



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

**Mapa kontaminace lupenatých hub lesního ekosystému  
České republiky  $^{137}\text{Cs}$  v letech 2004 – 2011**

**Zpráva SÚRO č. 25 / 2012**

**Autoři**

**Jan Škrkal  
Petr Rulík  
Karin Fantínová  
Jan Helebrant**

**Práce byla vykonána za Institucionální podpory Ministerstva vnitra (MV-25972-17/OBVV-2010) pro rok 2012 a za podpory SÚJB s využitím databáze RMS "MonRaS"**

Spolupracovníci:

Na zajištění odběrů vzorků se podílela velká skupina osob pracujících ve Státním ústavu radiační ochrany v.v.i. (SÚRO), Regionálních centrech SÚJB (RC SÚJB) a ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti v.v.i. (VÚLHM). Měření prováděli pracovníci SÚRO, RC SÚJB a Státního veterinárního ústavu (SVÚ).

**Praha 2012**

## Obsah

1 Anotace.....	2
2 Cíl a účel projektu .....	2
3 Úvod.....	2
4 Původ dat.....	3
5 Odběry a měření.....	3
6 Vyhodnocení a zobrazení dat v mapách.....	3
8 Závěr.....	6
10 Obrázky .....	7

### 1 Anotace

Ve zprávě jsou uvedeny mapy kontaminace lupenatých hub sbíraných v lesním ekosystému ČR v letech 2004 – 2011. Zobrazeny jsou kromě map lupenatých hub souhrnné mapy kontaminace všech hub.

### 2 Cíl a účel projektu

Vytvoření přehledných map zobrazujících obsah  $^{137}\text{Cs}$  v houbách v České republice (ČR) monitorujících zbytkovou kontaminaci přetrvávající v lesním ekosystému ČR (speciálně houbách) z testů jaderných zbraní a havárie JE v Černobylu. Výsledky jsou zobrazeny moderními zobrazovacími prostředky ve variantě bodové a vyhlazené pomocí metody Multilevel B-spline v programu SAGA GIS [1]. Mapy jsou určeny SÚJB případně dalším resortům státní správy pro získání přehledu o míře kontaminace hub lesního ekosystému ČR, které jsou z hlediska příjmu ingescí významnou složkou potravy obyvatelstva.

### 3 Úvod

Hlavními zdroji  $^{137}\text{Cs}$  v životním prostředí ČR byly testy jaderných zbraní v atmosféře prováděné do 60. let 20. století a nehoda jaderné elektrárny Černobyl v roce 1986. Spad po havárii JE Černobyl byl na území ČR díky srážkám značně nehomogenní, v průměru činil  $5 \text{ kBq/m}^2$  s maximy kolem  $100 \text{ kBq/m}^2$ , spad v důsledku atmosférických pokusů byl víceméně homogenní a činil přibližně také  $5 \text{ kBq/m}^2$ . Aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v houbách dosahovaly v 60. letech v ČR jednotky  $\text{kBq/kg}$  (nat.). Mezi roky od 1970 do 1985 byly na území ČR naměřeny aktivity desítky až tisíce  $\text{Bq/kg}$  (sušiny). Havárie JE Černobyl přinesla skokové zvýšení aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v houbách. V řadě evropských zemí včetně ČR byly po Černobylské havárii naměřeny aktivity až desítky  $\text{kBq/kg}$  (nativní).

Zatímco v hlavních komoditách spotřebního koše obyvatel ČR jsou v současnosti aktivity  $^{137}\text{Cs}$  na úrovni setin až desetin  $\text{Bq/kg}$ , lesní produkty a především houby obsahují aktivity i o čtyři řády vyšší. Lesní ekosystém uchovává  $^{137}\text{Cs}$  uvnitř cyklické výměny mezi svrchními vrstvami půdy (stelivo), bakteriemi, mikrofaunou, mikroflórou a vegetací po dlouhou dobu. Schopnost hub akumulovat  $^{137}\text{Cs}$  je ovlivněna řadou faktorů. Mezi nejvýznamnější patří druh houby, druh půdy a její vlhkost, míra kontaminace a doba, která uplynula od kontaminace půdy a s ní související vertikální distribuce.

Druhovú závislost je nejčastěji diskutovaným faktorem ovlivňujícím schopnost hub kumulovat  $^{137}\text{Cs}$ . Některými autory [4, 5, 6] jsou hřibovité houby uváděny jako houby s vyšší aktivitou než lupenaté. Lesní houby patří v České republice k nejvíce konzumované potravině

komoditě lesního ekosystému. I když tvoří minoritní složku spotřebního koše, mohou, vzhledem k řádově vyšším aktivitám, významně přispívat k celkové dávce z ingesce způsobené  $^{137}\text{Cs}$ .

#### 4 Původ dat

Mapy jsou vytvořeny z výsledků monitorování  $^{137}\text{Cs}$  v houbách odebraných mezi lety 2004 – 2011 na území ČR v rámci Radiační monitorovací sítě (RMS). Výsledky měření jsou uloženy v databázi SÚJB MonRaS, která byla využita jako zdroj dat.

#### 5 Odběry a měření

Odběry jedlých hub v letním období v letech 2004 – 2011 prováděl SURO ve spolupráci s RC SÚJB v každém ze sedmi původních (do roku 1989) hlavních regionů ČR (kraje: Středočeský, Severočeský, Západočeský, Jihočeský, Východočeský, Jihomoravský a Severomoravský). Druhově byly vzorky identifikovány v závislosti na znalostech pracovníků provádějících odběr.

Pracovníci VÚLHM sbírali jedlé houby pro potřeby RMS ve vybraných přírodních lesních oblastech ČR. Sběry byly prováděny v letních měsících a vzorky hub byly přesně druhově identifikovány.

Aktivita  $^{137}\text{Cs}$  byla ve všech vzorcích stanovena pomocí polovodičové spektrometrie gama HPGe detektory o relativní účinnosti 15-150%. Většina vzorků SURO a RC SÚJB byla měřena v nativním stavu a aktivita je vztažena na nativní hmotnost. Vzorky VÚLHM byly měřeny v SVÚ po usušení a aktivity zadávány do informačního systému RMS (databáze MonRAS) vztažené na sušinu. Pro potřeby zobrazení v mapách byly aktivity vztažené na sušinu přepočítány na nativní stav vynásobením středním faktorem 10.

#### 6 Vyhodnocení a zobrazení dat v mapách

Při odběru většiny vzorků nebyla měřena přesná souřadnice odběrového místa. Výsledky měření byly do databáze zadávány s informací o nejbližší obci nebo o regionu, ve kterém byly vzorky odebírány. Pro zobrazení v mapách byly těmto lokalitám přiřazeny souřadnice odpovídající středům zadaných obcí případně středům centrálních obcí daného regionu. Pokud bylo změřeno ve stejné lokalitě několik vzorků, byla pro zobrazení v bodové mapě použita průměrná hodnota.

Většinu vzorků hub obsažených v databázi MonRaS lze z hlediska tvaru výtrusného lůžka (hymenia) rozdělit na houby s hymeniem ve tvaru rourek a ve tvaru lupenů. Databáze MonRaS obsahuje výsledky měření vzorků hub primárně rozdělené na hřibovité (mají většinou hymenium ve tvaru rourek) a lupenaté (s lupeny). Protože ale jsou často do výsledků v databázi jako hřibovité zařazeny kromě čeledi hřibovitých i houby čeledi klouzkovitých, je možno houby označené v databázi MonRaS jako hřibovité nazvat spíše hřibotvaré (řád hub hřibotvarých obsahuje čeledi – hřibovité a klouzkovité). V [tabulce 1](#) jsou data obsažená v databázi přehledně uspořádána podle taxonomického členění (řád, čeleď, rod, druh). Řád hub hřibotvarých obsahuje čeleď klouzkovité (rod klouzek) a čeleď hřibovité (druhy hřib hnědý, hřib smrkový, hřib žlutomasý, hřib kovář, rod kozák/křemenáč).

Lupenate houby obsažené v databázi patří do řádů holubinkotvarých a pečárkotvarých. Mezi holubinkotvaré houby patří rod holubinka z čeledi holubinkovitých, mezi pečárkotvaré patří čeledi muchomůrkovité (druh muchomůrka růžovka) a pečárkovité (rod bedle, pečárka).

Rozpětí hmotnostních aktivit  $^{137}\text{Cs}$  v houbách v daném roce bylo několikařádkové, oproti tomu meziroční změny v aktivitě byly zanedbatelné. Proto mohly být vzorky hodnoceny za delší období společně.

Celkem bylo pro zpracování map použito 651 výsledků měření z období 2004-2011, z toho 17 bylo pod mezí detekce (tabulka 1). Do skupiny hřibotvarých hub bylo zařazeno 455 vzorků a 164 vzorků hub bylo lupenatých. U zbývajících 32 vzorků se buď jedná o směsné vzorky, nebo nebyla provedena žádná druhová identifikace nebo se jedná o vzorky, které nepatří ani mezi hřibotvaré ani mezi lupenate houby (např. liška obecná patří mezi liškotvaré); změřeno však bylo méně než 10 vzorků.

V tabulce 1 jsou, kromě počtu změřených vzorků daného druhu a výsledků měření pod mezí detekce (hodnota MVA), uvedeny hlavní statistické charakteristiky – rozpětí aktivit  $^{137}\text{Cs}$  (Min., Max.), geometrický průměr aktivit (GM) a geometrická směrodatná odchylka (GSD), které byly odhadnuty pomocí programu R a softwarového balíku NADA [2, 3]. Je vidět, že GM hřibotvarých hub (44 Bq/kg) i hřibovitých hub (46,5 Bq/kg) o řád převyšuje GM lupenatých hub (4 Bq/kg).

**Tabulka 1** Aktivita  $^{137}\text{Cs}$  ve vzorcích hub sbíraných v letech 2004 – 2012

Druh	Počet celkem	Počet pod MVA	Aktivita Min. Bq/kg	Aktivita Max. Bq/kg	GM Bq/kg	GSD
všechny houby	651	17	< 0,005	1270	23,3	8,6
hřibotvaré	455	2	0,08	1180	44,3	4,8
klouzkovité (klouzci)	14	0	36,20	322	105,3	2,1
hřibovité	359	0	0,08	1180	46,5	4,6
hřib hnědý	95	0	0,38	766	95,7	3,8
hřib smrkový	154	0	2,02	1180	60,7	3,3
hřib žlutomasý	54	0	0,94	889	15,9	4,2
kozák, křemenáč	17	0	1,27	106	12,7	4,5
hřib kovář	11	0	0,08	657	9,9	14,9
lupenate (s lupeny)	164	12	< 0,005	598	4,0	16,0
holubinkotvaré	20	0	0,26	179	14,6	7,7
holubinka	13	0	0,77	179	11,5	7,1
pečárkotvaré	101	7	< 0,005	598	2,2	18,2
muchomůrkovité	40	0	0,12	598	29,2	5,8
pečárkovité	48	7	< 0,005	6	0,3	4,3
bedle	35	5	< 0,05	6	0,4	4,0
pečárka	11	2	< 0,005	1	0,1	3,9

**Poznámky**

- Aktivita je vztažena na kg nativního vzorku
- Celkem – počet změřených vzorků,
- Pod MVA – počet výsledků pod minimální významnou aktivitou,
- Min. – nejnižší aktivita nebo MVA,
- Max. – nejvyšší aktivita,
- GM – geometrický průměr,
- GSD – geometrická směrodatná odchylka
- V tabulce jsou uvedeny datové soubory pro skupiny (druhy) hub obsahující více než 10 naměřených hodnot stejného druhu. Bylo-li ve skupině méně hodnot než 10, jsou zahrnuty v rámci vyšší skupiny.
- V mnoha případech nebyly vzorky zcela identifikovány a jsou zařazeny do vyšší skupiny.
- GM a GSD byly vypočteny pomocí programu R a sw. balíku NADA [2, 3]

Regionální rozložení odběrů a aktivit všech hub je přehledně uvedeno v [tabulce 2](#) dle členění ČR Evropskou unií na 8 tzv. regionů soudržnosti – Praha, Střední Čechy, Jihozápad, Severozápad, Severovýchod, Jihovýchod, Střední Morava a Moravskoslezsko označených „NUTS II“. Ve srovnání s GM = 23 Bq/kg charakterizujícím celý soubor hub ([tabulka 1](#)), byl výrazně nižší průměr vypočten pro Prahu a Střední Čechy (GM = 4 Bq/kg). Nejvyšší kontaminace hub byla naopak zjištěna v regionu Střední Morava (GM = 52 Bq/kg) a je v souladu s vyšším spadem uvolněným srážkami v oblasti střední a severní Moravy při průchodu kontaminovaných vzdušných hmot po Černobylské havárii. Ve všech regionech bylo zjištěno rozpětí 4 – 5 řádů naměřených aktivit a vysoké aktivity dosahující stovky (jednotlivě až tisíc) Bq/kg.

**Tabulka 2** Regionální rozložení aktivity v houbách

Druh	Počet celkem	Počet pod MVA	Aktivita	Aktivita	GM	GSD
			Min.	Max.		
			Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	
Praha a Střední Čechy	96	5	0,04	1000	4	12
Jihovýchod	70	1	< 0,005	590	19	8
Jihozápad	194	3	< 0,005	770	26	7
Severozápad	46	2	< 0,05	1270	33	10
Severovýchod	142	6	< 0,05	689	37	6
Moravskoslezsko	46	0	0,26	1180	40	5
Střední Morava	57	0	0,48	1140	51	7

**Poznámky**

- Aktivita je vztažena na kg nativního vzorku
- Celkem – počet změřených vzorků,
- Pod MVA – počet výsledků pod minimální významnou aktivitou,
- Min. – nejnižší aktivita nebo MVA,
- Max. – nejvyšší aktivita,
- GM – geometrický průměr,
- GSD – geometrická směrodatná odchylka
- GM a GSD byly vypočteny pomocí programu R a sw. balíku NADA [2, 3]

Hodnoty hmotnostních aktivit jsou dále zobrazeny v mapách pro dva datové soubory – lupenaté houby a všechny houby. Hodnoty aktivit ležících pod MVA byly pro zobrazení v mapách nahrazeny nejlepším odhadem skutečné aktivity, a to ½ hodnoty MVA. Mapy jsou v provedení bodovém a vyhlazeném v barvených plochách získaných metodou Multilevel B-spline v programu SAGA GIS [1]. Výsledky zobrazení jsou na [obrázcích 1a až 2b](#). Jejich přehled je uvedený v [tabulce 3](#).

**Tabulka 3** Přehled mapových zobrazení kontaminace hub na obrázcích 1 až 3

Obr. č.	Druh	Zobrazení	Hodnot	
			celkem	zobrazených
1a	lupenaté	bodové	164	107
1b	lupenaté	vyhlazené	164	–
2a	všechny houby	bodové	651	323
2b	všechny houby	vyhlazené	651	–

## 8 Závěr

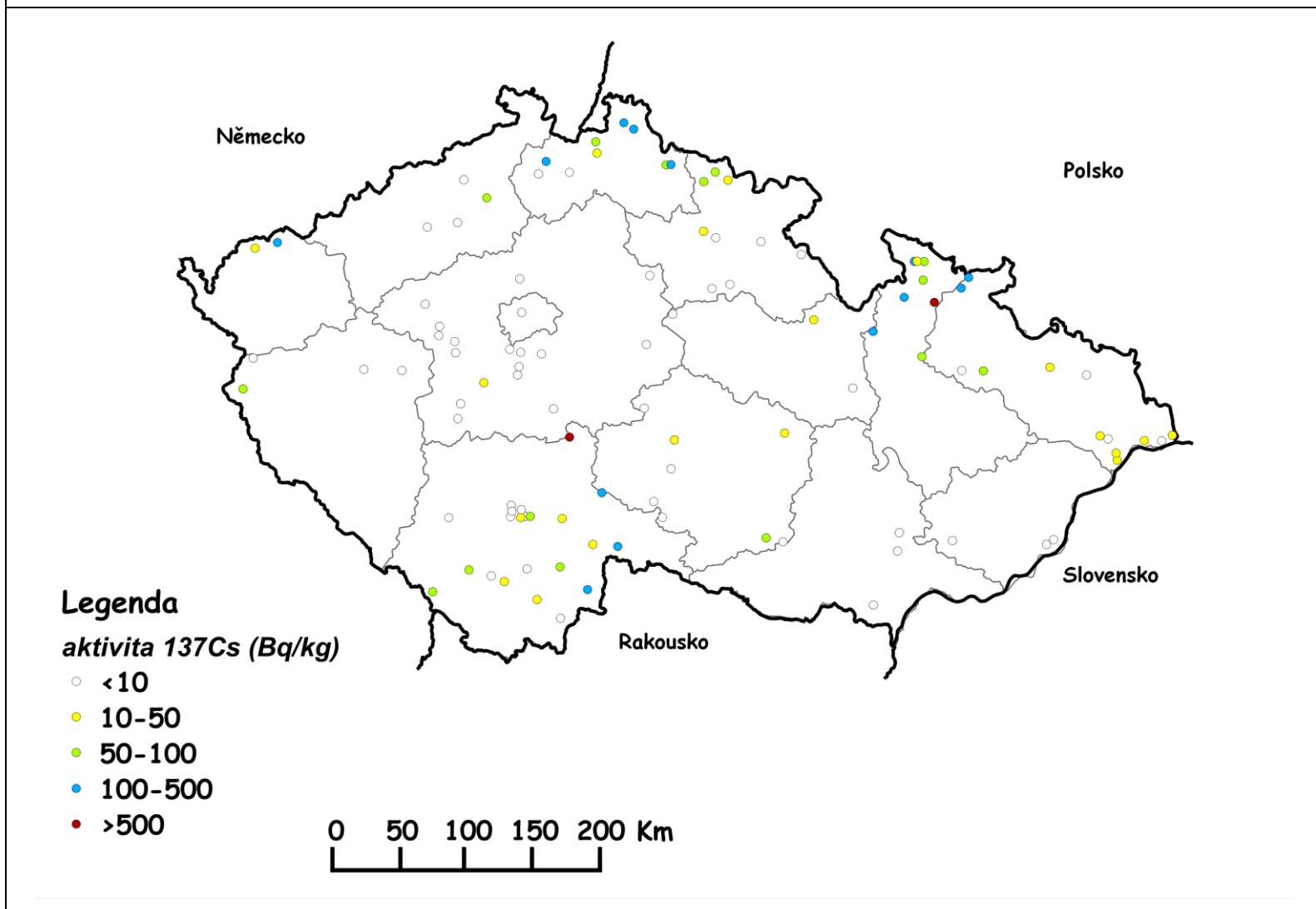
- Lupinatých hub bylo analyzováno méně vzorků než hřibotvarých hub vzhledem k jejich nižší oblíbenosti a byla v nich zjištěna nižší průměrná aktivita (GM).
- Nejvyšší průměrná aktivita byla stanovena ve vzorcích všech hub pro region Střední Morava a naopak nejnižší pro Prahu a Střední Čechy.
- Plošná vyhlazená zobrazení vytvořená metodou Multilevel B-spline jsou přehlednější než zobrazení bodová.

## 9 Literatura

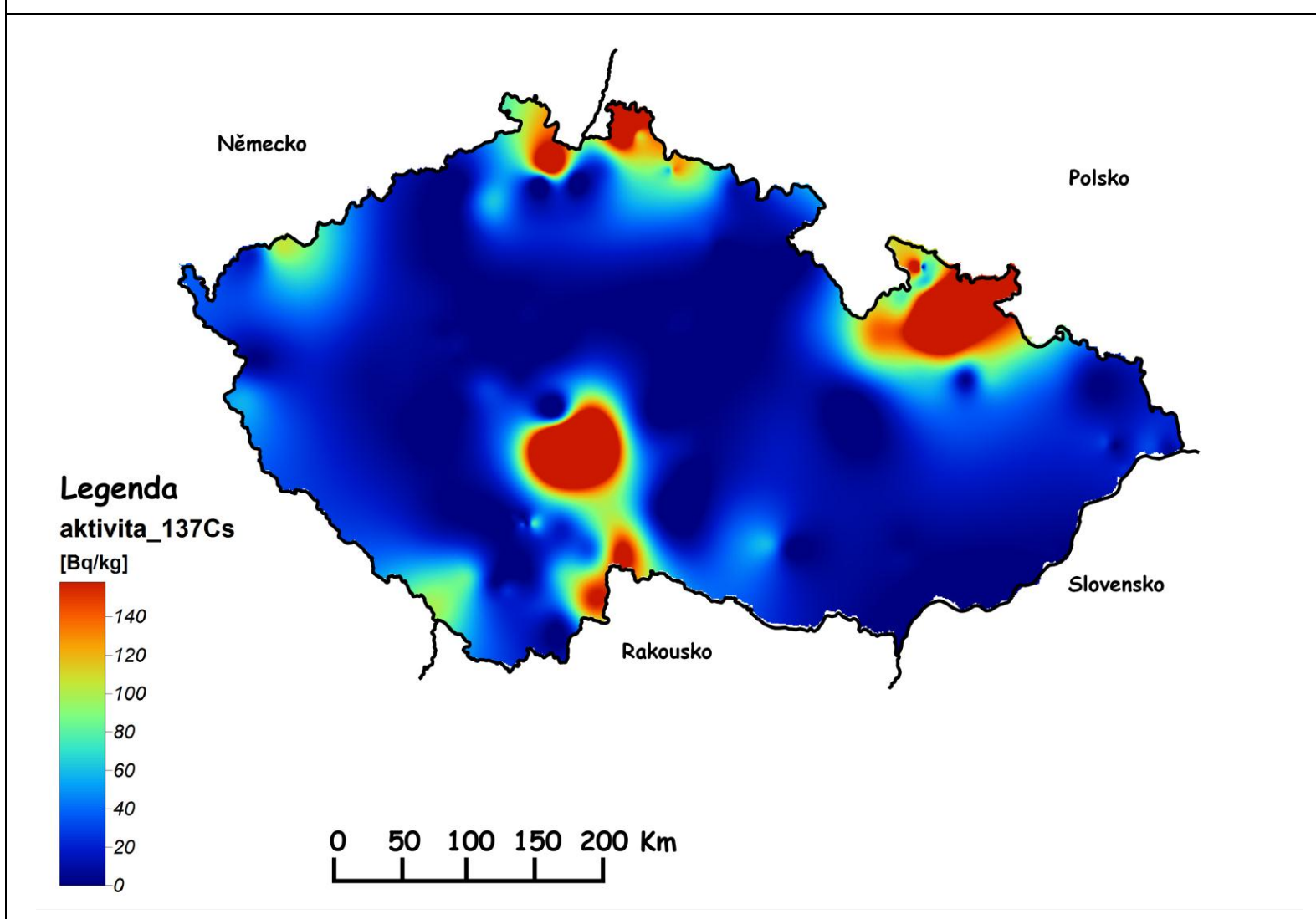
1. SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses), [www.saga-gis.org](http://www.saga-gis.org)
2. R Development Core Team R: A Language and Environment for Statistical Computing, [www.R-project.org](http://www.R-project.org), 2011
3. Lee, L., NADA: Nondetects and Data Analysis for environmental data, R package version 1.5-2, [CRAN.R-project.org/package=NADA](http://CRAN.R-project.org/package=NADA), 2009
4. Klán, J., Řanda, Z., Benda, J., Horyna, J., Investigation of non-radioactive Rb, Cs, and radiocaesium in higher fungi, *Česká mykologie* 42 (3) 1988, 158-169
5. Gans, Z. *Mykol.*, 52 (1986), 446
6. Dvořák P., Kunová V., Beňová K., Ohera M.: Radiocaesium in mushrooms from selected locations in the Czech Republic and the Slovak Republic. *Radiat Environ Biophys*, 2008, 47: 179-182

## 10 Obrázky

**Obr. 1a** Hmotnostní aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v lupenatých houbách na území ČR v letech 2004 – 2012 – bodové zobrazení

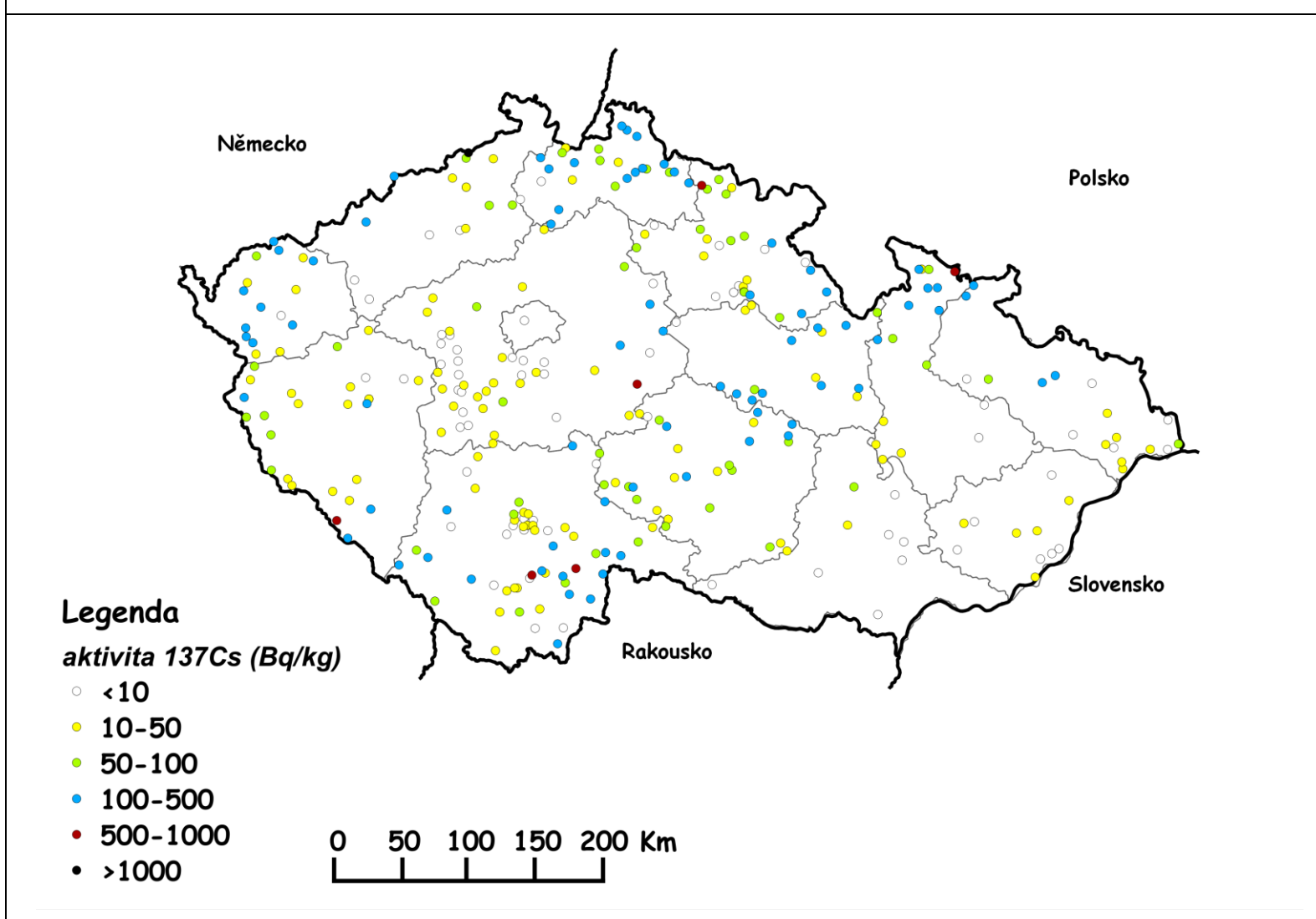


**Obr. 1b** Hmotnostní aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v lupenatých houbách na území ČR v letech 2004 – 2012 – vyhlazené zobrazení





Obr. 2a Hmotnostní aktivity  $^{137}\text{Cs}$  ve všech houbách na území ČR v letech 2004 – 2012 – bodové zobrazení



**Obr. 2b** Hmotnostní aktivity  $^{137}\text{Cs}$  ve všech houbách na území ČR v letech 2004 – 2012 – vyhlazené zobrazení

