



Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.
140 00 Praha 4, Bartoškova 28

Mapa kontaminace půdy České republiky ^{137}Cs
po havárii JE Černobyl

Zpráva SÚRO č. 22 / 2011

Autoři

Petr Rulík

Jan Helebrant

Vypracováno v rámci projektu Institucionálního výzkumu MV v 2011

Spolupracovníci:

na zajištění odběrů se podílela velká skupina osob pracujících v předchůdci dnešního SÚRO v Institutu hygieny a epidemiologie (pozdějším Státním zdravotním ústavu) v Centru hygieny záření a na Odborech hygieny záření Krajských hygienických stanic. Základ zobrazených dat byl převzat ze souboru „Souhrnná data o černobylské kontaminaci území České republiky za období 1986 – 2004“, která byla součástí projektu výzkumu a vývoje c. 6/2003: Analýza a zpracování vybraných dat, potřebných pro vývoj a ověření programového vybavení pro hodnocení radiologických důsledků vážných havárií) koordinovaného ing. I. Malátovou, CSc.

Praha 2011

Obsah

1	Anotace.....	2
2	Cíl a účel projektu	2
3	Úvod.....	2
4	Původ dat.....	3
5	Způsob odběru a měření	3
6	Vyhodnocení a zobrazení dat v mapách.....	3
7	Doplňující informace o srážkách.....	5
8	Závěr.....	5
9	Literatura	6
10	Obrázky	6

1 Anotace

Ve zprávě jsou uvedeny mapy kontaminace půdního povrchu ^{137}Cs pocházející dominantně z havárie JE Černobyl. Mapy jsou doplněny o informace o srážkách v době průchodu kontaminovaných vzdušných hmot nad územím ČR, které zapříčinily nehomogenitu rozložení tohoto spadu.

2 Cíl a účel projektu

Vytvoření přehledné mapy kontaminace půdy České republiky ^{137}Cs v důsledku havárie JE Černobyl moderními zobrazovacími prostředky v bodové variantě a ve variantě vyhlazené pomocí metody Multilevel B-spline v programu SAGA GIS [3]. Mapy slouží SÚJB případně dalším resortům pro získání přehledu o velikosti kontaminace a jejího rozložení po území ČR a pro odhad možného přestupu ^{137}Cs do plodin.

3 Úvod

K současné kontaminaci půdy ^{137}Cs přispěly 2 zdroje: testy jaderných zbraní v atmosféře, které vrcholily v 60. letech minulého století, a černobylská havárie.

Kontaminace povrchu z testů jaderných zbraní v 60. letech byla na území ČR obdobné velikosti jako po havárii černobylské, samozřejmě díky odstupu obou událostí, příspěvek černobylské kontaminace v současné době může být vyšší. Oba příspěvky nejsou jednoduše rozlišitelné.

V roce 1986, krátce po černobylské havárii, se uskutečnil podrobný průzkum kontaminace svrchní vrstvy půdy ČR cesiem 137 a dalšími radionuklidy. O kontaminaci svrchní vrstvy půdy se předpokládalo, že dominantně byla způsobena černobylskou havárií.

Heterogenní distribuce ^{137}Cs a dalších radionuklidů po havárii JE Černobyl na území ČR byla způsobena koincencí lokálních srážek s průchodem kontaminovaného mraku (několik průchodů v různých směrech). Vyšší hodnoty byly nalezeny v oblasti bývalého Severomoravského kraje a Jihočeského kraje.

4 Původ dat

Mapy jsou zpracovány na základě výsledků měření vzorků půd odebraných po havárii JE Černobyl v roce 1986. Data byla shromážděna v Centru hygieny záření Institutu hygieny a epidemiologie (pozdějším Státním zdravotním ústavu). Od předání kompetencí problematiky expozice ionizujícímu záření (z působnosti ministerstva zdravotnictví do působnosti Státního úřadu pro jadernou bezpečnost a vzniku Státního ústavu radiační ochrany) je databáze s výsledky měření ve správě SÚRO [2].

5 Způsob odběru a měření

Hlavní celostátní průzkum byl proveden mezi 16. a 18. červnem 1986. Cílem celostátního průzkumu půd bylo ocenění spadu, a tedy i kontaminace teritoria celého státu. Půda byla odebírána podle jednotné metodiky. Odběrová místa byla volena tak, aby co nejlépe reprezentovala distribuci radioaktivního spadu na území tehdejší ČSSR. Byla to místa nezastíněná budovami, keří ani stromy bez travnatého porostu (nejčastěji zemědělská půda neobdělávaná od 26.4.1986) se sklonem povrchu menším než 3° a s půdou málo propustnou pro vodu (zásadně ne písčité půda). Vzorky byly zpravidla odebírány z plochy $0,09 \text{ m}^2$ do hloubky většinou 3 cm. Před měřením byla půda sušena, kameny větší než 2 cm, případně též kořeny rostlin, byly odstraněny a vzorky byly homogenizovány.

Aktivity byly stanoveny pomocí polovodičové spektrometrie gama s HPGe a Ge(Li) detektory, kterými byly monitorující laboratoře vybaveny.

6 Vyhodnocení a zobrazení dat v mapách

U mnoha lokalit byly doplněny souřadnice. Protože v době odběru nebyly souřadnice odečítány, musely být odhadnuty na základě popisu místa odběru. V některých případech nebylo možno na základě popisu rozlišit místa odběru, a proto jim byly přiděleny stejné souřadnice. V některých případech se také již nepodařilo rozlišit, zda se jedná o výsledek měření vzorku z dalšího blízkého odběru či o doplňující případně zpřesňující měření téhož vzorku. V případech existence více hodnot pro tutéž lokalitu byl pro zobrazení použit aritmetický průměr.

Celkem je v uvedené databázi 1172 výsledků měření. Ve 33 případech ležela aktivita pod mezí detekce většinou 20 Bq/m^2 . Protože se jedná o hodnotu velmi nízkou, byly v těchto případech hodnoty aktivit odhadnuty touto mezí detekce.

Počty vzorků z různých časových období jsou uvedeny v [tabulce 1](#). Nejvyšší aktivita byla $80\,800 \text{ Bq/m}^2$. Studie z dalších let zde nejsou zahrnuty, neboť odběry byly prováděny do větší hloubky (většinou 20 cm), a stanovená aktivita přísluší, jak havárii JE Černobyl, tak i aktivitě pocházející z testů jaderných zbraní v atmosféře v 60. letech 20. století.

Tabulka 1 Počty dat v různých časových obdobích odběru vzorků v roce 1986 (poslední odběr byl proveden 24.9.1986)

	Data z období	Počet dat	Počet dat
		Včetně dat ze stejných lokalit	Z každé lokality 1 výsledek ^{*)}
1	od 1.5.	1172	909
2	z průzkumu 16. – 18.6.	878	798
3	od 6.5.	1096	868
4	od 10.5.	1055	846
5	od průzkumu č2 (od 19.6.)	15	9
6	do průzkumu č.2 (do 15.6.)	279	126
7	do 9.5. včetně	117	63
8	do 5.5. včetně	76	41
9	do 4.5. včetně	40	26

Poznámka

- ^{*)} V případech existence více hodnot pro tutěz lokalitu byl pro zobrazení použit aritmetický průměr.
- Řádek 2 - Odběr byl proveden z poměrně tenké vrstvy půdy, takže lze předpokládat, že příspěvek kontaminace pocházející z testů jaderných zbraní v atmosféře v 60. letech 20. století je malý.
- Řádek 3 – v období do 5.5.86 procházely nad územím ČR vzdušné hmoty, které byly více kontaminovány než v období pozdějším, takže případné srážky v tomto období mohly způsobit vyšší kontaminaci terénu než v období pozdějším.
- Řádek 4 - v období do 9.5.86 procházely nad územím ČR kontaminované vzdušné hmoty, takže případné srážky v tomto období mohly způsobit vyšší kontaminaci terénu než v období pozdějším, kdy již k příchodu nových kontaminovaných vzdušných hmot nedocházelo.

Hodnoty plošných aktivit jsou zobrazeny jednak bodově, a jednak v barvených plochách získaných metodou Multilevel B-spline v programu SAGA GIS [3]. Výsledky zobrazení pro vybraná období odběru půd jsou na [obrázcích 1 až 4](#); v případech existence více hodnot pro tutěz lokalitu (tutěz souřadnici) byl pro zobrazení použit aritmetický průměr.

Přehled zobrazení plošné kontaminace ¹³⁷Cs v důsledku havárie JE Černobyl na [obrázcích 1 až 4](#).

(poslední odběr byl proveden 24.9.1986):

Obr 1a: Data z období od 1.5. 1986	– bodové zobrazení	(909 hodnot)
Obr 1b: Data z období od 1.5. 1986	– vyhlazené zobrazení	(909 hodnot)
Obr 2a: Data z období 16. – 18.6. 1986	– bodové zobrazení	(798 hodnot)
Obr 2b: Data z období 16. – 18.6. 1986	– vyhlazené zobrazení	(798 hodnot)
Obr 3a: Data z období od 6.5. 1986	– bodové zobrazení	(868 hodnot)
Obr 3b: Data z období od 6.5. 1986	– vyhlazené zobrazení	(868 hodnot)
Obr 4a: Data z období od 10.5. 1986	– bodové zobrazení	(846 hodnot)
Obr 4b: Data z období od 10.5. 1986	– vyhlazené zobrazení	(846 hodnot)

Střední hodnoty plošné kontaminace půdy ČR ¹³⁷Cs pro zobrazené intervaly jsou uvedeny v [tabulce 2](#).

Tabulka 2 Střední hodnoty plošné kontaminace půdy ČR ^{137}Cs v roce 1986 získané z metody Multilevel B-spline v programu SAGA GIS pro zobrazené intervaly

	Data z období	Počet dat	Aritmetický průměr
			Bq / m ²
1	od 1.5.	909	4242
2	z průzkumu 16. – 18.6.	798	4199
3	od 6.5.	868	4147
4	od 10.5.	846	4143

Poznámka

V případech existence více hodnot pro tutéž lokalitu byl pro zobrazení použit aritmetický průměr.

Na [obrázku 5](#) jsou zobrazeny plošné aktivity v kvantilových grafech pro log-normální rozdělení pro všechna data z hodnocených odběrů roku 1986 a pro data z odběrů mezi 16. a 18.6. 1986 (pokud z jedné lokality bylo více výsledků, byl použit za tuto lokalitu aritmetický průměr). Je vidět, že rozdělení je jen velmi přibližně log-normální, což odpovídá nehomogenitě plošné kontaminace díky nerovnoměrným srážkovým událostem v době průchodu kontaminovaných vzdušných hmot nad ČR.

7 Doplnující informace o srážkách

Pro doplnění informací zde uvádíme na [obrázku 6](#) i srážkové mapy pro dobu průchodu hlavních kontaminovaných vzdušných hmot pro jednotlivé dny, kdy srážky byly větší než 0 mm. Srážkové mapy byly vytvořeny tak, že z publikace [1] byly naskenovány obrázky, které byly následně georeferencovány podle hranic ČR v programu v Quantum GIS - tj. obrázky byly posazeny do geografických souřadnic a následně vytvořeny vektorové vrstvy ve formátu shapefile, do kterých byly hranice srážkových kategorií manuálně obkresleny (neboli byla provedena vektorizace vrstvy). K této vrstvě pak byla doplněna i atributová tabulka s hodnotami.

Hlavní depozice aktivity zřejmě proběhla v době srážkových událostí 1 a 2 (30.4. – 5.5.1986); pozdější srážky (8.5.1986) vzhledem k nižším aktivitám v ovzduší přispěly k celkové depozici radionuklidů méně.

8 Závěr

- V zobrazeních různých časových období v bodovém zobrazení ([obrázky 1a až 4a](#)) není příliš velkého rozdílu, v plošných vyhlazených zobrazeních ([obrázky 1b až 4b](#)) není rozdíl patrný vůbec.
- Plošná vyhlazená zobrazení jsou přehlednější než zobrazení bodová.
- Nejsprávnější je zobrazení v obr 2 (resp. obr 2b), protože odběry byly provedeny v krátkém časovém období ze svrchní tenké vrstvy půdy po celém území ČR, kdy již prakticky veškerá kontaminace ovzduší byla deponována.
- Hlavní depozice aktivity zřejmě proběhla v době srážkových událostí 1 a 2 (30.4. – 5.5.1986); pozdější srážky (8.5.1986), vzhledem k nižším aktivitám v ovzduší, přispěly

k celkové depozici radionuklidů méně. Tj. pro korelaci deponované aktivity se srážkami je vhodné vzít v úvahu srážkové události mezi 30.4. a 5.5. 1986.

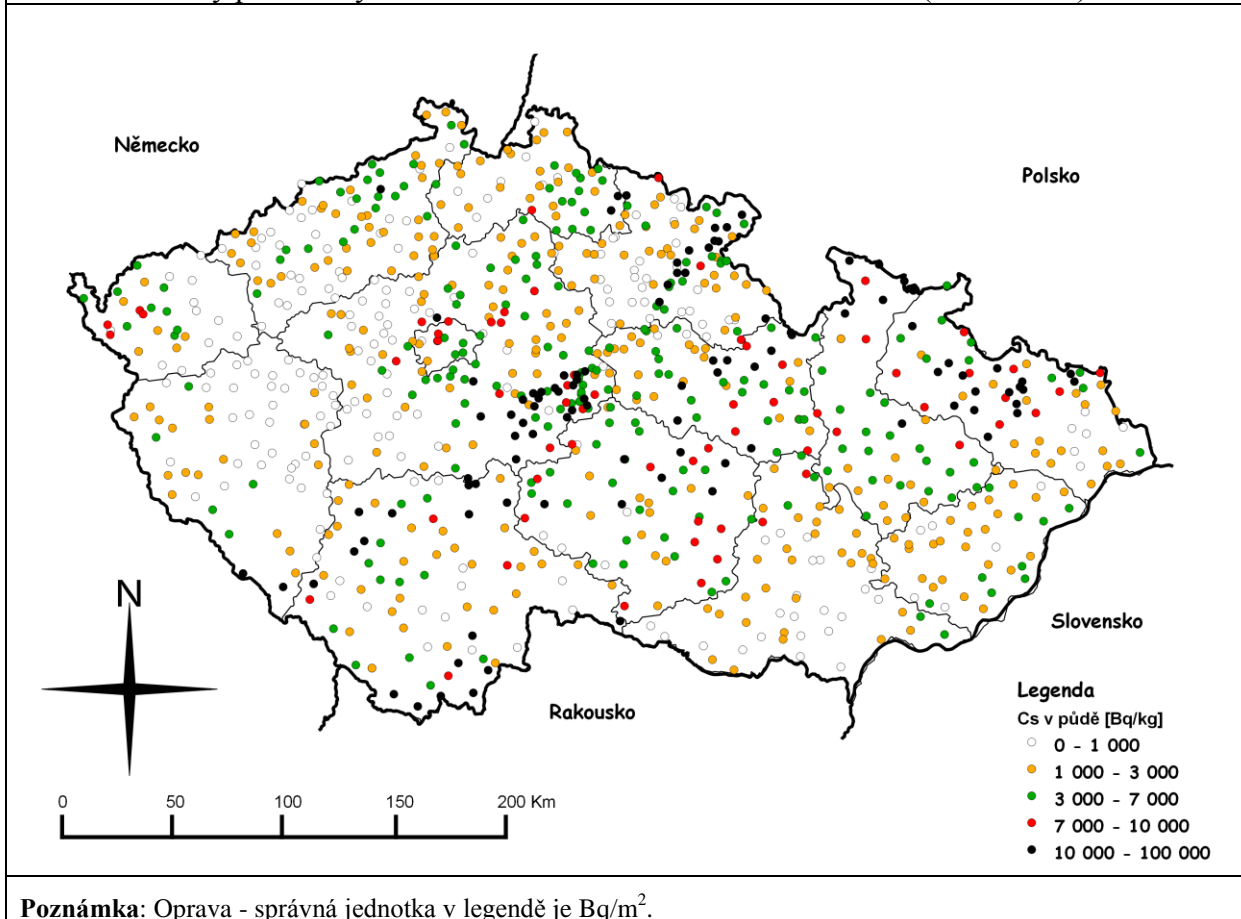
- Střední hodnota plošné aktivity odhadnutá z dat z období 16.-18.6. 1986 interpolovaných metodou Multilevel B-spline v programu SAGA GIS (obr. 2b) je 4200 Bq/m².

9 Literatura

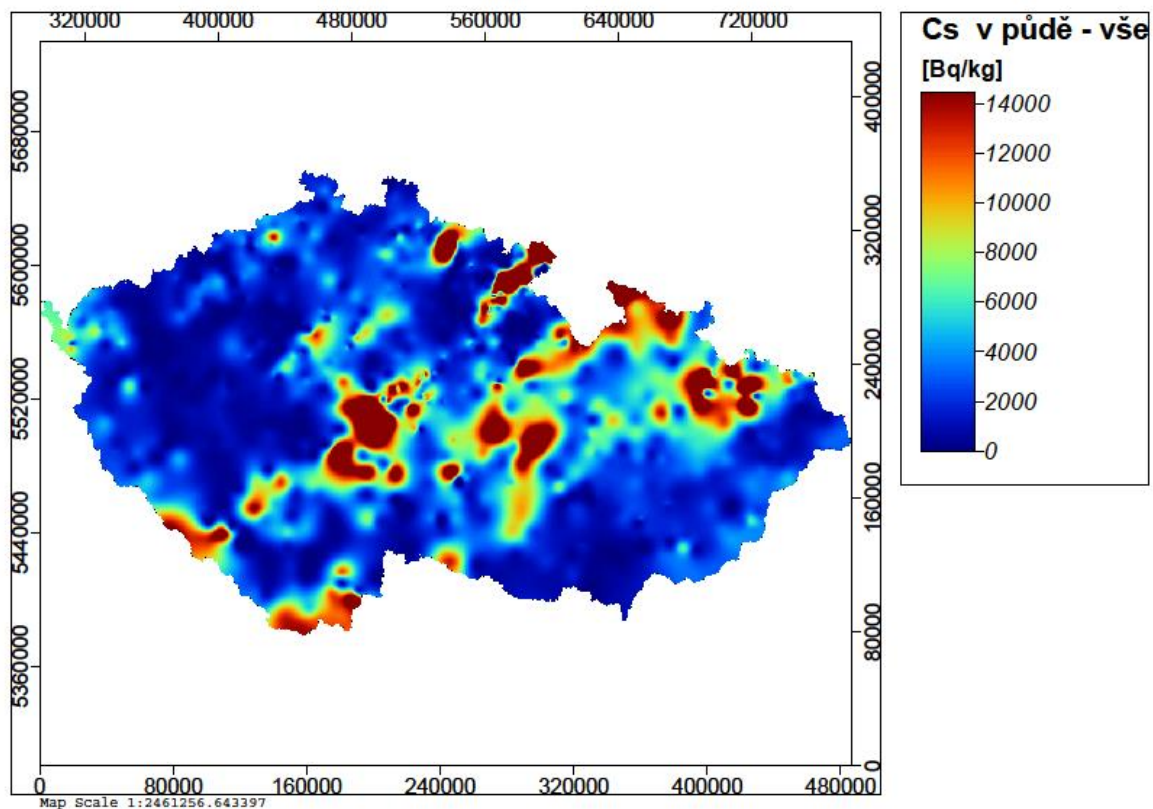
1. Zpráva o Radiační situaci na území ČSSR po havárii JE Černobyl, Institut hygieny a epidemiologie, Centrum hygieny záření, Praha 10, Šrobárova 48, 1987
2. Databáze SÚRO – Kontaminace půdy ČR ¹³⁷Cs ČR po havárii JE Černobyl (v excelu)
3. SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses), www.saga-gis.org

10 Obrázky

Obr 1a Plošné kontaminace ČR ¹³⁷Cs v důsledku havárie JE Černobyl
Odběry provedeny v období od 1.5. 1986 - bodové zobrazení (909 hodnot)

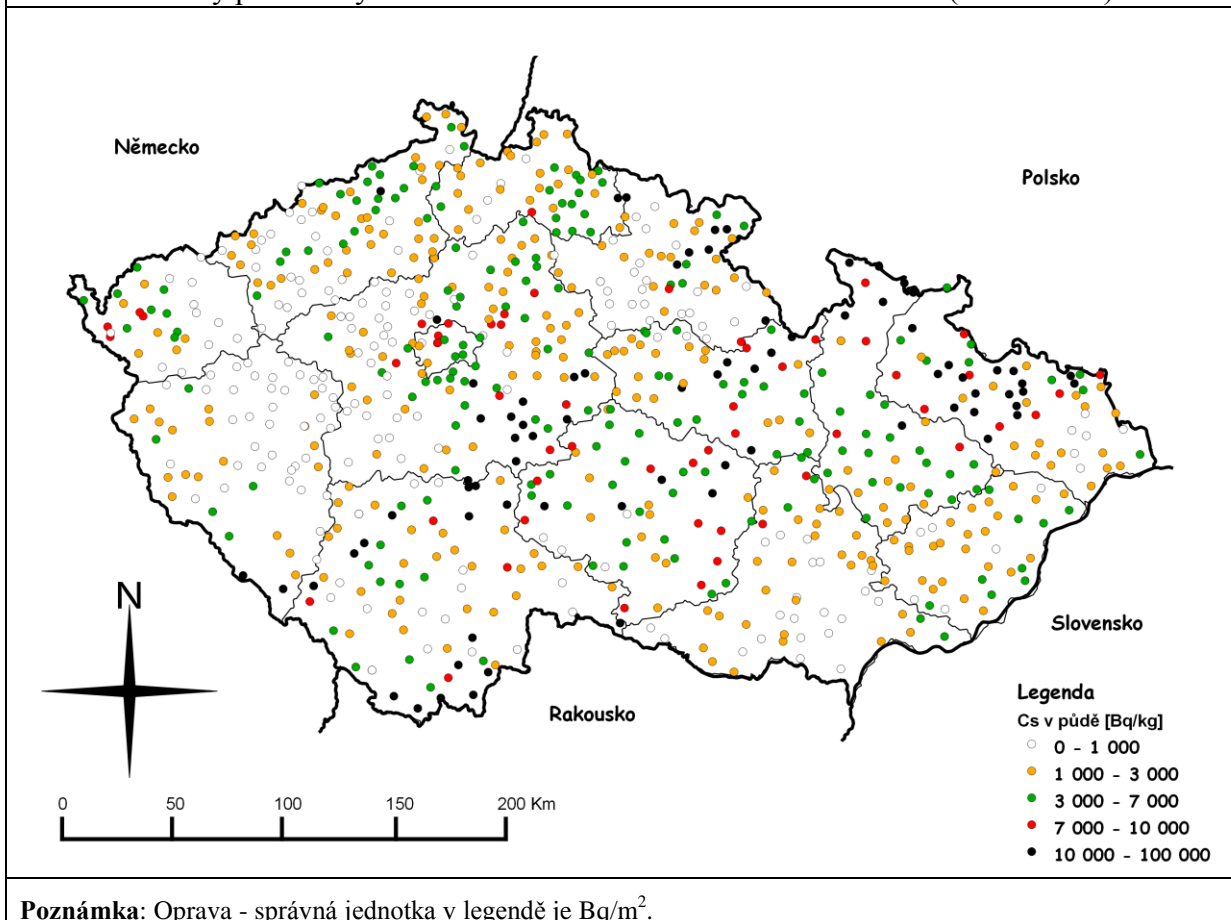


Obr 1b Plošné kontaminace ČR ^{137}Cs v důsledku havárie JE Černobyl
Odběry provedeny v období od 1.5. 1986 - plošné zobrazení (909 hodnot)

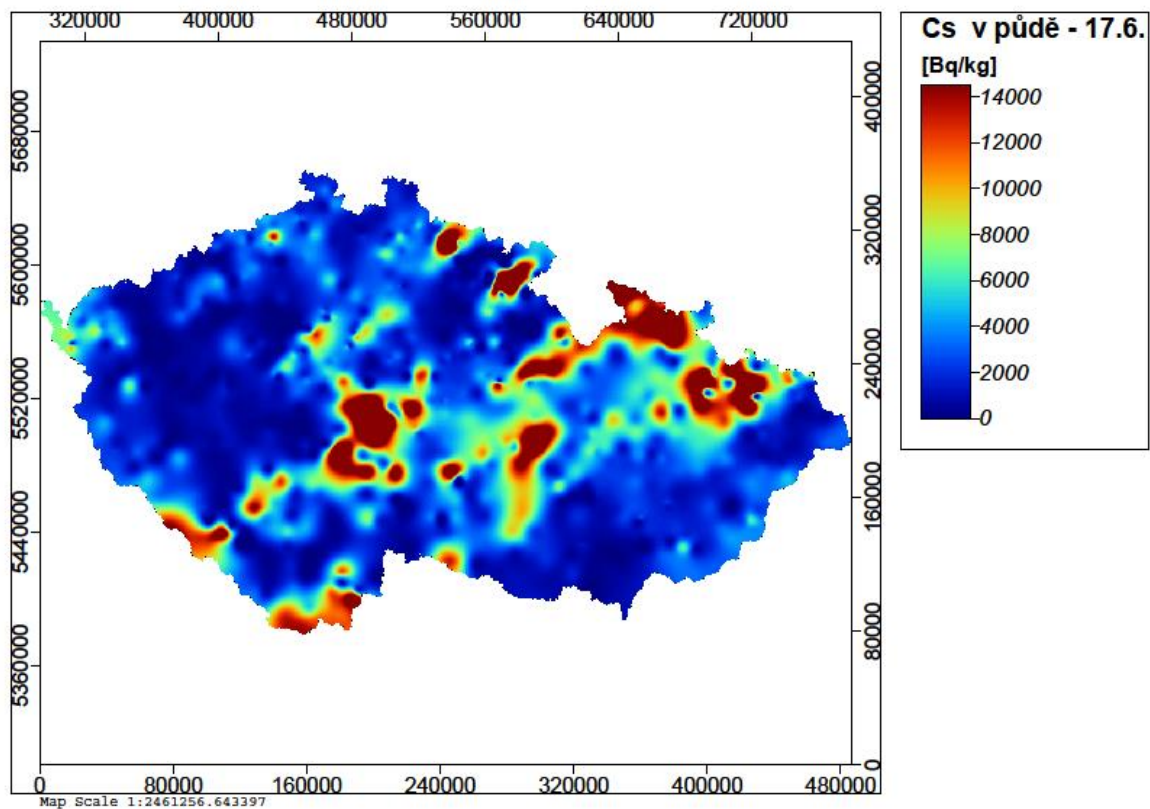


Poznámka: Oprava - správná jednotka v legendě je Bq/m^2 .

Obr 2a Plošné kontaminace ČR ^{137}Cs v důsledku havárie JE Černobyl
Odběry provedeny v období 16.-18.6. 1986 - bodové zobrazení (798 hodnot)

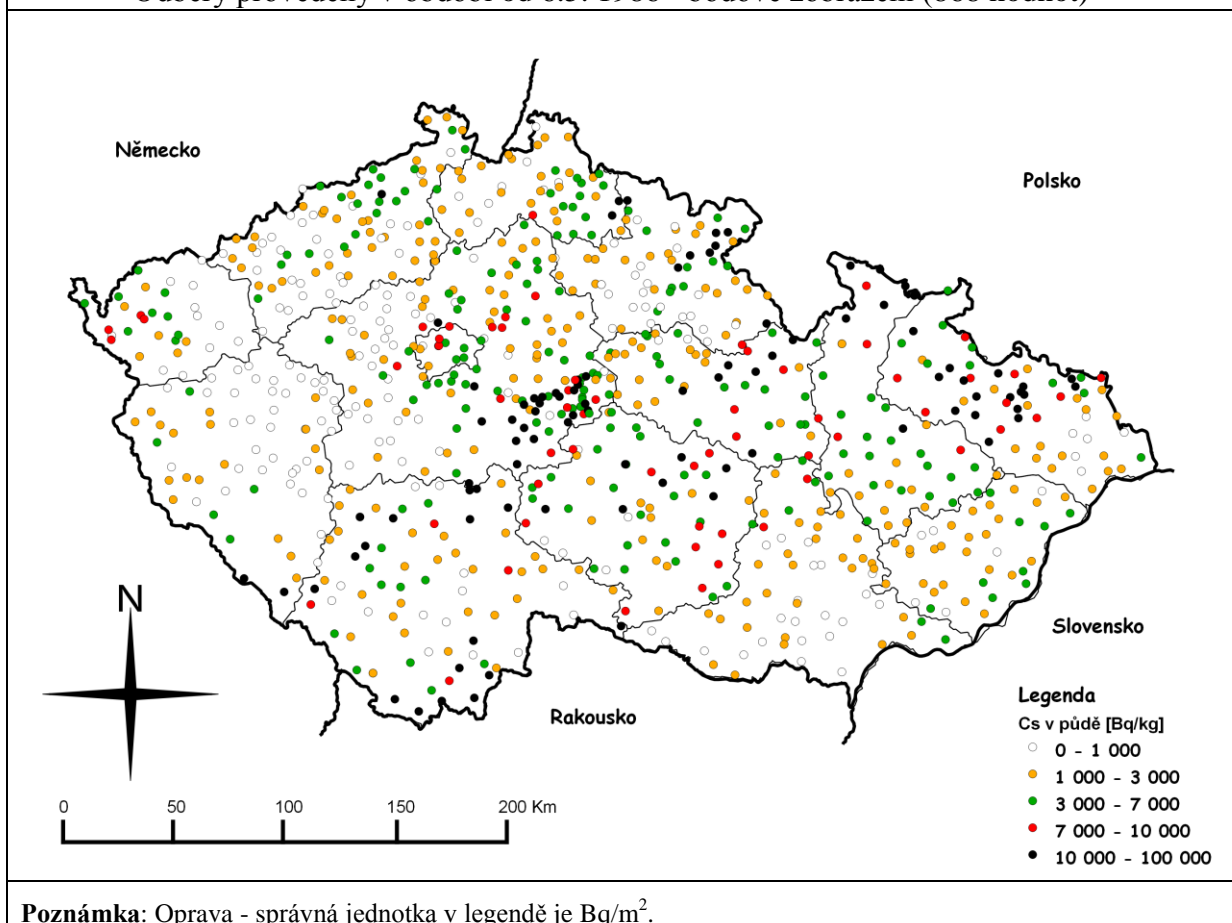


Obr 2b Plošné kontaminace ČR ^{137}Cs v důsledku havárie JE Černobyl
Odběry provedeny v období 16.-18.6. 1986 - plošné zobrazení (798 hodnot)

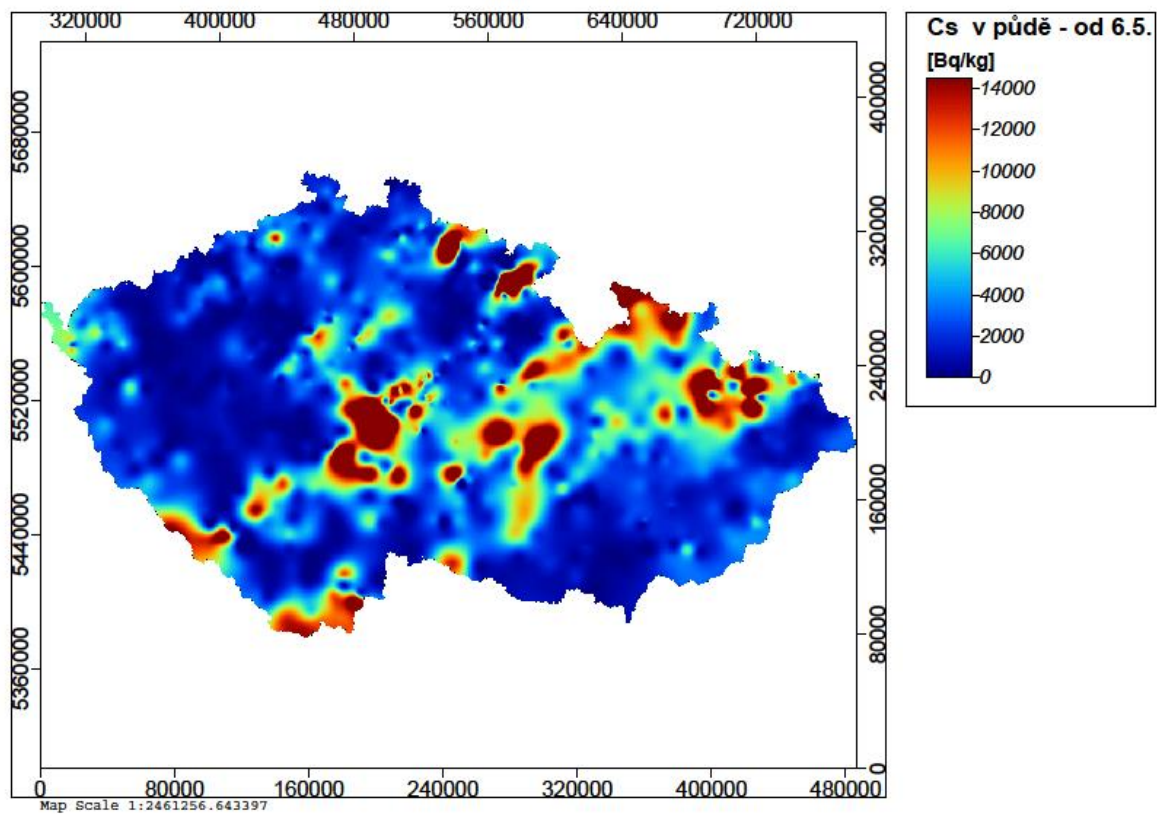


Poznámka: Oprava - správná jednotka v legendě je Bq/m^2 .

Obr 3a Plošné kontaminace ČR ^{137}Cs v důsledku havárie JE Černobyl
Odběry provedeny v období od 6.5. 1986 - bodové zobrazení (868 hodnot)

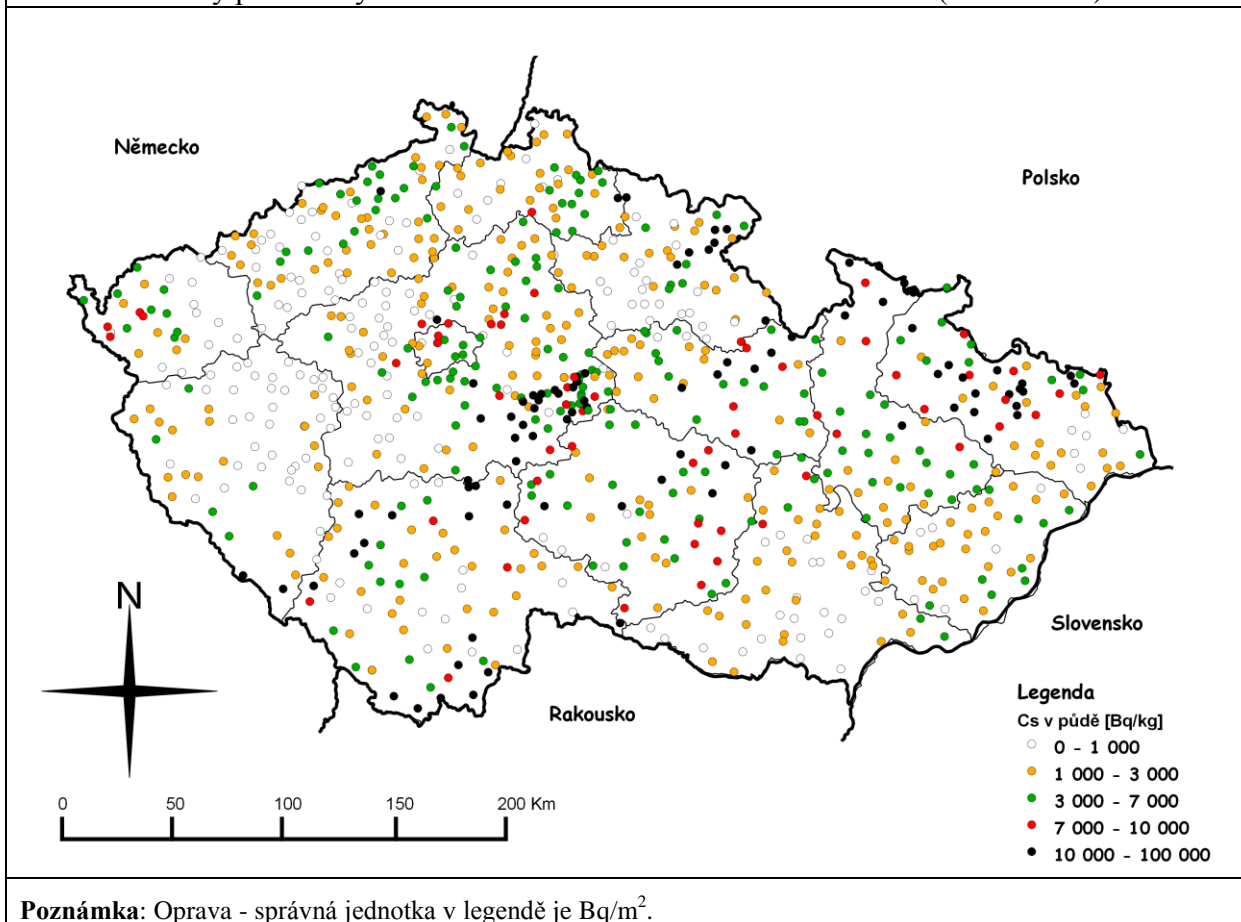


Obr 3b Plošné kontaminace ČR ^{137}Cs v důsledku havárie JE Černobyl
Odběry provedeny v období od 6.5. 1986 - plošné zobrazení (868 hodnot)

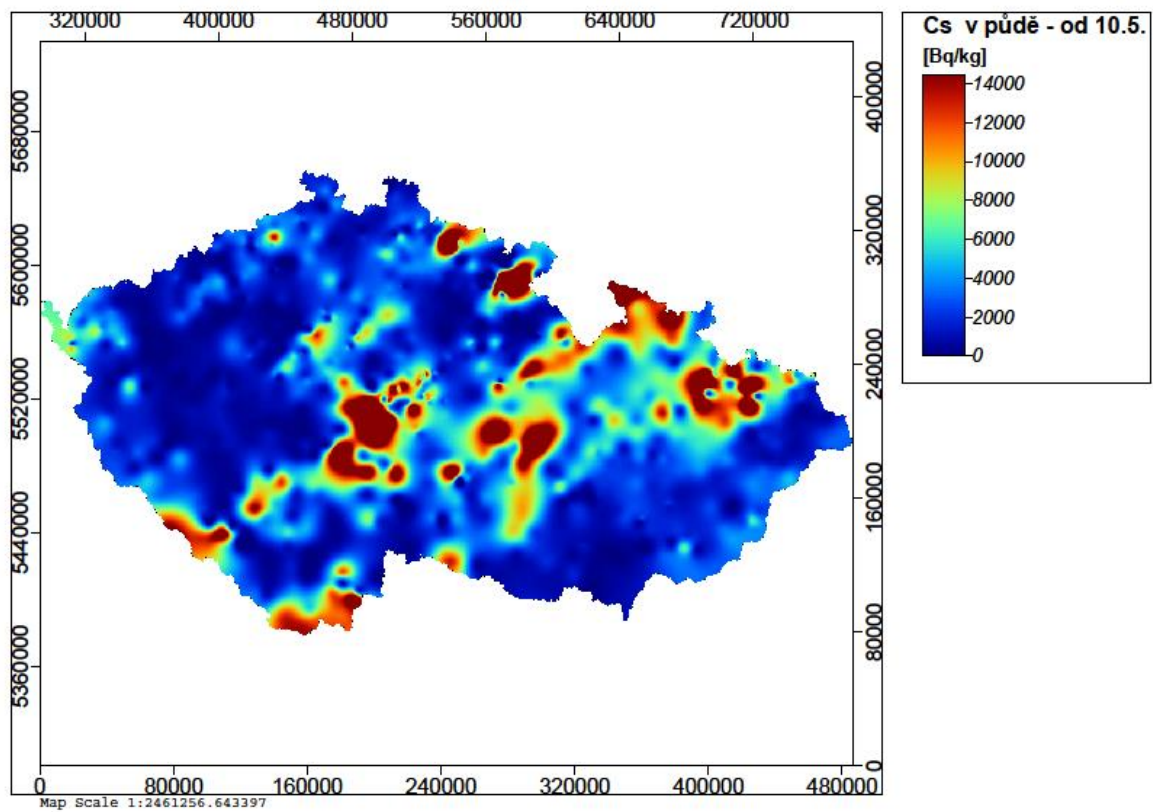


Poznámka: Oprava - správná jednotka v legendě je Bq/m^2 .

Obr 4a Plošné kontaminace ČR ^{137}Cs v důsledku havárie JE Černobyl
Odběry provedeny v období od 10.5. 1986 - bodové zobrazení (846 hodnot)

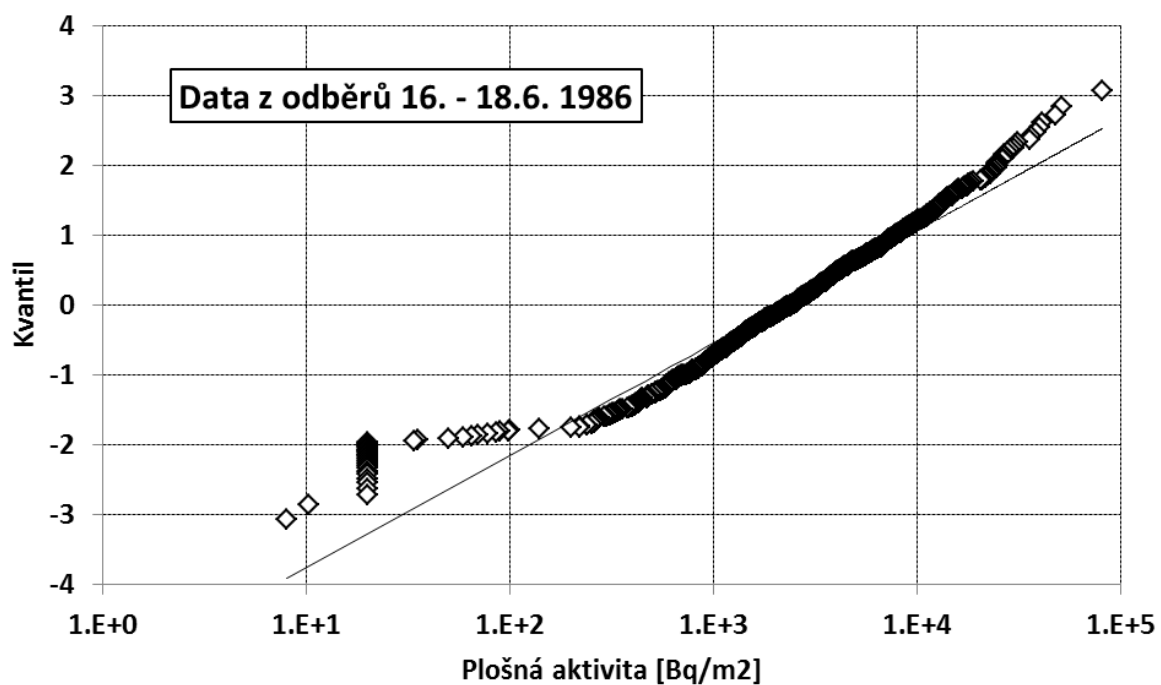
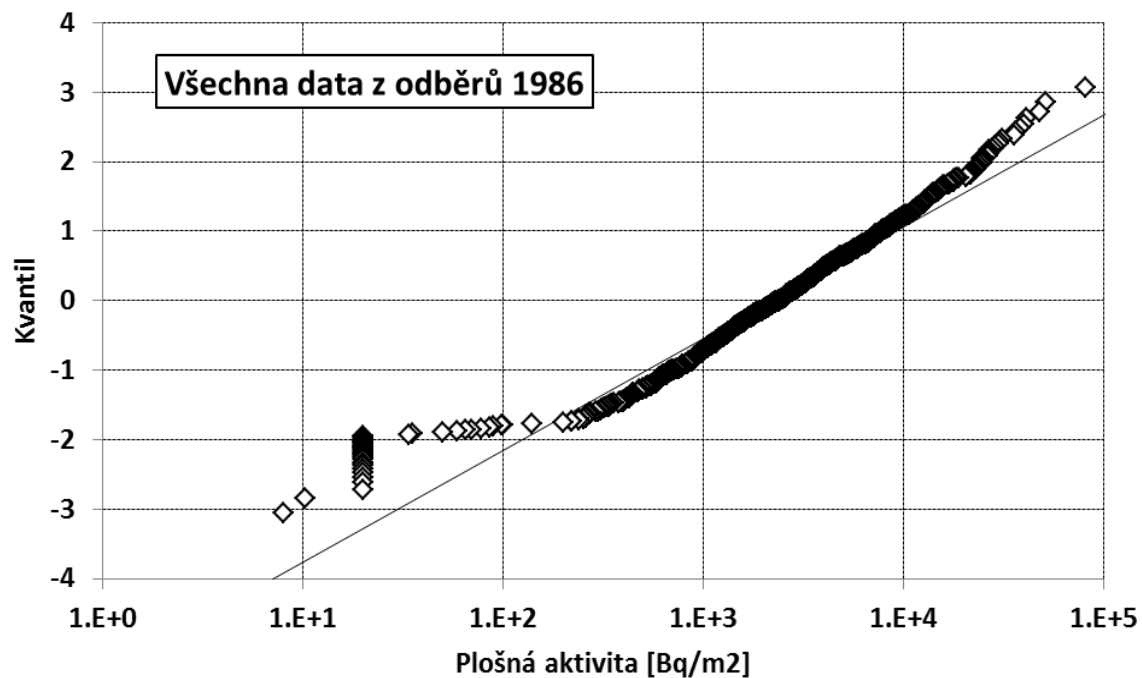


Obr 4b Plošné kontaminace ČR ^{137}Cs v důsledku havárie JE Černobyl
Odběry provedeny v období v od 10.5. 1986 - plošné zobrazení (846 hodnot)



Poznámka: Oprava - správná jednotka v legendě je Bq/m^2 .

Obr 5 Rozdělení plošných aktivit ^{137}Cs v půdě v kvantilových grafech pro log-normální rozdělení pro všechna data z hodnocených odběrů 1986 a pro data z odběrů mezi 16. a 18.6.1986 (pokud z jedné lokality bylo více výsledků, byl použit za tuto lokalitu aritmetický průměr)



Obr 6 Velikost srážek na území ČR v době průchodů kontaminované vzdušiny po havárii JE Černobyl v období 30.4.-9.5. 1986. Postupně od shora dolů:
 1) 30.4.-1.5., 2) 4.-5.5., 3) 7.-8.5., 4) 8.-9.5.

