

# Variace radonu a dávkového příkonu na tektonických poruchách v sedimentárních horninách Českého masivu

Variations of radon concentration and gamma dose rate on tectonics in sedimentary rocks (Bohemian Massif)

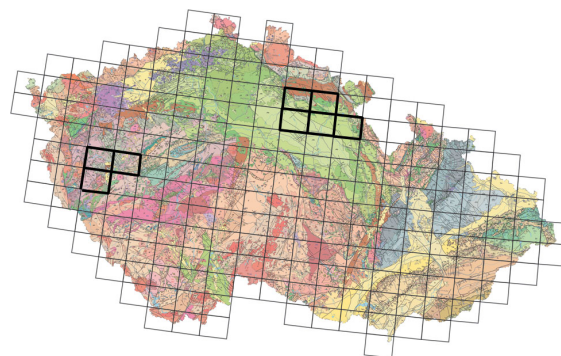
IVAN BARNET – MICHAL POŇAVIČ – PETRA PACHEROVÁ

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

Please cite this article as: Barnet, I. – Poňavič, M. – Pacherová, P. (2017): Variations of radon concentration and gamma dose rate on tectonics in sedimentary rocks (Bohemian Massif). – Geoscience Research Reports, 50, 57–63. (in Czech)

**Key words:** radon, gamma dose rate, tectonics, sedimentary rocks, Bohemian Massif

**Summary:** The variations of radon concentrations and gamma dose rate (referred as Rn and D') were studied in sedimentary rocks of the Bohemian massif along profiles oriented perpendicularly to assumed and detected faults. The measurements follow-up the research performed on metamorphic and magmatic rocks (Pacherová et al. 2016). Three areas were chosen for profile measurements (10 points each, distance of points 3 m, Rn measured in the depth 80 cm using radonmeter RM 2, D' measured 1 m above soil surface by radiometer RP 2000). In the area Hořice the equivalent gamma dose rate H' was measured by dosimeter PTF 2 due to collapse of radiometer RP 2000. Area near Stod (Westphalian-Stephanian claystones and sandstones) SW of Pilsen comprised 9 profiles, area Nové Město nad Metují (NE Bohemia, Turonian marlites and claystones) was covered by 14 profiles. The rest of profiles (19) was situated in the NE Bohemia between Hořice and Trutnov (Cenomanian sandstones and Autunian aleurolites). The localization is given in Fig. 1. The results of mutual trends of Rn and D' along measured profiles in all three areas (with respect to assumed position of fault in point 5 of each profile) are presented in Tabs 1, 2 and 3. In sedimentary rocks the position of faults is detected by the decrease both of number of maxima of Rn and D' (H') at point 5 – fault core



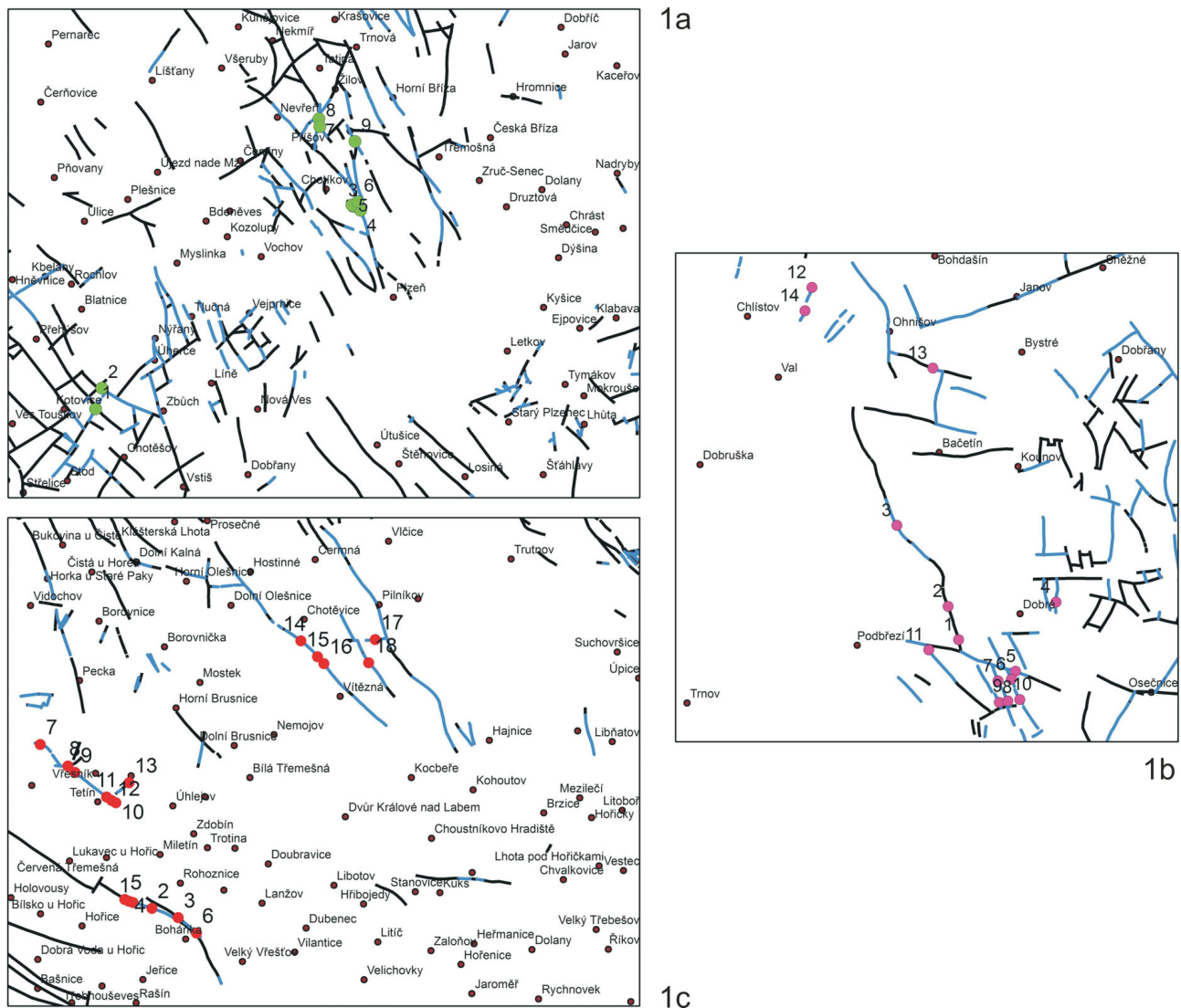
(21-22 Holýšov, 11-44 Nýřany, 12-33 Plzeň, 14-11 Nové Město nad Metují, 03-43 Jičín, 03-44 Dvůr Králové nad Labem, 13-21 Hořice, 13-22 Jaroměř)

(Fig. 2), the same variations can be observed for medians of both measured quantities (Fig. 3). On the contrary, the increased number of maxima and medians' values is detected in points 3 and 8 instead of the point 5, which indicates the presence of wider fault damage zone (up to 15 m) preventing the radon release from bedrock due to clayey character of weathered fault core and damage zone. Table 4 and Fig. 4 present the summarizing response of maxima position of Rn and D' along 79 profiles measured in metamorphic, magmatic and sedimentary rocks. The increase of Rn concentration is concentrated around the position of fault core (at point 5 of measured profiles), whereas the maxima D' (H') values were observed at points 3 and 8. The results of radon and gamma dose rate variations along the profiles across the faults in different lithology allow us to consider the faults as the radon prone areas. Subsequently this confirmation will be incorporated into the map server of Czech Geological Survey in applications Actualized radon risk maps and Complex radon information.

Předložená práce je zaměřena na zhodnocení prostorových variací objemové aktivity radonu ( $Rn^{222}$ , Rn) a dávkového příkonu (D'), alternativně příkonu dávkového ekvivalentu (H') v oblasti Hořic, na zjištěných a předpokládaných zlomech v sedimentárních horninách – karbonických, permských a křídových sedimentech Českého masivu. Navazuje na publikaci Pacherové et al. (2016), která se týkala sledování těchto variací v prostředí metamorfovaných a magmatických hornin. Prokazatelné variace radonu a dávkového příkonu na různých typech tektonických poruch umožnily prostorovou detekci detailního průběhu tektonických po-

ruch. Souborné vyhodnocení výsledků profilových měření ze všech tří genetických typů hornin přispělo k definování tektonických poruch jako jednoho z rizikových geofaktorů.

Regionálně zaměřené rešeršní práce (např. Childs et al. 2009, Faulkner et al. 2010, Gudmundsson et al. 2010) uvádějí mocnost zlomů, tj. jádra zlomu (fault core) i porušené zóny (damage zone), řádově v jednotkách metrů až prvních desítkách metrů. Detailní měření variací dávkového příkonu a objemové aktivity radonu by mělo jejich pozici prokázat podrobněji. Údaje o prokazatelné mocnosti zlomových struktur podporují i lokální výzkumy, provedené pomocí



Obr. 1. Lokalizace měřených profilů v oblastech Stod (1a), Nové Město nad Metují (1b) a Hořice (1c). Zjištěné zlomy jsou označeny modře, předpokládané zlomy černě.

Fig. 1. Localization of measured profiles in the areas Stod (1a), Nové Město nad Metují (1b) and Hořice (1c). Detected faults are marked in blue, assumed faults marked in black.

strojně hloubených rýh na základě detekce geofyzikálními metodami (Štěpančíková et al. 2009, Šálek et al. 2015) na okrajovém sudetském zlomu. Problematikou pórozy na zlomové struktuře rýnského prolomu a související mobility radionuklidů se zabývá práce Marbach et al. (2005). Měření variací radonu a dávkového příkonu na profilových měřeních přes zjištěné zlomy a zlomy s mylonitizací v metamorfovaných a magmatických horninách byla provedena v r. 2015 (Barnet et al. 2015, Pachterová et al. 2016).

### Metodika měření a přístrojové vybavení

Profilová měření  $R_n$  byla provedena na 42 profilech s detailním krokem 3 m ve standardní hloubce 80 cm ve třech oblastech – Stod, Nové Město nad Metují a Hořice. Na každém bodu byl měřen dávkový příkon  $D'$  (příkon dávkového ekvivalentu  $H'$  v oblasti Hořice) ve výšce 1 m nad zemí.

Objemová aktivita radonu byla měřena přístrojem RM 2 (výrobce Dr. Froňka, NUCLEAR TECHNOLOGY). Dávkový příkon gama-záření hornin byl měřen radiometrem RP 2000 (výrobce VF s.r.o. Černá Hora). S tímto přístrojovým vybavením byly zpracovány oblasti Stod a Nové Město nad Metují. Vzhledem k fatální poruše přístroje RP 2000 byl ve zbývající oblasti Hořice použit náhradní dozimetr PTF 2 (výrobce Dialog-Agro), měřící příkon dávkového ekvivalentu  $H'$  ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Měření tímto přístrojem byla provedena rovněž ve výšce 1 m nad zemí. Na základě konzultace s pracovníky Státního ústavu radiční ochrany, v. v. i., lze považovat v dané geometrii měření výsledky měření  $D'$  a  $H'$  za identické ( $G_y = S_v$ ).

Profily byly lokalizovány pomocí aplikace zpracované v prostředí ArcGIS 10.2. Pro výběr měřených profilů byla využita data z mapového serveru České geologické služby v měřítku 1 : 50 000 (základní geologické mapy a zlomy). Těmto údajům také odpovídá stratigrafická a litologická

Tabulka 1. Zhodnocení prostorových variací Rn a D' v oblasti Stod  
Table 1. Evaluation of spatial Rn and D' variations in the Stod area

No	Locality	Rn	D'	Accordant trend Rn and D'	Disagreement Rn and D'	Rock type 1 : 50 000
1	Hořkovice 1	0	1	0	1	Stephanian B, claystone, aleuropelite
2	Hořkovice 2	0	1	0	1	Westphalian C, sandstone, conglomerate
3	Chotíkov 1	0	1	0	1	Stephanian B, claystone, aleuropelite
4	Chotíkov 2	0	0	1	0	Stephanian B, claystone, aleuropelite
5	Chotíkov 3	0	0	1	0	Stephanian B, claystone, aleuropelite
6	Chotíkov 4	1	0	0	1	Stephanian B, claystone, aleuropelite
7	Příšov 1	1	0	0	1	Stephanian C, sandstone, arcose
8	Příšov 2	1	0	0	1	Stephanian B, claystone, aleuropelite
9	Ledce	–	1	water	water	Stephanian B, claystone, aleuropelite
	TOTAL	3	4	2	6	

terminologie. Geografická data Českého statistického úřadu posloužila pro centroidy částí obcí a pozemní komunikace, jako doplňková data pro detailní orientaci v terénu byl využit dynamický topografický podklad ČÚZK 1 : 10 000.

Profilová měření na zjištěných zlomech se prováděla ve třech oblastech sedimentárních hornin s velkým plošným rozsahem. Orientace profilů a souřadnice jejich středu jsou uvedeny ve výsledcích měření pro odpovídající lokality (Barnett et al. 2016). První oblast se rozkládá mezi Stodem u Plzně (na JZ) a Horní Břízou (na SV) v horninovém prostředí jílovců, pískovců a aleuropelitů stáří westphalu až stephanu. Měření na zlomech v oblasti Nové Město nad Metují jsou soustředěna v turonských slínovcích a jílovcích (místa na kontaktu se zelenými břidlicemi novoměstského krystalinika). Třetí oblast, označená Hořice, zahrnuje profilová měření v turonských slínovcích, vápencích a aleuropelitech a v cenomanských křemenných jílovitých pískovcích (severně od Hořic). Měření v sedimentárních horninách byla v této oblasti doplněna o autunské aleuropelity a pískovce jv. od Chotěvic u Trutnova. Přehlednou lokalizaci středu profilů ilustruje obr. 1.

## Zhodnocení výsledků měření

Na měřených profilech byly zhodnoceny body 4–6, předpokládaný průběh zlomu je na profilu situován v bodu 5. V následujících tabulkách 1–3 je ve sloupci označeném Rn a D' (H' v oblasti Hořice) vyjádřen pokles jednotlivých měřených veličin na zlomu, popř. v jeho těsném okolí (body 4 a 6) hodnotou 0 a nárůst veličin hodnotou 1. V případě měření koncentrací Rn jde o variace hodnot v rozmezí prvních desítek kBq.m<sup>-3</sup>. V dalších sloupcích je souhlasný nárůst nebo pokles obou měřených veličin Rn a D' na bodu 5 a v jeho těsném okolí (H' v oblasti Hořice) označen hodnotou 1 ve sloupci souhlasného trendu. Pokud na bodu 5 a v jeho těsném okolí nárůst jedné veličiny provází pokles druhé, případně opačně, je profil označen hodnotou 1 ve sloupci nesouhlasného trendu. Na všech bodech profilů byla stanovena propustnost při odběru vzorku půdního vzduchu. S výjimkou autunských sedimentů v oblasti Ho-

řice, kde byla zjištěna střední propustnost, ostatní sedimentární horniny vykazovaly propustnost vysokou.

## Oblast Stod

V oblasti mezi Stodem u Plzně a Horní Břízou byly profily situovány v prostředí jílovců, aleuropelitů a pískovců stáří westphalu až stephanu na zjištěných zlomech. Trend průběhu koncentrací Rn a D' je uveden v tab. 1.

Nárůst koncentrace radonu byl zaznamenán pouze na třech profilech z hodnocených osmi profilů. Dávkový příkon byl v hodnoceném intervalu bodů 4–6 zvýšen na čtyři z osmi profilů. Devátý profil na lokalitě Ledce nebyl zahrnut do hodnocení, protože na sedmi bodech z deseti byla nasávána voda ve standardní hloubce 80 cm a situace se nezlepšila ani po vytažení tyčí do hloubky 30 cm pod povrchem. Hodnoty dávkového příkonu vykazují variace na bodech 1–5 mírně zvýšené ve srovnání s body 6–10. Je pravděpodobné, že na tomto profilu byla zachycena širší zvodnělá poruchová zóna. Souhlasný trend Rn a D' byl zaznamenán pouze na dvou z osmi hodnocených lokalit, nesouhlasný trend pak na zbývajících šesti.

## Oblast Nové Město nad Metují

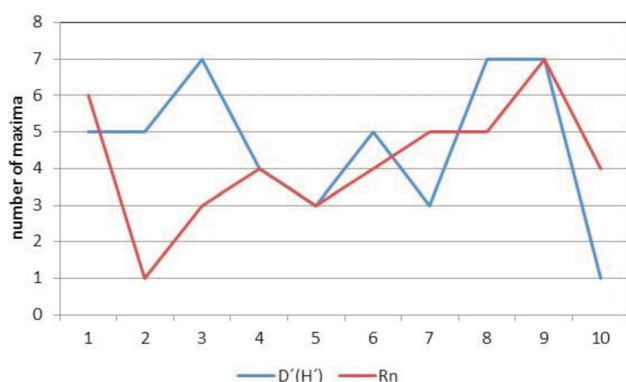
V oblasti Nové Město na Metují bylo změřeno celkem 14 profilů, situovaných na zjištěných a na ně navazujících předpokládaných zlomech v horninovém podloží turonských slínovců a jílovců, na jedné lokalitě v kontaktu s převážujícími metadrobami a zelenými břidlicemi novoměstského krystalinika. Trendy Rn a D' podél měřených profilů jsou shrnuty v tab. 2.

Nárůst koncentrací radonu Rn v těsné blízkosti zlomu byl dokumentován pouze na dvou ze čtrnácti hodnocených profilů a hodnoty dávkového příkonu D' byly zvýšené na devíti ze čtrnácti hodnocených profilů. Souhlasný trend Rn a D' v blízkosti předpokládaného zlomu mezi body profilů 4–6 se projevil pouze na třech a nesouhlasný na jedenácti profilech ze čtrnácti profilů. Toto zjištění lze vysvětlit jílovitým charakterem jádra zlomu (a pravděpodobně i porušené

Tabulka 2. Zhodnocení prostorových variací Rn a D' v oblasti Nové Město nad Metují

Table 2. Evaluation of spatial Rn and D' variations in the Nové Město nad Metují area

No	Locality	Rn	D'	Accordant trend Rn and D'	Disagreement Rn and D'	Rock type 1 : 50 000
1	Lhota Netřeba 1	0	1	0	1	Turonian, marlite, claystone
2	Lhota Netřeba 2	0	1	0	1	Turonian, marlite, claystone
3	Spáleníště	0	1	0	1	Turonian, marlite, claystone
4	Dobré-východ	0	0	1	0	metagreywacke, greenschist
5	Dobré-Živina	1	0	0	1	Turonian, marlite, claystone
6	Hlinné 1	0	1	0	1	Turonian, marlite, claystone
7	Hlinné 2	0	0	1	0	Turonian, marlite, claystone
8	Hlinné 3	0	1	0	1	Turonian, marlite, claystone
9	Hlinné 4	0	1	0	1	Turonian, marlite, claystone
10	Hlinné 5	0	1	0	1	Turonian, marlite, claystone
11	Lhota Netřeba 3	0	0	1	0	Turonian, marlite, claystone
12	Zákraví	0	1	0	1	Turonian, marlite, claystone
13	Ohnišov	0	1	0	1	Turonian, marlite, claystone
14	Zákraví-rybník	1	0	0	1	Turonian, marlite, claystone
TOTAL		2	9	3	11	



Obr. 2. Počet maxim dávkového příkonu D' (H') a koncentrace Rn na bodech 1–10 měřených profilů v sedimentárních horninách.

Fig. 2. Number of maxima of gamma dose rate D'(H') and Rn concentration on profile points 1–10 in sedimentary rocks.

zóny), zabraňující migraci radonu k povrchu. Současně je v tomto úseku profilů zaznamenána zvýšená hodnota dávkového příkonu D'.

### Oblast Hořice

V oblasti Hořice byly profily situovány na dvou horninových typech. Mezi Hořicemi a Lázněmi Bělohrad tvoří podloží převážně cenomanské křemenné pískovce s podílem jílovité složky, na třech profilech (lokality 1, 3 a 19) turonské slínovce a vápence. Na jedné lokalitě č. 13 Borek byl profil situován na zlomu v proterozoických fylitech. Na SV od Hořic (lokality 14–18 j. od Chotěvic) byly profily situovány na zjištěných a předpokládaných zlomech v autunských aleuropelitech a pískovcích. Litologická charakteristika podloží (převaha pískovců, nebo písčité složky na měřených profilech) v obou stratigraficky odlišných cel-

cích má také vliv na variace Rn a H' v blízkosti průběhu zlomu (tab. 3).

Koncentrace Rn byly na všech devatenácti profilech v blízkosti zlomu (body 4–6) zvýšeny pouze ve třech případech (tj. 16 % profilů) a příkon dávkového ekvivalentu byl zvýšen v šesti případech (tj. 32 % profilů). Z toho vyplývá, že na většině ploch se přítomnost zlomu, resp. porušené zóny, projevila poklesem obou měřených veličin. Trend Rn a H' je souhlasný na dvanácti profilech z devatenácti (tj. 64 %), v ostatních sedmi profilech nesouhlasný. Souhlasný trend je však způsoben poklesem obou měřených veličin, nikoliv jejich nárůstem. Vzhledem k litologickému charakteru podloží (s převažujícími pískovci) lze usoudit, že jádro zlomu ani porušená zóna neobsahují vyšší podíl zdrojových minerálů, které by podporovaly nárůst koncentrací Rn ani příkonu dávkového ekvivalentu H' v případě jílovitých minerálů.

### Pozice maximálních hodnot na hodnocených profilech v sedimentárních horninách

Na jednotlivých profilech byla hodnocena pozice maxim dávkového příkonu D' (resp. příkonu dávkového ekvivalentu H') a maxim koncentrace radonu Rn. Počet maxim obou hodnocených veličin na jednotlivých bodech profilů v sedimentárních horninách je vyjádřen v obr. 2.

Z grafu vyplývá, že v pozici zjištěného nebo předpokládaného zlomu mezi body 4–6 byl zjištěn nižší počet maxim D'(H') a Rn než ve vzdálenějších bodech profilů 3 a 8. To je dobře pozorovatelné zejména na průběhu maxim D'(H') v obr. 2. Z toho lze soudit, že v sedimentárních horninách se variace Rn a D'(H') neprojevují markantně nad jádrem zlomu, ale zejména na kontaktu porušené zóny s okolními jílovci a jílovitými křemennými pískovci.

Tabulka 3. Zhodnocení prostorových variací Rn a H' v oblasti Hořice  
Table 3. Evaluation of spatial Rn and H' variations in the Hořice area

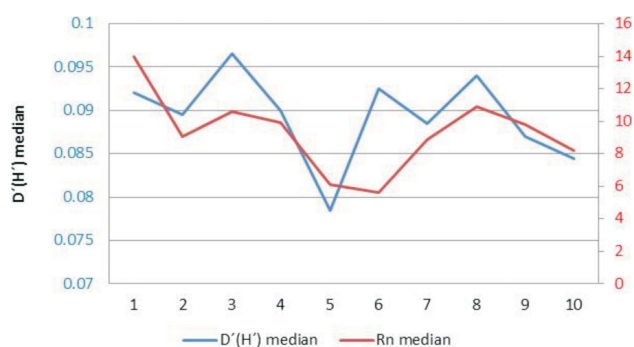
No	Locality	Rn	H'	Accordant trend Rn and H'	Disagreement Rn and H'	Rock type 1 : 50 000
1	Hořice-Kačerov	0	1	0	1	Turonian, marlite, limestone
2	Hořice 2	0	0	1	0	Autunian, aleuropelite, sandstone
3	Hořice 3	0	0	1	0	Turonian, marlite, limestone
4	Hořice 4	0	0	1	0	Cenomanian, sandstone quartzitic, clayey
5	Hořice 5	0	0	1	0	Cenomanian, sandstone quartzitic, clayey
6	Boháňka	1	0	0	1	Turonian, sandy marlite, claystone
7	Lázně Bělohrad	0	0	1	0	Cenomanian, sandstone quartzitic, clayey
8	Brtev	0	0	1	0	Cenomanian, sandstone quartzitic, clayey
9	Brtev 2	0	0	1	0	Cenomanian, sandstone quartzitic, clayey
10	Vidoň	0	0	1	0	Cenomanian, sandstone quartzitic, clayey
11	Tetín 1	1	0	0	1	Cenomanian, sandstone quartzitic, clayey
12	Tetín 2	0	1	0	1	Cenomanian, sandstone quartzitic, clayey
13	Borek	1	1	1	0	Proterozoic phyllite
14	Chotěvice 1	0	0	1	0	Autunian, aleuropelite, sandstone
15	Kocléřov	0	0	1	0	Autunian, aleuropelite, sandstone
16	Kocléřov 2	0	1	0	1	Autunian, aleuropelite, sandstone
17	Pilníkov	0	1	0	1	Autunian, aleuropelite, sandstone
18	Pilníkov 2	0	0	1	0	Autunian, aleuropelite, sandstone
19	Domoslavice	0	1	0	1	Turonian, marlite, limestone
	TOTAL	3	6	12	7	

### Variace mediánů měřených veličin na jednotlivých bodech profilů v sedimentárních horninách

Pro jednotlivé body 42 profilů byly vypočteny mediány hodnot  $D'$  (H) a koncentrací Rn. Výpočet byl proveden jak pro jednotlivé měřené oblasti (Stod, Nové Město nad Metují a Hořice), tak i pro celkový soubor. Porovnáním variací pro jednotlivé body profilů i pro celek ze tří oblastí bylo zjištěno, že v místech předpokládaného zlomu v bodu 5 jsou mediány obou měřených veličin nižší než v odlehlých bodech 3 a 8 (viz obr. 3). Vzdálenost mezi těmito body je cca 15 m. Výsledek potvrzuje variace v pozici maxim, popsané v předešlém odstavci, a lze jej vysvětlit jílovitou výplní jádra zlomu, zabraňující migraci radonu, a jejím postupným ubýváním v porušené zóně zlomu směrem k vzdálenějším bodům profilu 3 a 8.

### Souborné zhodnocení pozice maxim na profilech v metamorfitech, granitoidech a sedimentech

Do souborného zhodnocení byly zahrnuty profily měřené v migmatizovaných pararulách, dvojslídnych pararulách, granitoidech a sedimentárních horninách křída a permokarbonu. Celkem jde o 79 profilů, na nichž byl zjišťován celkový počet maxim v jednotlivých bodech profilů. Výsledky jsou prezentovány v tab. 4 a graficky vyjádřeny v obr. 4.



Obr. 3. Variace mediánů  $D'$ (H') (v  $\mu\text{Gy/h}$  a  $\mu\text{Sv/h}$ , Rn v  $\text{kBq/m}^3$ ) pro body profilů 1–10. Údaje pro 42 měřených profilů v sedimentárních horninách.

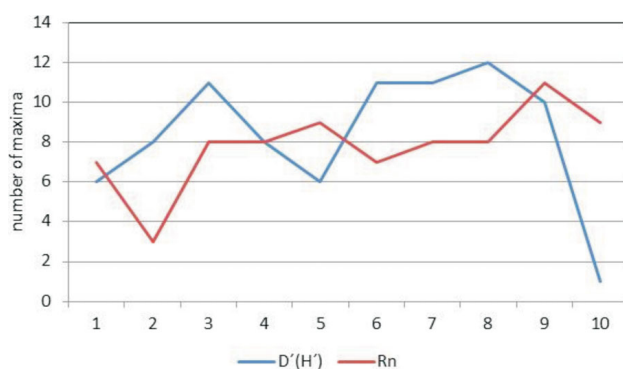
Fig. 3. Variations of medians of  $D'$ (H') (in  $\mu\text{Gy/h}$  and  $\mu\text{Sv/h}$ ), Rn in  $\text{kBq/m}^3$ ) for profile points 1–10 (data for 42 profiles) in sedimentary rocks.

Z těchto podkladů je zřejmé soustředění maximálních hodnot koncentrací Rn v bodu 5 profilů (předpokládaný průběh zlomu), které provází zároveň i minimální počet maxim dávkového příkonu  $D'$  a příkonu dávkového ekvivalentu  $H'$ . Tento jev je způsoben především jasně vymezeným jádrem zlomů v migmatizovaných pararulách a granitoidech. Vyšší počty maxim  $D'$ (H') doprovázené poklesem maxim Rn byly zjištěny v bodech 3 a 8 měřených profilů (vzdálenost bodů 15 m), což indikuje původ výsledků v širší porušené zóně zlomu na kontaktu s hostitelskou horninou, zejména sedimentárního původu. Lze tedy shrnout, že jádro zlomu i porušená zóna byly zřetelně

Tabulka 4. Počet maxim  $D'(H')$  a koncentrací Rn na bodech profilů 1–10 ve všech horninových typech – metamorfity, granitoidy, sedimenty

Table 4. Number of maxima of  $D'(H')$  and Rn concentrations on profile points 1–10 (all rock types – metamorphites, granitoids, sediments)

profile point	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
granitoids $D'$	0	3	3	1	1	4	1	2	1	2
migmatites $D'$	0	0	1	2	0	1	7	1	1	0
paragneisses $D'$	1	0	0	1	2	1	0	2	1	1
sediments $D'(H')$	5	5	7	4	3	5	3	7	7	1
No of maxima	6	8	11	8	6	11	11	12	10	1
granitoids Rn	1	2	1	1	2	3	1	2	3	1
migmatites Rn	0	0	1	2	4	0	1	1	0	1
paragneisses Rn	0	0	3	1	0	0	1	0	1	3
sediments Rn	6	1	3	4	3	4	5	5	7	4
No of maxima	7	3	8	8	9	7	8	8	11	9



Obr. 4. Počty maxim na měřených profilech v bodech 1–10 (všechny horninové typy – metamorfity, magmatity, sedimenty).

Fig. 4. Number of maxima of gamma dose rate  $D'(H')$  and Rn concentration on profile points 1–10 (all rock types – metamorphites, granitoids, sediments).

indikovány profilovým měřením ve všech třech genetických typech hornin.

## Závěry

1. Přítomnost zlomů v sedimentárních horninách křídý a permokarbonu je na 42 měřených profilech indikována poklesem hodnot  $D'(H')$  a koncentrací Rn v bodu 5 (předpokládaný průběh zlomu) a jejich nárůstem na bodech 3 a 8. Lze to vysvětlit litologickým složením hostitelských hornin s významným podílem jílovité složky (jílovce a jílovité křemenné pískovce). To je dokumentováno jak pro pozice maxim obou veličin na jednotlivých bodech profilů, tak pro variace mediánů v křídových i permokarbonských horninách. Nesouhlasný trend  $D'(H')$  a Rn byl zaznamenán v průměru na 65 % měřených profilů v oblasti Stod, Nové Město nad Metují a Hořice.

2. V prostředí migmatitizovaných a dvojslídnych pararul a dvou typů granitoidů střečeského plutonu bylo na 37

měřených profilech zjištěno zvýšení dávkového příkonu  $D'$  v cca 60–70 % měřených profilů, a to i bez rozdílu uvedených podložních horninových typů. Vyšší objemové aktivity radonu na zjištěných zlomech jsou prokazatelné na 70 % měřených profilů zejména v migmatitizovaných pararulách (ve srovnání s dvojslídnyimi pararulami); v granitoidích s převažujícími zlomy s mylonitizací nejsou rozdíly v objemových aktivitách radonu mezi dvěma horninovými typy granitoidů zřetelné. Převažující souhlasný trend průběhu hodnot Rn a  $D'$  na zjištěných zlomech (tj. odpovídající nárůst nebo pokles hodnot obou měřených veličin) byl dokumentován především v migmatitizovaných pararulách. V dvojslídnych pararulách naopak převažuje nesouhlasný trend.

3. Souborné zhodnocení pozic maxim  $D'(H')$  a Rn na 79 profilech v magmatických, metamorfovaných a sedimentárních horninách indikuje nárůst počtu maxim koncentrace Rn v bodu 5, doprovázené poklesem maxim hodnot  $D'(H')$ . Naopak v bodech profilů 3 a 8 se projevuje opačný trend, tj. nárůst počtu maxim  $D'(H')$  a pokles počtu maxim Rn. Z toho vyplývá, že jádra zlomů a jejich porušená zóna byly profilovými měřeními obou veličin zřetelně indikovány ve všech posuzovaných genetických typech hornin.

4. Lze tedy shrnout, že provedená měření na zjištěných zlomech a zlomech s mylonitizací v horninovém prostředí magmatitů, metamorfitů a sedimentů potvrdila prostorové variace Rn a  $D'(H')$ , které se projevují v blízkosti zlomové struktury ve vzdálenosti prvních jednotek metrů. Toto zjištění je významné zejména pro detailní lokalizaci zlomových struktur. Variace Rn a  $D'(H')$  nejsou však vždy charakterizovány jednoznačným nárůstem nebo poklesem obou měřených veličin. Dokumentace variací Rn a  $D'(H')$  v blízkosti zlomů potvrdila, že zlomy lze považovat za rizikový geofaktor a doplnit je do aplikací aktualizovaných radonových map a komplexní radonové informace na mapovém serveru České geologické služby pro všechny genetické typy hornin.

*Poděkování.* *Prezentované výsledky výzkumu jsou součástí Strategického plánu výzkumu České geologické služby a Radonového programu ČR. Sumarizující práce byly finančně podpořeny projektem OG MŽP (ČGS 383900, etapy 2015 a 2016). Autoři děkují za pečlivé posouzení textu a cenné připomínky recenzentům I. Fojtíkové a M. Neznalovi.*

## Literatura

- BARNET, I. – PACHEROVÁ, P. – POŇAVIČ, M. (2015): Etapová zpráva projektu ČGS 383900 v roce 2015 – Prostorové variace radonu a dávkového příkonu na tektonických poruchách. – MS Min. život. prostředí. Čes. republ. Praha.
- BARNET, I. – PACHEROVÁ, P. – POŇAVIČ, M. (2016): Závěrečná zpráva projektu ČGS 383900 v roce 2016 – Prostorové variace radonu a dávkového příkonu na tektonických poruchách. – MS Min. život. prostředí. Čes. republ. Praha.
- FAULKNER, D. R. – JACKSON, C. A. L. – LUNN, R. J. – SCHLISCHE, R. W. – SHIPTON, Z. K. – WIBBERLEY, C. A. J. – WITHJACK, M. O. (2010): A review of recent developments concerning the structure, mechanics and fluid flow properties of fault zones. – J. struct. Geol. 32, 1557–1575.
- GUDMUNDSSON, A. – SIMMENES, T. H. – LARSEN, B. – SONJA, L. – PHI-

- LIPP, S. L. (2010): Effects of internal structure and local stresses on fracture propagation, deflection, and arrest in fault zones. – *J. struct. Geol.* 32, 1643–1655.
- CHILDS, C. – MANZOCCHI, T. – WALSH, J. J. – BONSON, G. CH. – NICOL, A. – SCHÖPFER, M. P. J. (2009): A geometric model of fault zone and fault rock thickness variations. – *J. struct. Geol.* 31, 117–127.
- MARBACH, T. – KOBER, B. – MANGINI, A. – WARR, L. – SCHLEICHER, A. (2005): Mobility of U-Th radionuclides connected with fault porosity: A case study of the Schauenburg Fault, Rhine Graben Shoulder, Germany. – *Physics Chem. Earth* 30, 1030–103.
- PACHEROVÁ, P. – POŇAVIČ, M. – BARNET, I. (2016): Variace radonu a dávkového příkonu na tektonických poruchách v metamorfitech a granitoidech (Český masiv). – *Zpr. geol. Výzk.* 49, 69–74.
- ŠÁLEK, O. – MATOLIN, M. – TABORÍK, P. – ŠTĚPANČÍKOVÁ, P. (2015): Detailní gamaspektrometrické stanovení přírodních radionuklidů K, U, a Th na okrajovém sudetském zlomu. – *Zpr. geol. Výzk.* 48, 99–101.
- ŠTĚPANČÍKOVÁ, P. – HÓK, J. – NÝVLT, D. – DOHNAL, J. – SÝKOROVÁ, I. – STEMBERK, J. (2010): Active tectonics research using trenching technique on the south-eastern section of the Sudetic Marginal Fault (NE Bohemian Massif, central Europe). – *Tectonophysics* 485, 269–282.