

- lic. In: BARNET, I. – NEZNAL, M. – MIKŠOVÁ, J. (eds.): Radon investigations in the Czech Republic IX and the Sixth International Workshop on the Geological Aspects of Radon Risk Mapping. 5–11. – Czech Geol. Survey, Prague.
- HOLUB, F. V. – MACHART, J. – MANOVÁ, M. (1997): The Central Bohemian Plutonic Complex: Geology, chemical composition and genetic interpretation. – Sbor. geol. Věd, ložisk. Geol. Mineral., 31, 27–50. Prague.
- CHLUPÁČ, I. a kol. (2002): Geologická minulost České republiky. – 436 str. Academia, Praha.
- JIRÁNEK, M. (2002): Protection of buildings against radon from soil. – Czech Technical Norm No. ČSN 730601.
- MANOVÁ, M. – MATOLÍN, M. (1995): Radiometric map of the Czech Republic 1 : 500 000. – Czech Geol. Survey, Prague.
- MIKŠOVÁ, J. – BARNET, I. (2002): Geological support to the National Radon Programme (Czech Republic). – Bull. Czech geol. Surv., 77, 1, 13–22. Prague.
- MIKŠOVÁ, J. (2002): The use of GIS in radon risk prediction. – Book of Abstracts, Seventh International Symposium Natural Radiation Environment (NRE VII). University of Athens, Greece.
- MÍSAŘ, Z. a kol. (1983): Geologie ČSSR I., Český masív. – SPN, Praha.
- MRÁZEK, P. – POUBA, Z. (1975): Vztahy mezi Fe-V-U mineralizací a stromatolity v českém proterozoiku. – Korelace proterozoických a paleozoických stratiformních ložisek III, 59–67, ÚGV UK, Praha.
- MRÁZEK, P. – POUBA, Z. (1976): Fe-V-U formace v proterozoických horninách svojšínského a stříbrsko-plaského vulkanického pruhu. – Korelace proterozoických a paleozoických stratiformních ložisek IV, 59–67, ÚGV UK, Praha.
- TOMÁŠEK, L. (2000): Epidemiologické studie – zdroj informací o stočastických účincích záření. In: KLENER, J.: Principy a praxe radiační ochrany. – St. úřad pro jadernou bezpečnost, Praha.
- sine (2002): Zpráva o plnění úkolů Radonového programu České republiky v roce 2001. – Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Státní ústav radiační ochrany, Praha.

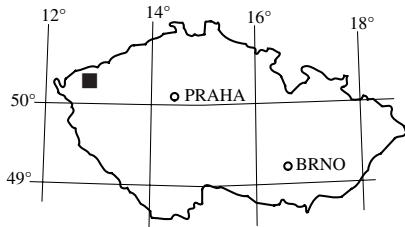
## GEOFYZIKÁLNÍ PRŮZKUM MAFICKÉ INTRUZE V OKOLÍ ABERTAM V KRUŠNÝCH HORÁCH

### Geophysical survey of mafic intrusion near Abertamy in the Krušné hory/Erzgebirge

VRATISLAV BLECHA

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Albertov 6, 128 43 Praha 2

(11-21 Karlovy Vary)



**Key words:** Krušné hory/Erzgebirge, mafic intrusions, geophysical survey, gravity, magnetics

**Abstract:** Geophysical survey (gravity, magnetism) in the southern surroundings of Abertamy in the Krušné Hory/Erzgebirge has revealed the extent of mafic intrusion within the Late Variscan granites of the Karlovy Vary pluton. The mafic intrusion is indicated by several small outcrops of gabro-diorites in this area. Based on the results of geophysical measurements, the intrusion spreads in SW-NE direction. Its southwestern and southeastern subsurface contacts with the granites were located. On the opposite sides of geophysical profiles (NW and NE) near the contact of granites with Proterozoic mica schists, termination of the mafic intrusion was not found. The intrusion either continues beyond the area of study, or physical properties of gabro-diorites and mica schists are so similar that their contact is not visible in the measured physical fields.

### Úvod

Během geologického mapování v měřítku 1 : 10 000 v roce 2002 byl v okolí Abertam určen tvar dvou čoček

gabro-dioritů při kontaktu variských granitů. První výskyt je balvanitý výchoz o ploše asi 0,5 km<sup>2</sup> na s. svahu Plešivce při silnici Jáchymov–Abertamy, druhý výskyt je nepravidelné těleso o ploše cca 2,5 km<sup>2</sup> jižně od Abertam na sz. svahu Plešivce. Toto těleso je ve své západní části odkryto údolím potoka Bystřice (JELÍNEK a kol. 2003). Úkolem geofyzikálních prací bylo pokusit se určit rozsah bazických těles a rozhodnout, zda mapované výskyty gabro-dioritů nejsou součástí rozsáhlější mafické intruze pod povrchem.

K vyřešení úkolu byly z geofyzikálních metod zvoleny gravimetrie a magnetometrie, neboť lze očekávat, že bazický gabro-diorit s vyšší hustotou a magnetickou susceptibilitou se v gravimetrii i magnetometrii projeví kladnými anomáliemi vůči okolním granitům. Fyzikální vlastnosti hornin z této oblasti byly v minulosti sice podrobne zkoumány, ale pouze u větších geologických jednotek. Máme tak velmi přesné údaje o hustotách a susceptibilitách např. variských žul a proterozoických svorů v okolí Abertam, ale žádné konkrétní hodnoty pro drobné výskyty gabro-dioritů ve stejné oblasti. V gravimetrii jsme se mohli opřít o podrobne geofyzikální práce provedené v tomto území v minulosti. V práci POKORNÉHO a kol. (1966) je uvedena gravimetrická mapa v měřítku 1 : 25 000. Jihozápadně od Abertam je zřetelná kladná tíhová anomálie. Tvar této anomálie je upřesněn v mapě Bouguerových anomalií v měřítku 1 : 10 000 (KORBA 1970). POKORNÝ a kol. (1966) uvádějí také magnetometrickou mapu studovaného území v měřítku 1 : 50 000. Magnetické pole v jz. okolí Abertam je členité, střídají se drobné kladné a záporné magnetické anomálie, ale kladnou anomálii, která by svým tvarem korelovala s kladnou anomálií tíhovou, zde nepozorujeme.

## Terénní měření a zpracování dat

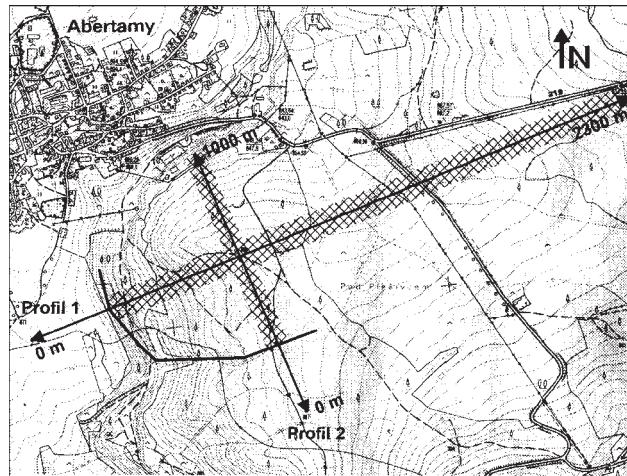
Na základě zjištěného výskytu čoček gabrodioritů při geologickém mapování a na základě starších geofyzikálních prací ve studovaném území, byly v terénu vytyčeny dva profily (obr. 1). Profil 1 je dlouhý 2300 m a vede jz.-sv. směrem, profil 2 je dlouhý 1000 m a je vytyčen kolmo na profil 1. Metráž 800 na profilu 1 je totožná s metráží 600 na profilu 2. Geologicky vedou oba profily převážně v graniitech, pouze profil 1 na sv. konci (přibližně od metráže 2000) zastihuje proterozoické svory. Na obou profilech byla změřena gravimetrie s krokem 50 m a magnetometrie s krokem 10 m.

Gravimetrie byla měřena gravimetrem Scintrex CG-3M. Chyba měření spočítaná z opakovaných měření na gravimetrických bodech je 0,004 mGal. Všechny gravimetrické body byly nivelovaly, chyba v žádném z uzávěrů nepřesáhla 5 mm. Gravimetrické měření bylo zpracováno do formy relativních Bouguerových anomalií (tíže na opěrném bodě byla zvolena). Bouguerovy anomálie byly počítány pro redukční hustotu  $2620 \text{ kg m}^{-3}$ , která odpovídá hustotě variských granitů na této lokalitě. V magnetometrii byla měřena totální složka magnetického pole pomocí protonového magnetometru PM-2. Druhým magnetometrem byly registrovány časové variace magnetického pole. Chyba měření určená z opakovaných měření na magnetometrických bodech je 4 nT. Po zavedení oprav byl od naměřených hodnot odečten medián magnetického pole na lokalitě a určeny hodnoty T.

## Výsledky měření na profilu 1

Výsledky měření na profilu 1 jsou v obr. 2. Křivka Bouguerových anomalií od začátku profilu na JZ stoupá s vysokým gradientem až do metráže cca 650, dále pak stoupá s mírnějším gradientem až do metráže 1250. Odtud až do konce profilu zůstávají hodnoty Bouguerových anomalií na vysokých hodnotách se dvěma drobnými relativně zápornými anomáliemi se středy na metrážích 1500 a 2000.

Nejvýraznějším topografickým rysem na profilu 1 je údolí potoka Bystřice se středem na metráži 400 – viz nívelace na obr. 1. V tomto údolí je výrazná lokální záporná anomálie tíže na metráži 350. Tato anomálie je pouze jednobodová. Protože možnost operátorské chyby při měření automatickým gravimetrem je nízká, je třeba příkladat této anomálie geologický význam. Možným vysvětlením je, že buď údolí potoka Bystřice je tektonicky predisponováno a záporná lokální anomálie odpovídá hustotně oslabené zóně v okolí zlomu, nebo je v této zóně vysoká mocnost aluviálních sedimentů. Pravděpodobná je kombinace obou faktorů. Podívejme se nyní na gravimetrii na profilu 1 jako celek. Budeme-li vycházet z předpokladu, že kladné hodnoty tíže jsou způsobeny gabrodiority, pak tato intruze má okraj v údolí potoka Bystřice a od metráže cca 300 na JZ až do konce profilu na SV tvoří souvislé těleso, jehož okraj nebyl na SV profilem pravděpodobně zaštízen. Mírná členitost křivky Bouguerových anomalií ve vysokých hodnotách může být způsobena buď proměnlivou

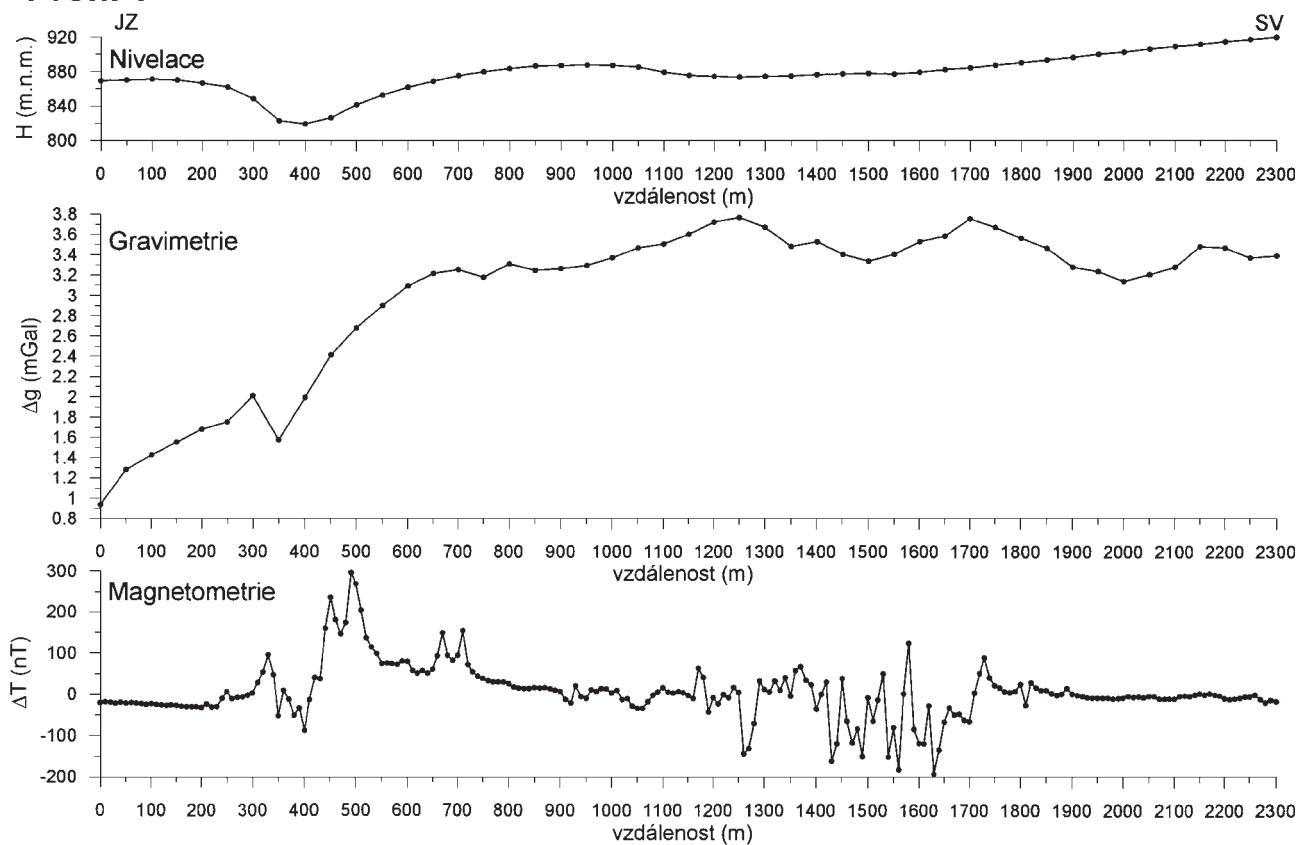


1. Situace geofyzikálních profilů. Tučnou čarou je vymezena pravděpodobná hranice mafické intruze na JZ studovaného území, šrafov je vyznačen průběh intruze podél měřených geofyzikálních profilů.

vou mocností sedimentárního pokryvu při povrchu, nebo reliéfem mafické intruze pod povrchem. Podívejme se nyní jak této interpretaci odpovídá na profilu 1 křivka magnetometrie. Při interpretaci magnetometrie musíme vzít v úvahu některé obecné zákonitosti. O intenzitě naměřené anomálie nerovnou pouze magnetická susceptibilita hornin (která by měla být vzhledem k obsahu magnetických minerálů u gabrodioritů vyšší než u okolních granitů), ale především vektor celkové magnetizace. Magnetometrie je také mnohem více než gravimetrie ovlivňována drobnými nehomogenitami horninového prostředí při povrchu, takže hodnoty T jsou většinou členitější než hodnoty Bouguerových anomalií. Křivka

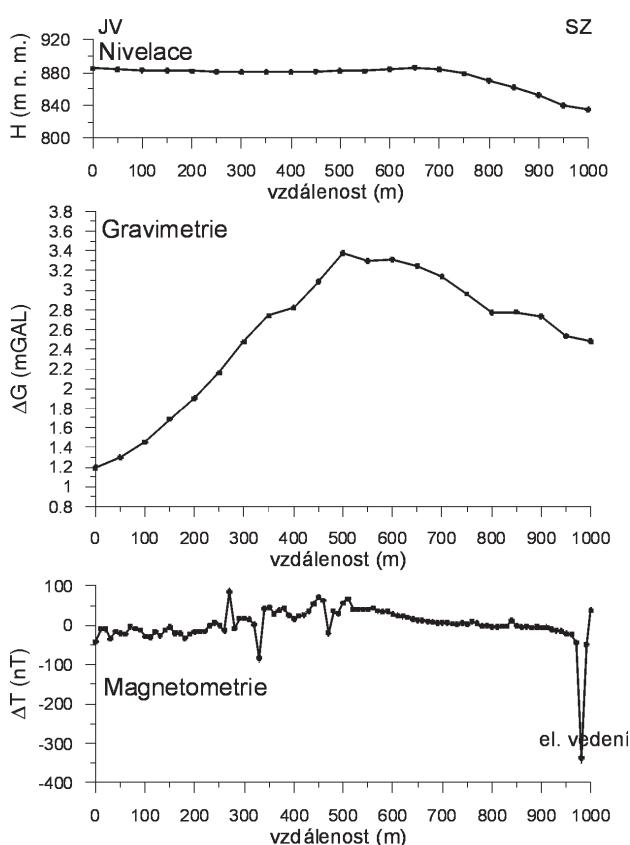
T je na profilu 1 od metráže 0 až do metráže 250 monotonní a koreluje s mapovaným výskytem variských granitů. Směrem k SV pak následuje výrazně magneticky porušená zóna v údolí potoka Bystřice mezi metrážemi 300 a 550. Hodnoty T zde nejprve postupně rostou do kladné lokální anomálie na metráži 330 (západní svah údolí), potom v ose údolí klesají do členité záporné anomálie, která na východní straně údolí Bystřice přechází do nejintenzivnější kladné anomálie ve studovaném území. Záporná anomálie v centru údolí Bystřice je pravděpodobně způsobena aluviálními sedimenty. Intenzivně magneticky porušená zóna mezi metrážemi 300 a 550 podporuje závěry učiněné na základě gravimetrie, že v této oblasti existuje kontakt variských žul s tělesem gabrodioritů. Při kontaktu dvou intruzí rozdílného stáří dochází k tepelnému přemagnetování magnetických minerálů a kontakt se pak magneticky chová jinak než zbytek intruze, která chladla v odlišném magnetickém poli. Při nahřátí gabrodioritů intrudujícími žulami také pravděpodobně vznikají nové magnetické minerály. Tento fakt navíc nepřímo potvrzuje, že intruze gabrodioritů je starší než okolní granity. Od metráže 550 zvýšené magnetické pole mírně klesá až do metráže 800 a pak se v místech, kde je magnetické pole klidné, udržuje na konstantní hodnotě až do konce profilu. Tato konstantní hodnota je však v průměru o 15 až 20 nT vyšší než konstantní hodnoty na začátku profilu nad varis-

## Profil 1



2. Geofyzikální měření na profilu 1.

## Profil 2



kými granite. Monotónní průběh magnetického pole od metráže 800 směrem k SZ je porušen členitou převážně zápornou zónou mezi metrážemi 1350–1700. Tato zóna koruluje s lokální zápornou anomálií v gravimetrii a terén zde tvoří depresi, kterou protéká potok. Členité magnetické pole je zde pravděpodobně ovlivněno magnetickou nehomogenitou aluviaálních sedimentů, jejichž zvýšenou mocnost indikuje gravimetrie. Zdrojem drobných lokálních anomálií jsou např. balvanité sutě gabrodioritů (kladná anomálie, metráž 700) nebo terénní deprese vyplněné splavenými sedimenty (záporná anomálie, metráž 1250).

## Výsledky měření na profilu 2

Výsledky měření na profilu 2 jsou v obr. 3. Na základě podrobného popisu fyzikálních polí na profilu 1 lze přikročit přímo ke geologické interpretaci. Od začátku profilu mezi metrážemi 0–300 se vyskytují granite. Kolem metráže 300 je zřejmě kontakt granitů s gabrodiority (střed strmého gradientu tříhové křivky a vzrůst hodnot  $T$  v magnetometrii). Těleso gabrodioritů je nejbliže k povrchu na metráži cca 500 (maximální hodnoty v gravimetrii i magnetometrii) a odtud pravděpodobně zapadá do hloubky směrem k SZ (stálý mírný pokles tíže i magnetického pole od metráže 500 směrem do vyšších metráží).

3. Geofyzikální měření na profilu 2.

## Závěr

Geofyzikální měření v jižním okolí Abertam vymezilo rozsah mafické intruze gabrodioritů a ukazuje, že oddělené čočky těchto hornin zjištěné geologickým mapováním při povrchu jsou součástí většího tělesa v hloubce. Toto těleso je ve studovaném území protažené ve směru JZ–SV. Podařilo se určit jeho kontakt s okolními granite na JZ (profil 1, metráž 300) a na JV (profil 2, metráž 300). Na opačných koncích obou geofyzikálních profilů (SV a SZ) při kontaktu variských granitů s proterozoickými svory ukončení gabrodioritového tělesa zastízeno nebylo. Buď zde bazické těleso pokračuje dál za hranice profilů (směrem k SZ pravděpodobně zapadá směrem do hloubky), nebo fyzikální vlastnosti gabrodioritů a svorů jsou natolik podobné, že se

je v měřených fyzikálních polích nepodařilo rozlišit.

Terénní práce na lokalitě Abertamy jsou podporovány grantem GAČR č. 205/02/0458 – „Mafické intruze jako prekurzory peraluminických granitů v západním plutonu krušnohorského batolitu“.

## Literatura

- JELÍNEK, E. – KACHLÍK, V. – ŠTEMPROK, M. – HOLUB, F. V. – KOVÁŘ-KOVÁ, P. (2003): Mafické intruze jako prekurzory peraluminických granitů krušnohorského batholitu. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2002.  
 KORBA, F. (1970): Detailní gravimetrický průzkum v prostoru Boží Dar–Horní Blatná. – Závěrečná zpráva za roky 1968–1969, Geofyzika Brno, závod Praha.  
 POKORNÝ, L. – BEDNÁŘ, J. – ŠTOVÍČKOVÁ, N. – CHLUPÁČOVÁ, M. – ČEJCHANOVÁ, B. (1966): Geofyzikální výzkum v oblasti Krušných hor a Slavkovského lesa. – Ústav užité geofyziky Brno, závod Praha.

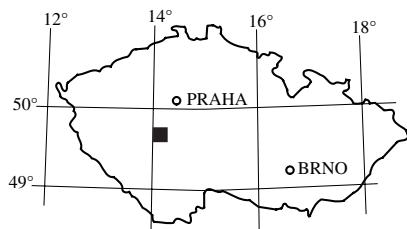
## NOVÉ REFERENČNÍ PLOCHY PRO MĚŘENÍ RADONU V PŮDNÍM VZDUCHU V ČESKÉ REPUBLICE

### New radon in soil air reference sites in the Czech Republic

MILAN MATOLÍN – ZDENĚK JÁNĚ

*Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Albertov 6, 128 43 Praha 2*

(22-21 Příbram)



**Key words:** radon in soil air, radon reference sites, tests of radon measurements

**Abstract:** Radon activity concentration in soil air measurements are applied in geological investigation and radon risk mapping. Uniformity and reliability of radon estimates, carried out by various instruments, technique of soil gas sampling and data processing, is essential for site radon assessment. New 3 natural geological radon reference sites of various radon levels in soil air, Cetyně (31 kBq/m<sup>3</sup>), Bohostice (52 kBq/m<sup>3</sup>) and Buk (155 kBq/m<sup>3</sup>), have been established in the region of Příbram–Milín, central Bohemia, Czech Republic. Testing of reliability of radon data is based on the measurement of 15 stations at each reference site and data processing by the programme TestMOAR, based on statistical analysis.

## Radon v horninách

Radioaktivní plyn radon, generovaný v horninách přírodními radionuklidy U a Th, je významný při geologických výzkumech a při monitorování a hodnocení radioaktivnosti pří-

rodního prostředí. Spolehlivost a jednotnost výsledků měření radonu v půdním vzduchu je testována na referenčních plochách.

Radon je plyn bezbarvý a bez zápachu, o objemové hmotnosti 9,73 kg/m<sup>3</sup> větší, než je objemová hmotnost vzduchu 1,29 kg/m<sup>3</sup>. Radon patří do skupiny inertních plynů a má tři izotopy: přeměnami v přírodní přeměnové řadě <sup>238</sup>U vzniká izotop <sup>222</sup>Rn (radon), o poločasu přeměny T = 3,82 dne, přeměnami v přeměnové řadě <sup>235</sup>U vzniká izotop <sup>219</sup>Rn (aktinon), T = 3,92 s, a přeměnami v přeměnové řadě <sup>232</sup>Th vzniká izotop <sup>220</sup>Rn (thoron), o poločasu přeměny T = 55,3 s. Radon, aktinon a thoron jsou radioaktivní a emitují záření alfa.

Produkty přeměny izotopů Rn jsou zdroji jaderného záření alfa, beta a gama. Převážná část atomů radioizotopů Rn, vzniklých v horninách přeměnami z U a Th, zůstává v pevné fázi horniny, zbytek je uvolněn do intergranulárních prostor, stává se součástí půdního vzduchu a migruje. V horninovém prostředí se radioizotopy Rn šíří difuzí a konvekcí. S ohledem na poločasy přeměn izotopů Rn a s nimi spojenými migračními délkami v horninovém a jiném prostředí a velmi malou koncentrací <sup>235</sup>U v horninách je přítomnost <sup>219</sup>Rn v přírodním prostředí bezvýznamná. Rozpustnost radonu v kapalinách je nepřímo úměrná teplotě a vzrůstá v organických kapalinách. Veličinou pro vyjádření přítomnosti izotopů Rn v půdním vzduchu je objemová aktivita, jednotkou becquerel na krychlový metr (Bq/m<sup>3</sup>). Objemová aktivita radonu a thoronu v horninách je řádu kBq/m<sup>3</sup>.