Aktualizované mapy radonového indexu České republiky v měřítku 1 : 50 000

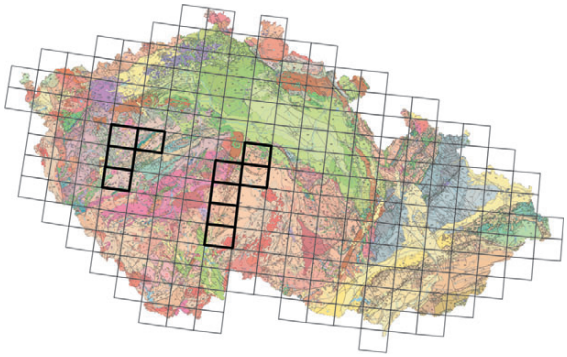
The actualized radon index maps of the Czech Republic on a scale 1 : 50 000

Ivan Barnet – Petra Pacherová – Libuše Smyčková

Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1;
ivan.barnet@geology.cz

Key words: *actualized radon index maps, Quaternary sediments, Neoproterozoic olistostromes, Moldanubian mica-schists*

Abstract: The research programmes performed in period 2008–2010 have confirmed the close relationship of radon concentrations in Quaternary sediments and their underlying rocks. The ArcGIS based combination of radon index of generalized deeper basement rock types and areal extent of Quaternary cover enabled to divide the formerly used intermediate category of radon index into three categories low, medium and high. The intermediate category was previously used for Quaternary sediments, where 52 % of urban areas are situated. The supplementary soil gas radon measurements led to increasing the radon index of Neoproterozoic olistostromes from low to medium radon index, whilst the medium radon index of Moldanubian mica-schists was confirmed. The actualized radon index maps on a scale 1 : 50 000 are published on Map Server of the Czech Geological Survey for public information, for municipal authorities´ decisions and for governmental bodies responsible for the Action Plan of Radon Programme (2009–2019) of the Czech Republic.



(12-31 Plasy, 12-32 Zdice, 12-33 Plzeň, 22-11 Přeštice, 23-31 Soběslav, 23-13 Tábor, 23-11 Vlašim, 13-33 Benešov, 13-34 Zruč nad Sázavou, 13-32 Kolín)

Po sestavení map radonového indexu v měřítku 1 : 50 000 v období 1999–2010 a jejich navázání na databázi centroidů částí obcí, poskytnutou pro účely Radonového programu Českým statistickým úřadem, bylo zjištěno, že 7850 částí obcí z celkového počtu 15096 je situováno na podloží kvartérních sedimentů, označených v radonových mapách přechodným indexem. V období 2008–2010 probíhala terénní měření objemové aktivity radonu na podloží kvartérních sedimentů. Měření radonu v podloží byla situována podél vybraných vodních toků, protínajících hlubší podložní horniny s kontrastním radonovým indexem v oblastech středočeského plutonu a okolních hornin, na styku granitoidů železnohorského plutonu s křídovými sedimenty, dále podél toku Labe v úseku Vrchlabí–Hradec Králové a v oblasti Jindřichohradecka na kontaktech moldanubických ortorul, centrálního moldanubického plutonu a křídových sedimentů třeboňské pánve (Barnet et al. 2010, Barnet – Pacherová 2010, Pacherová – Barnet 2009, 2010, Pacherová et al. 2011). Ve všech případech bylo zjištěno, že radonový index v kvartérních sedimentech není ovlivněn transportovaným materiálem vodních toků, ale má vazbu na radonový index hlubších podložních hornin.

Součástí aktualizace map radonového indexu bylo i doplnění radonové databáze ČGS o 620 ploch, získaných z měření na výzkumných projektech a zakázkách v období 2006–2011. Tím vzrostl počet bodů v databázi z původních 8 533 (po dokončení programu map radonového indexu ČR v roce 2005) na současných 9 124. Tato data byla využita pro statistickou charakteristiku radonového indexu generalizovaných geologických jednotek podle nové geologické mapy ČR 1 : 500 000 (Cháb et al. 2007), která zároveň slouží jako podkladový soubor pro radonový index hlubšího geologického podloží (předkvartérní formace).

Zjištěná závislost objemové aktivity radonu v kvartérních sedimentech na radonovém indexu hlubšího geologického podloží tak umožňuje detailně rozčlenit dosud používaný přechodný radonový index na nízký, střední a vysoký. Přechodným indexem byly v dosud publikovaných mapách radonového indexu v měřítku 1 : 50 000 označeny nehomogenní kvartérní sedimenty. Tím dojde k významnému zpřesnění prognózy radonového indexu zejména v intravilánech obcí, situovaných na kvartérních sedimentech.

Metodika

Na základě výběru ploch z radonové databáze České geologické služby byly stanoveny poměry aritmetických průměrů objemové aktivity radonu pro plochy situované na podloží bez kvartérních sedimentů a s kvartérními sedimenty. Aritmetické průměry jsou obvykle vyšší než geometrické průměry a jejich využití proto částečně eliminuje podcenění radonového rizika z podloží. Byly vybrány

plošně nejrozšířenější horninové typy na území České republiky s počtem měřených ploch nad 100. Přehled poměrů přináší tab.1.

Z tabulky 1 vyplývá, že poměry průměrů objemové aktivity radonu jsou blízké 1, což indikuje, že nejsou výrazné rozdíly v objemové aktivitě radonu mezi plochami situovanými na kvartérních sedimentech a mimo ně. Toto zjištění spolu s výsledky výzkumných programů z období 2008–2010 umožnilo kombinovat výběrový soubor vektorizovaných polygonů kvartérních sedimentů v měřítku 1 : 50 000, dosud označovaných přechodným radonovým indexem, se souborem vektorizovaných polygonů z geologické mapy 1 : 500 000 bez kvartérních sedimentů.

Tabulka 1. Poměr průměrných objemových aktivit Rn v podloží bez kvartérního pokryvu a s kvartérním pokryvem v 10 plošně nejrozšířenějších horninových typech na území ČR

horninový typ	bez kvartéru ($kBq.m^{-3}$)	s kvartérem ($kBq.m^{-3}$)	poměr
terciér marinní, Karpaty	17,5	19,9	0,9
mezozoické sedimenty	18,0	17,4	1,0
prevariské granitoidy	20,1	21,3	0,9
moldanubické pararuly	27,5	26,2	1,1
neoproterozoikum	30,3	32,4	0,9
paleozoické sedimenty	30,4	26,6	1,1
ortoruly, migmatity	39,8	36,7	1,1
variské granodiority	60,3	65,0	0,9
variské granity	66,8	54,1	1,2
durbachity	99,2	96,7	1,0

Na základě doplněné radonové databáze byl vypočten převažující radonový index generalizovaných geologických jednotek podle mapy 1 : 500 000 a připraven podkladový vektorový soubor v programu ArcGIS 9.3., rozdělený podle radonového indexu. Tento soubor byl metodou průniku kombinován se souborem přechodného radonového indexu v mapách 1 : 50 000 a výsledný soubor byl začleněn do aktualizovaných radonových map v mapovém serveru ČGS.

Takto popsané konstrukci aktualizovaných souborů však předcházelo prověření dvou nově specifikovaných regionálních geologických jednotek, které nebyly ještě rozlišeny při tvorbě původních map 1 : 50 000. Jde o neoproterozoické olistostromy (Cháb et al. 2007, Eyles – Januszczak 2004) v oblasti sv. a jv. od Plzně a moldanubické svory sv. od Tábora a na Kutnohorsku. Impulzem k lokalizaci měření do neoproterozoických olistostromů bylo zjištění vysokých koncentrací radonu v nově postaveném objektu v řádu tisíců $Bq.m^{-3}$ v obci Červený Hrádek pracovníky Státního ústavu radiační ochrany (SÚRO). Následnou kontrolou radonu v podloží zjistili pracovníci SÚRO významné nehomogenity objemové aktivity radonu i v detailní síti 1 × 1 m, přičemž maxima objemové aktivity radonu dosahovala až 500 $kBq.m^{-3}$. Tento jev indikoval výrazně nehomogenní geologické prostředí, které porovnáním s geologickou mapou odpovídá neoproterozoickým olistostromům v podloží objektu. V původní klasifikaci byly

Tabulka 2. Výsledky měření radonového indexu podloží na neoproterozoických olistostromech

ID	číslo	lokalita	průměr $kBq.m^{-3}$	3.kvartil $kBq.m^{-3}$	maximum $kBq.m^{-3}$	propustnost	Rn index	kód horniny	měřil
9106	1	Chlum	41,5	49,1	78,1	3	3	PT	CGS
9107	2	Prašný Újezd	85,4	109,0	146,0	3	3	PT	CGS
9108	3	Svinná	81,7	130,0	178,0	3	3	PT	CGS
9109	4	Vejenice	31,2	37,6	70,8	3	3	PT	CGS
9110	5	Zvíkovec	30,5	46,6	68,2	3	3	PT	CGS
9111	6	Němčovice	23,5	28,5	47,3	3	2	PT	CGS
9112	7	Újezd u Sv. Kříže	28,4	34,1	50,7	3	3	PT	CGS
9113	8	Vranovice	10,9	13,6	18,2	3	2	PT	CGS
9114	9	Darová	62,2	79,8	111,0	3	3	PT	CGS
9115	10	Bušovice	30,1	34,0	42,8	3	3	PT	CGS
9116	11	Horomyslice	26,5	24,3	87,3	2	2	PT	CGS
9117	12	Chrást	11,0	9,3	32,7	2	1	PT	CGS
9118	13	Kyšice	16,2	19,7	23,6	3	2	PT	CGS
9119	14	Kornatice	31,4	37,0	46,1	3	3	PT	CGS
9120	15	Kornatice	34,9	47,3	54,1	2	2	PT	CGS
9121	16	Kakejcov	10,9	17,7	22,6	2	1	PT	CGS
9122	17	Drážky	5,1	6,0	18,1	1	1	PT	CGS
9123	18	Chválenice	11,5	18,0	23,1	2	1	PT	CGS
9124	19	Chválenice	23,9	33,1	46,2	2	2	PT	CGS

Tabulka 3. Výsledky měření radonového indexu podloží na svorech Táborska a Kutnohorska

ID	číslo	lokalita	průměr kBq.m^{-3}	3.kvartil kBq.m^{-3}	maximum kBq.m^{-3}	propustnost	Rn index	kód horniny	měřil
9125	1	Pohnání	15,2	16,5	24,2	3	2	KR	CGS
9126	2	Hartvíkov	23,4	25,5	31,6	3	2	KR	CGS
9127	3	Pohnání 2	10,4	12,6	18,1	3	2	KR	CGS
9128	4	Rodná	30,4	33,8	55,2	3	3	KR	CGS
9129	5	Staniměřice	55,9	71,0	80,2	2	2	KR	CGS
9130	6	Radostovice	31,1	39,7	69,8	2	2	KR	CGS
9131	7	Obrataň	17,3	20,7	25,1	2	2	KR	CGS
9132	8	Eš	5,3	6,1	10,2	2	1	KR	CGS
9133	9	Vintířov	13,4	21,3	24,3	3	2	KR	CGS
9134	10	Vlčeves	51,7	58,1	68,0	3	3	KR	CGS
9135	11	Bítov	4,0	5,9	12,3	2	1	KR	CGS
9136	12	Krtov	28,9	42,3	52,2	3	3	KR	CGS
9137	13	Myslkovice	11,3	14,5	55,1	2	3	KR	CGS
9138	14	Tučapy	11,5	7,4	76,2	2	1	KR	CGS
9139	15	Elbančice	81,1	132,0	199,0	3	3	KR	CGS
9140	16	Pravětice	31,1	31,5	72,8	3	3	KR	CGS
9141	1	Štipoklasy	24,4	51,3	67,2	1	2	KR	CGS
9142	2	Lomeček	7,3	9,3	10,2	2	1	KR	CGS
9143	3	Rataje n.S.	24,9	28,7	31,0	2	2	KR	CGS
9144	4	Samopše	7,7	10,7	12,1	3	2	KR	CGS
9145	5	Zalíbená	14,2	28,4	34,8	1	1	KR	CGS
9146	6	Zbizuby	75,8	95,3	110,0	2	3	KR	CGS
9147	7	Hraběšín	4,9	6,4	9,0	3	1	KR	CGS
9148	8	Štrampouch	9,4	12,7	15,2	3	2	KR	CGS
9149	9	Albrechtice	22,6	24,5	30,1	3	2	KR	CGS
9150	10	Zdeslavice	14,1	15,3	17,8	3	2	KR	CGS
9151	11	Bludov	15,3	16,0	19,2	3	2	KR	CGS
9152	12	Rozkoš	19,0	21,7	21,5	3	2	KR	CGS
9153	13	Kněž	48,1	50,0	58,3	2	2	KR	CGS

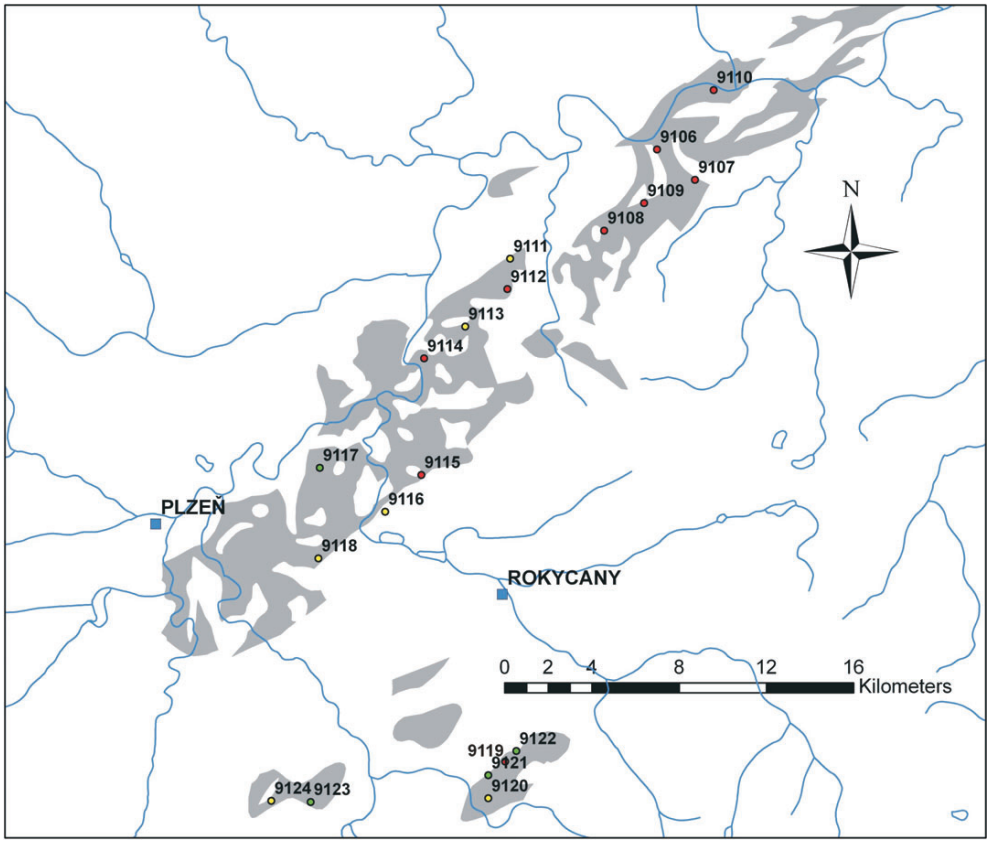
všechny neoproterozoické metasedimenty obecně řazeny do nízkého radonového indexu a teprve cílená lokalizace měření do prostoru olistostromů přinesla nové výsledky, které vedly ke zvýšení radonového indexu z nízkého na střední.

V moldanubických a kutnohorských svorech naopak nová měření potvrdila původní (tedy střední) radonový index, užitý pro moldanubické krystalinické horniny.

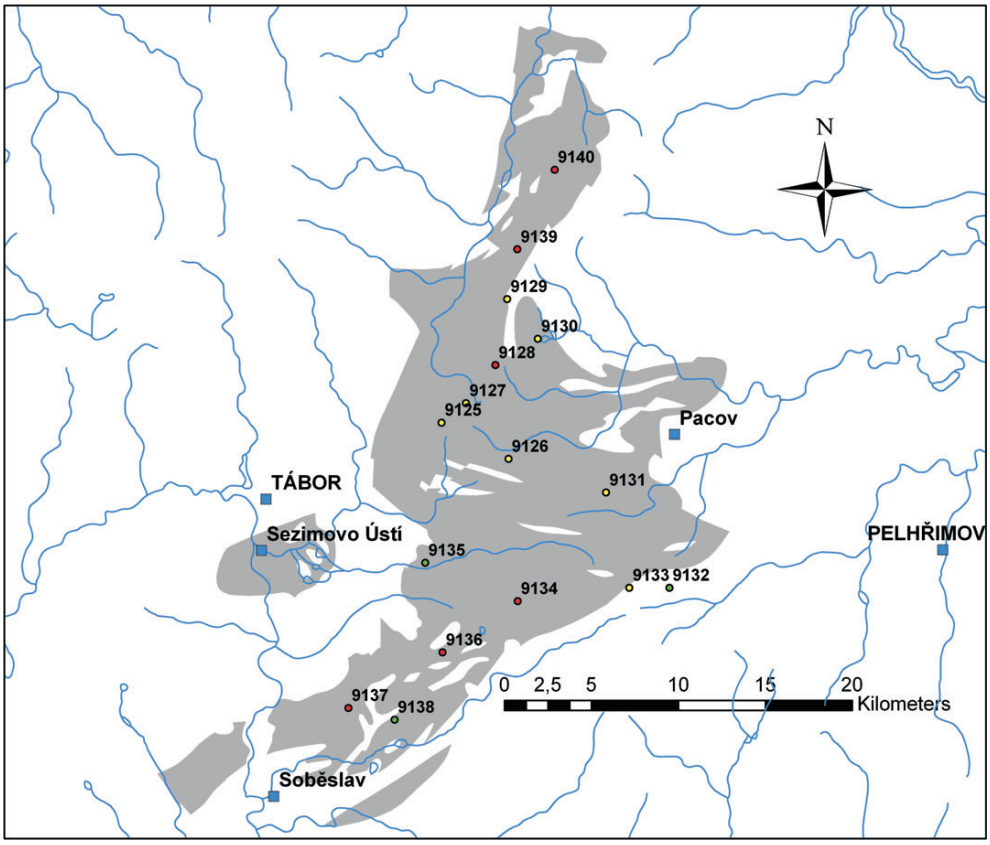
Výsledky měření a změny radonového indexu

V oblasti neoproterozoických olistostromů bylo provedeno měření objemové aktivity radonu v podloží na devatenácti lokalitách po patnácti měřeních na každé ploše (Neznal et al 2004). Měření byla situována tak, aby doplnila lokality již proměřené pro účely radonových map 1 : 50 000. Seznam měřených ploch spolu s výsledky měření je uveden v tab. 2. Na obr. 1 jsou plochy měření označeny podle identifikátoru ID (viz tab. 2). V této nově specifikované regionální horninové jednotce byla potvrzena přítomnost ploch charakterizovaných středním i vysokým radonovým indexem, proto byl její původní nízký radonový index (odpovídající neoproterozoickým metasedimentům) zvýšen na střední.

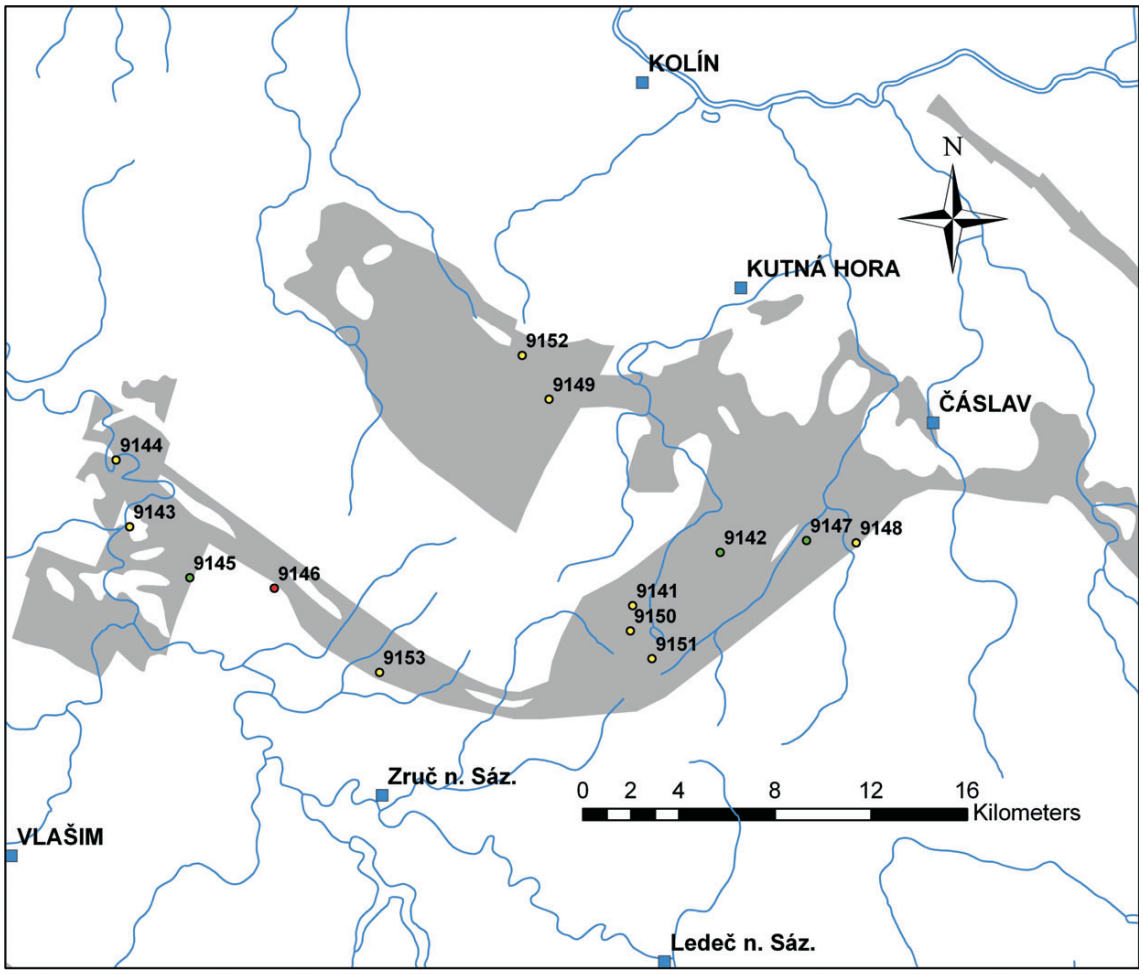
Měřením na moldanubických svorech (29 lokalit) na Táborsku a Kutnohorsku byl zjištěn střední radonový index na šestnácti z nich. Výsledky měření radonového indexu jsou uvedeny v tab. 3 a jejich lokalizaci podle identifikátoru ID ilustrují obr. 2 a 3**.** Nově specifikovaná regionální geologická jednotka tedy odpovídá původní klasifikaci převažujícího středního radonového indexu moldanubických pararul a další krystalinických hornin.



Obr. 1. Neoproterozoické olistostromy jsou v mapce vyznačeny šedou barvou, radonový index ploch zeleně – nízký, žlutě – střední, červeně – vysoký.



Obr. 2. Lokalizace měřených ploch na svorech Táborska (světle šedé vybarvení, radonový index ploch zeleně – nízký, žlutě – střední, červeně – vysoký).



Obr. 3. Lokalizace měřených ploch na svorech Kutnohorska (světle šedé vybarvení, radonový index ploch zeleně – nízký, žlutě – střední, červeně – vysoký).

Závěry

1. Do radonové databáze bylo doplněno 620 dat pořízených v období let 2005–2011. Data jsou lokalizována jednak v oblastech prevariských granitoidů na Šluknovsku a v podkrkonošském permokarbonu, jednak na kvartérních sedimentech v oblasti středočeského a železnohorského plutonu a podél toku Labe a Svitavy. Data na kvartérních sedimentech potvrdila vazbu koncentrací radonu na hlubší geologické podloží a jejich interpretace umožnila provést detailizaci přechodného radonového indexu na nízký, střední a vysoký. Detailizace významně přispěla ke zpřesnění radonových map, protože 52 % částí obcí se nachází na kvartérních sedimentech, dříve označovaných přechodným radonovým indexem.
2. Součástí detailizace bylo měření v nově specifikovaných horninových typech podle geologické mapy 1 : 500 000, které nebyly samostatně vyčleněny v původní radonové databázi. Měření potvrdila, že neoproterozoické olistostromy mají vyšší (tedy střední) převažující radonový index ve srovnání s původním nízkým radonovým indexem pro proterozoické metasedimenty. V moldanubických svorech byl naopak potvrzen převažující střední radonový index, odpovídající původní klasifikaci.
3. Zjištěné poznatky posloužily jako hlavní podklad pro aktualizaci radonového indexu v mapách 1 : 50 000 na mapovém serveru. Současně byl přepracován i obsah webových stránek Radonové riziko tak, aby prezentovaly aktuální poznatky a stav radonové problematiky v České republice. Stránky svým obsahem odpovídají požadavkům Akčního plánu radonového programu v bodu 1 – Strategie informovanosti. Obsah stránek je určen především pro veřejnost neseznámenou podrobněji s radonovou problematikou. Odborníci mohou vyhledat detailní informace na webových stránkách Radonové riziko – Publikace.

Poděkování. Práce byly provedeny v rámci projektu České geologické služby č. 333000 Výzkum radonového rizika a projektu OG MŽP int. č. ČGS 630100.

Literatura

BARNET, I. – PACHEROVÁ, P. (2010): Korelace radonu v hlubším geologickém podloží a v objektech v horninových typech generalizovaných podle nové geologické mapy České republiky 1 : 500 000. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2009, 189–192.

BARNET, I. – PACHEROVÁ, P. – KONDROVÁ, L. (2010): Rozdíly v koncentracích radonu v hlubším horninovém podloží a v jeho kvartérním pokryvu – regionální podklady pro detailizaci přechodného radonového indexu v České republice. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2009, 192–194.

EYLES, N. – JANUSZCZAK, N. (2004): 'Zipper-rift': a tectonic model for Neoproterozoic glaciations during the breakup of Rodinia after 750 Ma. – Earth Sci. Rev. 65 , 1–73.

CHÁB, J. – STRÁNÍK, Z. – ELIÁŠ, M. (2007): Geologická mapa České republiky 1 : 500 000. – Čes. geol. služba, Praha.

NEZNAL, M. – NEZNAL, M. – MATOLÍN, M. – BARNET, I. – MIKŠOVÁ, J. (2004): The new method for assessing the radon risk of building sites. – Czech geol. Survey Spec. Pap. 16, 47 s.

PACHEROVÁ, P. – BARNET, I. (2009): Vliv hlubšího geologického podloží na koncentraci radonu v kvartérních sedimentech. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2008, 183–185.

PACHEROVÁ, P. – BARNET, I. (2010): Radon v kvartérních sedimentech na podloží s kontrastním radonovým indexem v oblasti Železných hor a české křídové tabule. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2010, 233–236.

PACHEROVÁ, P. – BARNET, I. – PROCHÁZKA, J. (2011): Vztah radonového indexu v kvartérních sedimentech k radonu v objektech a k hlubšímu geologickému podloží. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2010, 198–171.