opatření:	Pevná obuv, pracovní rukavice
Plánovaná úprava vzorku:	sušení, sítování na <4 mm (nerezové síto)
Hmotnost směsného vzorku	1 kg
<b>POŽADAVKY NA BALENÍ, KONZERVACI, SKLADOVÁNÍ A DOPRAVU</b>	
Vzorkovnice, plnění:	PVC krabička
Konzervace:	--
Skladování:	Normální suché prostředí (v bytě)
Doprava:	autem
Zkušební laboratoř	Státní ústav radiační ochrany, v. v. i. Bartoškova 1450/28, 140 00 PRAHA 4 - Nusle
Rozsah požadovaných analýz:	Zjištění hodnot Cs v zemině
<b>Plán zpracoval: Patrik Vinohradský</b>	<b>Dne: 5.11.2018</b>

<b>PLÁN VZORKOVÁNÍ</b>	
Plán vzorkování vytvořil:	Patrik Vinohradský
Kontakt:	Družstevní 275, Příbram 5, 261 01, tel: 777079047
Vzorkování bude provádět:	Patrik Vinohradský
Účel odběru vzorků	Odběr reprezentativního směšného vzorku půdního profilu rašeliniště pro zjištění přítomnosti radionuklidu Cs
Místo odběru:	Katastrální území: Záblatí [789089] půdní blok č. --- p.č. 190/1
Vzorkovací schéma	Náhodné vzorkování po vrstvách
Vzorkovací schéma na odběrové lokalitě	viz. celková situace se zákresem odběrového místa pro směšný vzorek
typ odběrového zařízení	rýč, lopata, motyka, kyblíky
Způsob odběru	manuálně
Počet dílčích vzorků na jeden směšný vzorek:	3
Datum odběru:	7.11.2018
Požadavky na zkoušky v místě odběru vzorku:	Změření mocnosti jednotlivých horizontů půdního profilu Fotodokumentace
Značení vzorků:	Směšný vzorek bude označen Rašeliniště, 3.místo, GPS, vrstva (A), jméno, obor, datum odběru. Rašeliniště, 3.místo, GPS, vrstva (B), jméno, obor, datum odběru. Rašeliniště, 3.místo, GPS, vrstva (C), jméno, obor, datum odběru.
Bezpečnostní opatření:	Pevná obuv, pracovní rukavice
Plánovaná úprava vzorku:	sušení, sítování na <4 mm (nerezové síto)
Hmotnost směšného vzorku	1 kg
<b>POŽADAVKY NA BALENÍ, KONZERVACI, SKLADOVÁNÍ A DOPRAVU</b>	
Vzorkovnice, plnění:	PVC krabička
Konzervace:	--
Skladování:	Normální suché prostředí (v bytě)
Doprava:	autem
Zkušební laboratoř	Státní ústav radiační ochrany, v. v. i. Bartoškova 1450/28, 140 00 PRAHA 4 - Nusle
Rozsah požadovaných analýz:	Zjištění hodnot Cs v zemině
<b>Plán zpracoval: Patrik Vinohradský</b>	<b>Dne: 5.11.2018</b>

## Protokolární záznam o odběru vzorku

### Průvodní list odběru vzorků

<b>Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt</b>	Patrik Vinohradský Družstevní 275, Příbram 5, 261 01, tel: 777079047
<b>Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků</b>	obec Temelín (okres České Budějovice)

<b>Kultura</b>	Rašeliniště
<b>katastrální území</b>	Knín [613959]
<b>správní obec</b>	Temelín (okres České Budějovice)
<b>Půdní blok č.</b>	-----
<b>Velikost v ha</b>	8,0504
<b>Parcelní čísla</b>	87/5

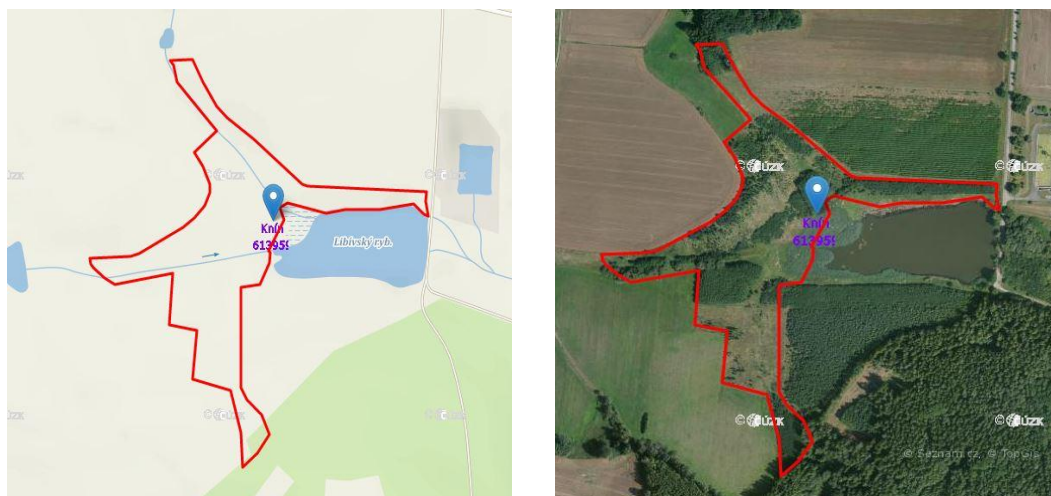
**Označení vzorku: Rašeliniště (biomasa), 1.místo, GPS, jméno, obor, datum odběru**

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

datum odběru:	7.11.2018	Čas odběru:	1:30
Souřadnice odběru:	49°09'24"N 14°23'30.1"E		
Označení vzorku	Poznámky		
Rašeliniště (biomasa), 1.místo, GPS, jméno, obor, datum odběru	Směsný vzorek, suchý		

**Použité vzorkovací pomůcky: rukavice, nůžky, papírový sáček, pravítko**

## Schéma odběrového místa s vyznačením odběrového místa



Poznámka k odběru: Odběr biomasy probíhal dobře a v časovém plánu. Biomasa byla při odběru skoro suchá.

Rozsah požadovaných analýz: Zjištění hodnot Cs v biomase.

Podpis osoby, která provedla odběry: \_\_\_\_\_

## Protokolární záznam o odběru vzorku

### Průvodní list odběru vzorků

<b>Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt</b>	Patrik Vinohradský Družstevní 275, Příbram 5, 261 01, tel: 777079047
<b>Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků</b>	Rybářství Třeboň Hld. a.s.

<b>Kultura</b>	Rašeliniště
<b>katastrální území</b>	Chvalešovice [654981]
<b>správní obec</b>	Dříteň [544426]
<b>Půdní blok č.</b>	-----
<b>Velikost v ha</b>	4,1805
<b>Parcelní čísla</b>	318

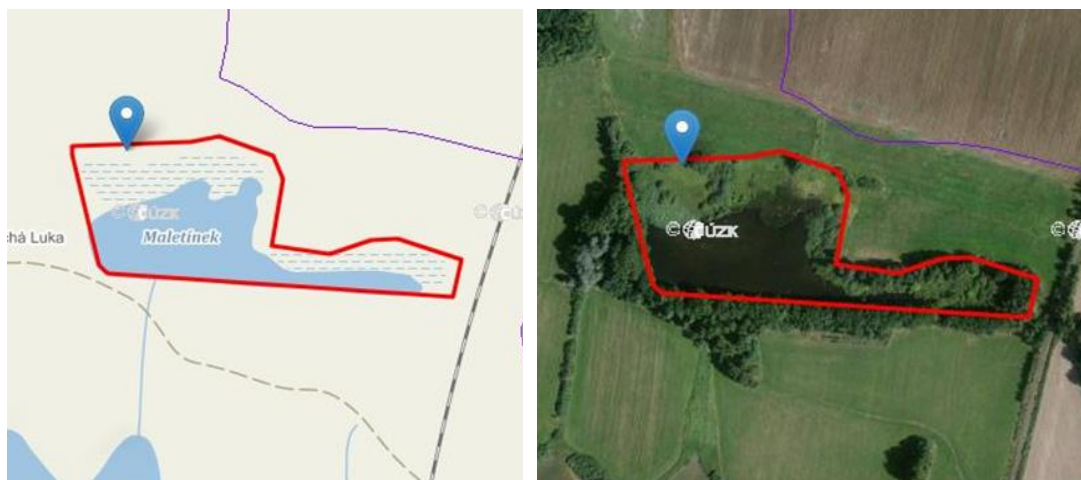
**Označení vzorku: Rašeliniště (biomasa), 2.místo, GPS, jméno, obor, datum odběru**

Místní měření		
Ukazatel	Hodnota	Jednotka
Teplota vzduchu	17	°C
Počasí:	polojasno	

datum odběru:	7.11.2018	Čas odběru:	3:30
Souřadnice odběru:	49°10'46.3"N 14°18'08.3"E		
Označení vzorku	Poznámky		
Rašeliniště (biomasa), 2.místo, GPS, jméno, obor, datum odběru	Směsný vzorek, suchý		

**Použité vzorkovací pomůcky: rukavice, nůžky, papírový sáček, pravítko**

## Schéma odběrového místa s vyznačením odběrového místa



Poznámka k odběru: Odběr biomasy probíhal dobře a v časovém plánu. Biomasa byla při odběru mírně mokrá.

Rozsah požadovaných analýz: Zjištění hodnot Cs v biomase.

Podpis osoby, která provedla odběry: \_\_\_\_\_



## Protokolární záznam o odběru vzorku

### Průvodní list odběru vzorků

<b>Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt</b>	Patrik Vinohradský Družstevní 275, Příbram 5, 261 01, tel: 777079047
<b>Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků</b>	Obec Dříteň

<b>Kultura</b>	Rašeliniště
<b>katastrální území</b>	Záblatí [789089]
<b>správní obec</b>	Dříteň [544426]
<b>Půdní blok č.</b>	-----
<b>Velikost v ha</b>	5,3270
<b>Parcelní čísla</b>	190/1

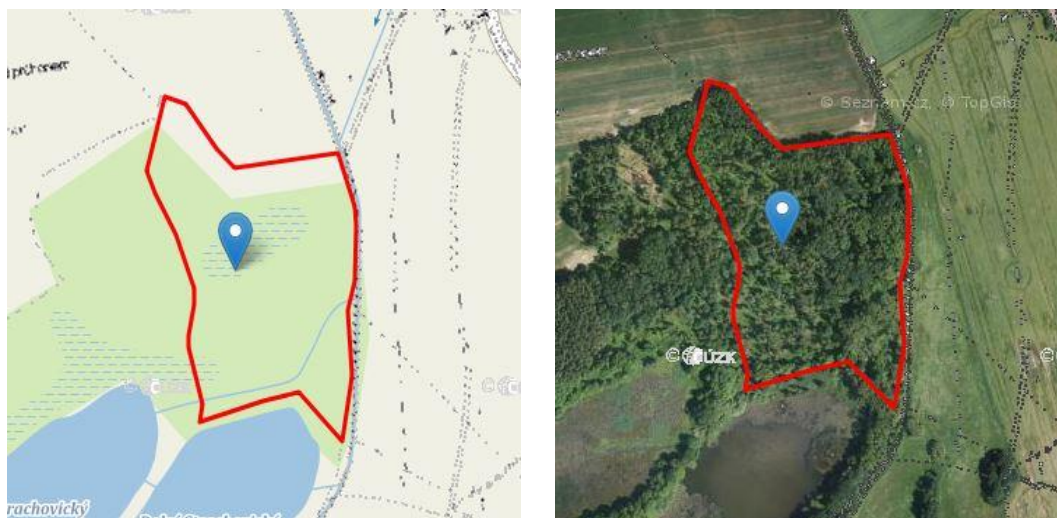
**Označení vzorku: Rašeliniště (biomasa), 3.místo, GPS, jméno, obor, datum odběru**

Místní měření		
Ukazatel	Hodnota	Jednotka
Teplota vzduchu	16	°C
Počasí:	polojasno	

datum odběru:	7.11.2018	Čas odběru:	5:00
Souřadnice odběru:	49°08'25.7"N 14°18'33.4"E		
Označení vzorku	Poznámky		
Rašeliniště (biomasa), 3.místo, GPS, jméno, obor, datum odběru	Směsný vzorek, suchý		

**Použité vzorkovací pomůcky: rukavice, nůžky, papírový sáček, pravítko**

## Schéma odběrového místa s vyznačením odběrového místa



Poznámka k odběru: Odběr biomasy probíhal dobře a v časovém plánu. Biomasa byla při odběru mírně mokrá.

Rozsah požadovaných analýz: Zjištění hodnot Cs v biomase.

Podpis osoby, která provedla odběry: \_\_\_\_\_

## Protokolární záznam o odběru vzorku

### Průvodní list odběru vzorků

<b>Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt</b>	Patrik Vinohradský Družstevní 275, Příbram 5, 261 01, tel: 777079047
<b>Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků</b>	obec Temelín (okres České Budějovice)

<b>Kultura</b>	Rašeliniště
<b>katastrální území</b>	Knín [613959]
<b>správní obec</b>	Temelín (okres České Budějovice)
<b>Půdní blok č.</b>	-----
<b>Velikost v ha</b>	8,0504
<b>Parcelní čísla</b>	87/5

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

datum odběru:	7.11.2018	Čas odběru:	11:30
Souřadnice odběru:	49°09'24"N 14°23'30.1"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
<b>1.místo, vrstva A</b>	25 cm	kořenitá vrstva	
<b>1.místo, vrstva B</b>	50 cm	poměrně čistá vrstva	
<b>1.místo, vrstva C</b>	75 cm	vrstva s trochou kamení	

**Použité vzorkovací pomůcky: rýč, lopata, motyka, kyblíky.**

## Schéma odběrového místa s vyznačením odběrového místa



Poznámka k odběru: Přesto, že jsem myslel, že se můj druh půdy bude odebírat špatně, odběr nebyl nijak náročný a podařilo se odebrat všechny vzorky v jeden den.

Rozsah požadovaných analýz: Zjištění hodnot Cs v zemině.

Podpis osoby, která provedla odběry: \_\_\_\_\_

## Protokolární záznam o odběru vzorku

### Průvodní list odběru vzorků

<b>Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt</b>	Patrik Vinohradský Družstevní 275, Příbram 5, 261 01, tel: 777079047
<b>Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků</b>	Rybářství Třeboň Hld. a.s.

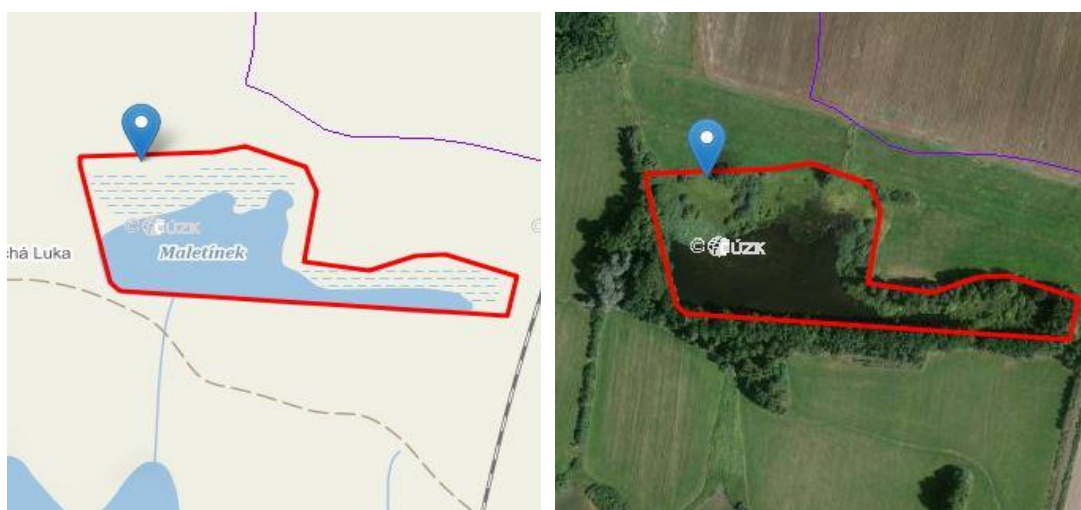
<b>Kultura</b>	Rašeliniště
<b>katastrální území</b>	Chvalešovice [654981]
<b>správní obec</b>	Dříteň [544426]
<b>Půdní blok č.</b>	-----
<b>Velikost v ha</b>	4,1805
<b>Parcelní čísla</b>	318

Místní měření		
Ukazatel	Hodnota	Jednotka
Teplota vzduchu	17	°C
Počasí:	polojasno	

datum odběru:	7.11.2018	Čas odběru:	13:30
Souřadnice odběru:	49°10'46.3"N 14°18'08.3"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
<b>2.místo, vrstva A</b>	25 cm	kořenitá vrstva	
<b>2.místo, vrstva B</b>	50 cm	poměrně čistá vrstva	
<b>2.místo, vrstva C</b>	75 cm	vrstva s trochou kamení a jílu	

**Použité vzorkovací pomůcky: rýč, lopata, motyka, kyblíky.**

## Schéma odběrového místa s vyznačením odběrového místa



Poznámka k odběru: Odběr na druhém místě byl trochu náročnější kvůli vysokému podílu jílu v poslední vrstvě (C) vzorku půdy.

Rozsah požadovaných analýz: Zjištění hodnot Cs v zemině.

Podpis osoby, která provedla odběry: \_\_\_\_\_

## Protokolární záznam o odběru vzorku

### Průvodní list odběru vzorků

<b>Osoba, která provedla odběr vzorků, kontakt</b>	Patrik Vinohradský Družstevní 275, Příbram 5, 261 01, tel: 777079047
<b>Vlastník nebo uživatel dotčených pozemků</b>	Obec Dříteň

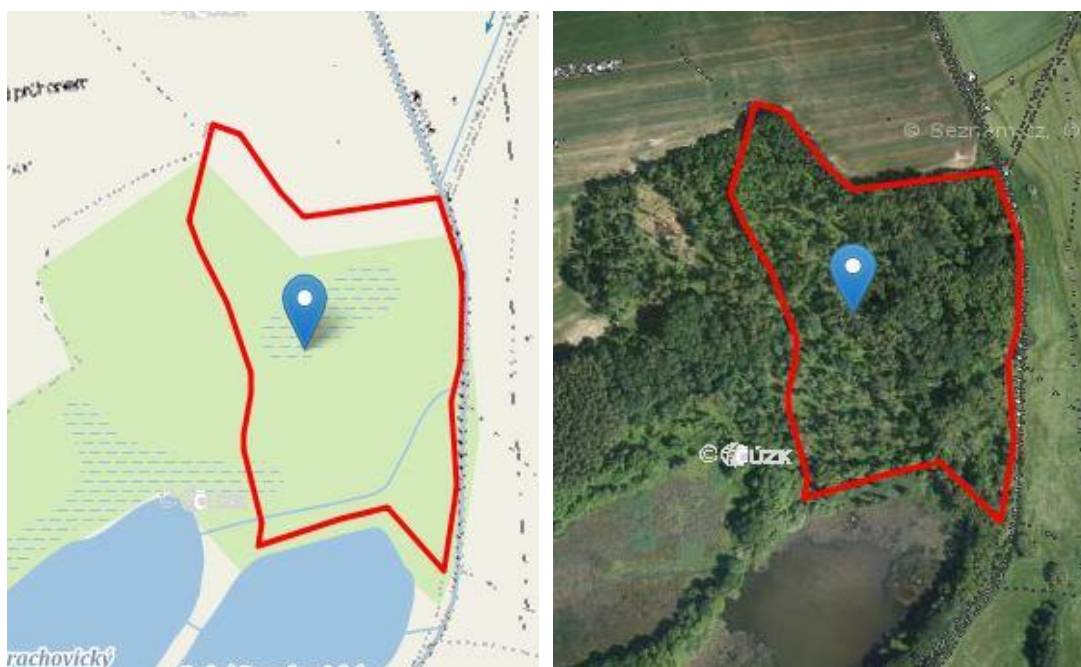
<b>Kultura</b>	Rašeliniště
<b>katastrální území</b>	Záblatí [789089]
<b>správní obec</b>	Dříteň [544426]
<b>Půdní blok č.</b>	-----
<b>Velikost v ha</b>	5,3270
<b>Parcelní čísla</b>	190/1

Místní měření		
Ukazatel	Hodnota	Jednotka
Teplota vzduchu	16	°C
Počasí:	polojasno	

datum odběru:	7.11.2018	Čas odběru:	15:00
Souřadnice odběru:	49°08'25.7"N 14°18'33.4"E		
Označení dílčího vzorku	Mocnost vrstvy	Poznámky	
<b>3.místo, vrstva A</b>	25 cm	kořenitá vrstva	
<b>3.místo, vrstva B</b>	50 cm	poměrně čistá vrstva	
<b>3.místo, vrstva C</b>	75 cm	vrstva s trochou jílu	

**Použité vzorkovací pomůcky: rýč, lopata, motyka, kyblíky.**

## Schéma odběrového místa s vyznačením odběrového místa



Poznámka k odběru: Odběr na druhém místě byl trochu náročnější kvůli vysokému podílu jílu v poslední vrstvě (C) vzorku půdy.

Rozsah požadovaných analýz: Zjištění hodnot Cs v zemině.

Podpis osoby, která provedla odběry: \_\_\_\_\_