

# Radón a jeho potenciálne zdravotné riziko v spiško-gemerskom regióne

*D. Nikodemová, I. Pinter, M. Vičanová: Potential Health Risk of Population Exposed to Indoor Radon in the Region of Spiš and Gemer. Život. Prostr., Vol. 37, No. 3, 145 – 149, 2003.*

Southeast part of Slovakia, called the region of Spiš and Gemer, represents an area where intensive underground activities took place, such as mining and milling of ores, rich of minerals and other resources. Due to the specific geological and tectonic structure, as well as due to presence of various anthropogenic pollutants in the geochemical environment, soil radon levels were found to be elevating.

The mortality records for Slovakia supported the significance of to the risk of lung cancer related to environmental exposure such as indoor radon and possible some other industrial fibrous dusts. Mortality due to cancer is the second highest mortality rate in Slovakia. Smoking is the main cause of lung cancer, the next causes of lung cancer are believed to be indoor radon, with an attributable risk of 5 – 20% of all lung cancers.

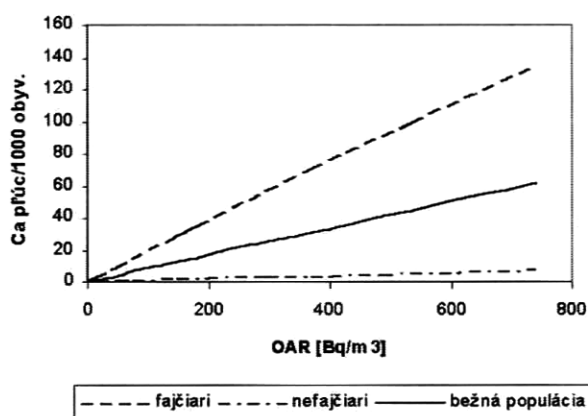
The weighted arithmetic mean of the radon concentration in the region is  $69 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  and the mean effective dose due to radon exposure is 3 mSv per individual within population. The preliminary assessment of the health risk, based on the multiplicative model published by EPA, takes into account both smoking and radon, for affecting the variations of lung cancer rates. The preliminary results of our analysis have shown that 16.5 additional lung cancer deaths can be expected for 100 000 inhabitants of the region of Spiš and Gemer.

Štúdiá o vnútornom prostredí budov a zdraví (Šabíková, 2002) priniesla informácie o hodnotení budov z hľadiska kvality vnútorného prostredia. Víťame, že použitie environmentálneho kritéria prestáva byť aj v našich podmienkach zriedkavosťou. Autorka v kategórii problémových budov rozlišuje dva typy: 1. skupinu so syndrómom chorých budov (*Sick Building Syndrom*) a 2. budovy prispievajúce ku vzniku ochorenia (*Building Related Illn*). Pre skupinu so syndrómom chorých budov je charakteristické, že výrazné percento symptómov po opustení budovy ustúpi. V druhej skupine budov tento predpoklad nemusí platiť. Z toho možno usúdiť, že z hľadiska ochrany zdravia užívateľov budov by sa mala druhej skupine venovať väčšia pozornosť.

Medzi rizikové faktory druhej skupiny budov patrí aj ionizujúce žiarenie. Výskumy potvrdili, že v celosvetovom meradle vyše 80 % radiačnej záťaže obyvateľstva v súčasnosti spôsobujú prírodné zdroje žiarenia. Inhalácia radónu a jeho dcérskych produktov prispieva k efektívnej dávke populácie viac ako polovicou (51,4 %).

Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny zhromaždila informácie z 11 epidemiologických štúdií o pracovníkoch v podzemí a 16 ekologických štúdií v obytných priestoroch a dospela k záveru, že riziko vzniku pľúcneho nádoru je úmerné dávke, ktorú dostanú bunky bronchiálneho epitelu po ožiarení človeka radónom. Radón bol klasifikovaný ako karcinogén skupiny A. Jednoznačne sa potvrdil aj synergický efekt expozície dcérskym produktom radónu a fajčenia (obr. 1).

Po vdýchnutí sa radón ( $^{222}\text{Rn}$ ) a jeho krátkodobé produkty premeny v dôsledku difúzie dostanú do krvi a krvným riečišťom do celého tela, ale v tkanive sa chemicky neviažu. Biologický polčas prechodu radónu z krvi do tkaniva predstavuje minúty až hodiny, dôsledkom čoho je rovnomerné rozdelenie jeho pôsobenia v celom tele. Podstatne vyššiu radiačnú záťaž spôsobujú produkty jeho premeny  $\text{Po}^{218}$  a  $\text{Po}^{214}$ . Majú podobné vlastnosti ako ťažké kovy a keďže nedokážu difundovať do krvi, zostávajú v hlienoch dýchacích orgánov, bronchií a pľúcnych alveol. Bunkové steny pľúcnych alveol sú veľmi tenké,



1. Výskyt rakoviny pľúc v skupine fajčiarov, nefajčiarov, ako aj vo vzorke bežnej populácie v závislosti od rôznych koncentrácií radónu v pobytovom prostredí pri celoživotnej expozícii

preto možno hovoriť o homogénnom rozložení dávok žiarenia v pľúcach. Ohrozené sú najmä bazálne bunky, ktoré priebežne obnovujú epitel dýchacích ciest.

Radón je prírodný rádioaktívny plyn, produkt premeny uránových minerálov obsiahnutých v zemskej kôre, ktorý je prítomný prakticky na celom zemskom povrchu. V uzavretých priestoroch sa môže kumulovať a dosahovať vysoké koncentrácie predovšetkým v dôsledku difúzie z rôznych vrstiev zemskej kôry, transportom cez tektonické zlomy a staré banské šachty, prípadne difúziou zo stavebných materiálov, vody alebo prírodných plynov. Priemerné percentuálne zastúpenie jednotlivých zdrojov radónu v pobytovom priestore ilustruje obr. 2.

Objemová aktivita radónu nie je v uzavretých priestoroch v priebehu roka konštantná, mení sa v závislosti od ročného obdobia. Maximálnu koncentráciu dosahuje v zimných mesiacoch, minimálnu v lete. Rozdiel môže byť 2 – 5-násobný.

Problém ožiarovania obyvateľstva radónom v pobytových priestoroch i na pracoviskách sa ukázal ako zdravotne závažný a v uplynulom desaťročí podnietil prakticky vo všetkých krajinách komplexné národné radónové programy zamerané na zníženie expozície osôb. Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu vo Viedni vydáva *Základné štandardy o ochrane pred žiarením*, kde sú uvedené praktické odporúčania pre členské krajiny. V súlade s týmto trendom bola na Slovensku prijatá vyhláška MZ SR č. 12/2001 o požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany, v ktorej je stanovená odvodená zásahová úroveň objemovej aktivity radónu  $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  v priemere za rok ( $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  objemovej aktivity radónu je  $200 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  ekvivalentnej objemovej aktivity radónu pri faktore rovnováhy 0,4) na obmedzenie ožiarovania obyvateľstva v budovách s pobytovými priestormi.

Tab. 1. Okresy s najvyššími priemernými celoročnými efektívnymi dávkami inhalácie radónu vo vnútornom prostredí na obyvateľa

Por.	Okres	(A.Pv) EOAR [ $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	E [mSv]
1.	Rožňava	120	5,2
2.	Košice-vidiek	119	5,1
3.	Spišská Nová Ves	94	4,0
4.	Rimavská Sobota	87	3,7
5.	Stará Ľubovňa	87	3,7
6.	Veľký Krtíš	79	3,4
7.	Trebišov	72	3,1
8.	Nitra	71	3,1
9.	Komárno	66	2,8
10.	Levice	65	2,8

(A.Pv) EOAR – vážený aritmetický priemer ekvivalentnej objemovej aktivity radónu na obyvateľa, E – odhadovaná priemerná celoročná efektívna dávka na obyvateľa

Tab. 2. Odhad ročnej radiačnej záťaže obyvateľov vo vybraných obciach spišsko-gemerského regiónu

Obec	Počet bytov EOAR [ $200 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	(A.Pv) EOAR [ $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	E [mSv]
Poproč	14	184	7,9
Dobšiná	7	96	4,1
Rožňava + Čučma	26	47	2,0
Hnilec	23	294	12,6
Spišská Nová Ves	3	25	1,1

(A.Pv) EOAR – vážený aritmetický priemer ekvivalentnej objemovej aktivity radónu na obyvateľa, E – odhadovaná priemerná celoročná efektívna dávka na obyvateľa

Tab. 3. Odhad zdravotného rizika z expozície radónu v pobytových priestoroch

Oblasť	EOAR [ $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	E [mSv]	Odhad rizika*
Slovensko	48	2,0	11,48
Spišsko-gemerský región	69	3,0	16,51
Okr. Spišská N. Ves	64	2,7	15,31
Okr. Košice-okolie	74	3,1	17,70
Okr. Geľnica	69	3,0	16,51
Okr. Rožňava	100	4,2	23,92

\*Predpokladaný nárast úmrtí na karcinóm pľúc v dôsledku expozície radónu na 100 000 obyvateľov/rok

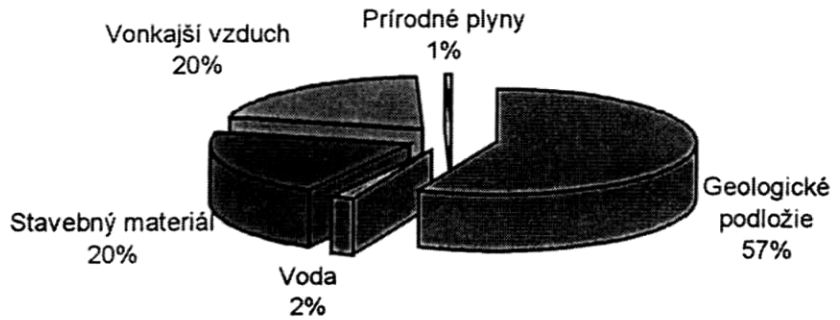
Radónovú problematiku treba riešiť jednak v oblasti s jestvujúcou výstavbou, jednak v oblasti s plánovanou výstavbou.

• **V oblasti s jestvujúcou výstavbou** je potrebné:

- vyhľadať objekty s vysokou koncentráciou radónu pomocou dlhodobých integrálnych metód merania objemovej aktivity radónu (OAR), prípadne ekvivalentnej objemovej aktivity radónu (EOAR),
- v priestoroch s vysokou koncentráciou radónu nájsť zdroj a cesty jeho prenikania do objektu pomocou krátkodobých metód stanovenia OAR a EOAR,
- vykonať ozdravné opatrenia v priestoroch s OAR > 500 Bq.m<sup>-3</sup>.

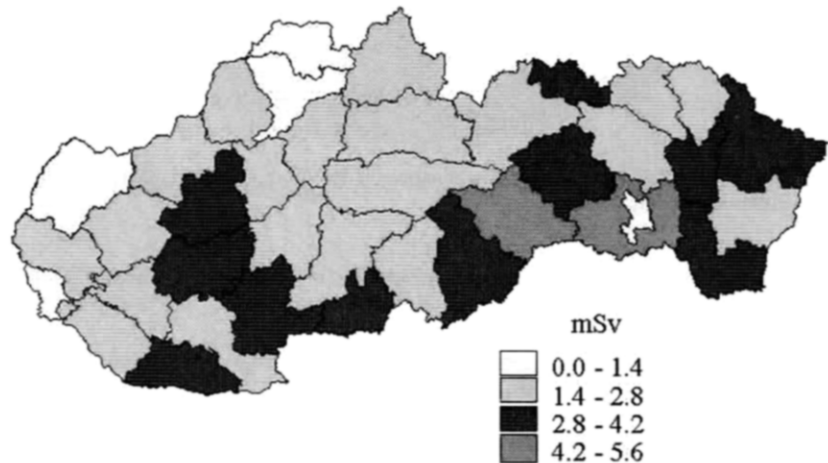
• **V oblasti plánovanej výstavby** treba: preventívnymi opatreniami zabrániť, aby objemová aktivita radónu presahovala odvodnenú zásahovú úroveň 500 Bq.m<sup>-3</sup> stanovením radónového rizika konkrétnej plochy zástavby a návrhom protiradónových opatrení.

Na Slovensku bola r. 1991 zriadená pri MŽP SR Medzirezortná komisia pre ochranu pred radónom, ktorá zastrešuje všetky činnosti v uvedenej oblasti. Komisia prijala komplexné organizačné opatrenia zakotvené v uznesení vlády SR č. 726/91. Koordináciu prieskumu radónu v pobytočných priestoroch bol poverený Ústav preventívnej a klinickej medicíny v Bratislave. V rámci tejto úlohy sa uskutočnil odhad možného poškodenia zdravia obyvateľstva v dôsledku ožiarenia radónom na základe dlhodobého prieskumu pomocou integrálnych detektorov stôp v pevnej fáze typu CR-39, úspešne overených pri medzinárodnom porovnaní pasívnych detektorov radónu, ktoré iniciovala Medzinárodná atómová agentúra vo Viedni spolu s EPA (Environmental Protection Agency) v USA. Pri tomto prieskume sa venovala osobitná pozornosť vyhľadávaniu tzv. *horúcich miest*, t. j. oblastí s vysokým radónovým rizikom, ako aj demografickým, geografickým a geologickým špecifikám jednotlivých regiónov SR. Súčasne sa uskutočnil prieskum radónovej situácie v predškolských a školských zariadeniach. V lokalitách s vysokým radónovým rizikom sa vykonala kontrola zdrojov expozície



2. Zastúpenie jednotlivých zdrojov radónu v budove

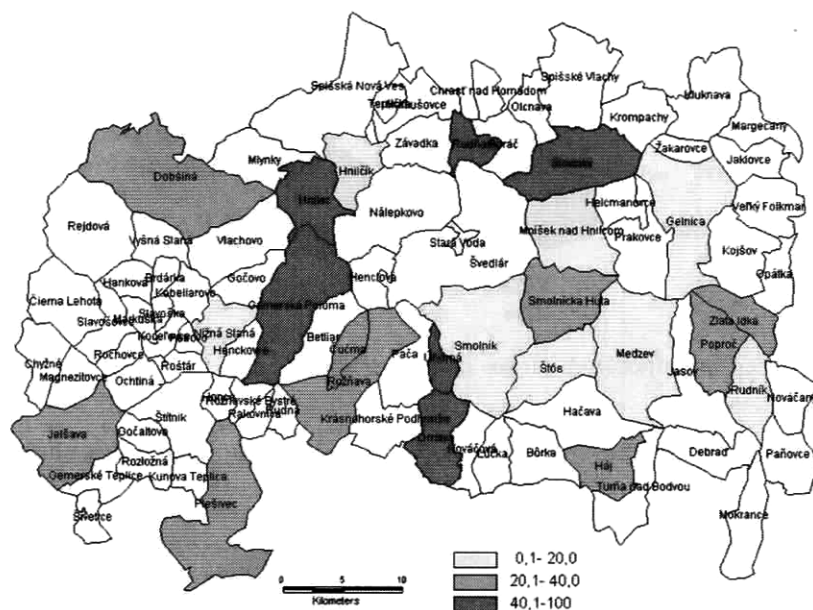
3. Priemerná celoročná efektívna dávka radónu na obyvateľa SR z inhalácie v bytoch



pomocou účinných krátkodobých metód stanovenia radónu.

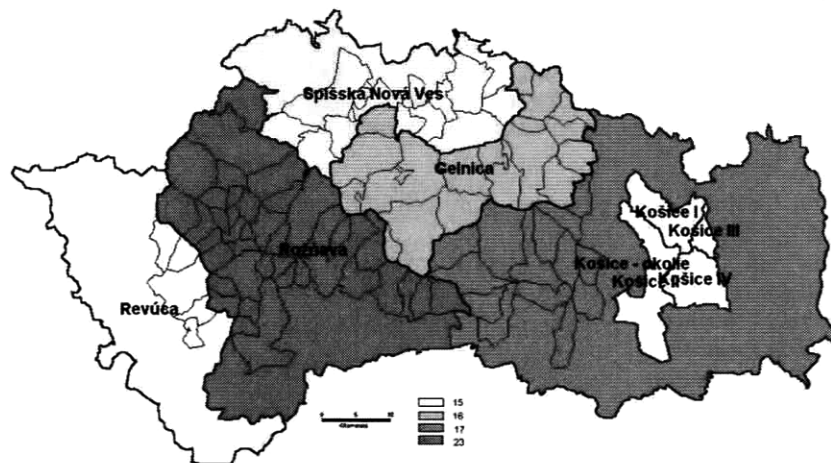
Dosiaľ sa rozmiestnilo približne 10 000 detektorov (do jedného bytu sa dávajú minimálne dva) v náhodne vybraných priestoroch v celej SR. Distribúcia detektorov CR-39 sa zabezpečuje prostredníctvom Štátnych zdravotných ústavov v Bratislave, Banskej Bystrici a Košiciach. K detektorom je priložený podrobný dotazník, ktorý umožňuje detailné spracovanie skriningových meraní v závislosti od typu stavby, použitých stavebných materiálov a mnohých ďalších parametrov ovplyvňujúcich úroveň EOAR (OAR) v pobytočných priestoroch. Po polročnej expozícii sa dozimetre s dotazníkmi vyhodnocujú.

Doterajším meraním EOAR v pobytočných priestoroch SR sa získali údaje z 3 751 bytových jednotiek, čo predstavuje približne 0,2 % celkového bytového fondu, pričom návratnosť detektorov je asi 65 %. Zo skúmanej vzorky prekračuje odvodnenú zásahovú úroveň 411 bytových jednotiek.



4. Pobytové priestory s prekračujúcou zásahovou úrovňou objemovej aktivity radónu (% z celkového počtu)

5. Odhad zdravotného rizika z ožiarenia radónom v okresoch spišsko-gemerského regiónu



Keďže detektory neboli rovnomerne rozmiestnené v pobytových priestoroch podľa typu domov a počtu bytových jednotiek v jednotlivých okresoch, pokúsili sme sa o výpočet vážených aritmetických priemerov EOAR podľa počtu obyvateľov žijúcich v rodinných a viacbytových domoch, jednak v jednotlivých okresoch, a potom aj v SR celkom. Ďalej sme pristúpili k odhadu expozície obyvateľstva radónu a jeho dcérskym produktom. Údaje o desiatich okresoch s najvyššími hodnotami

vážených aritmetických priemerov a s priemernými celoročnými efektívnymi dávkami obsahuje tab. 1. Na mape (obr. 3) sú graficky odlišené jednotlivé okresy s celoročnými priemernými efektívnymi dávkami na obyvateľa z expozície radónu a jeho dcérskym produktom v pobytových priestoroch. Vážený aritmetický priemer (A.Pv) EOAR v pobytových priestoroch SR predstavuje  $48 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  a odhad priemernej celoročnej efektívnej dávky na obyvateľa z inhalácie radónu v pobytových priestoroch predstavuje  $2,0 \text{ mSv}$ .

#### Radiačná záťaž obyvateľov spišsko-gemerského regiónu

Z prieskumu výskytu radónu v pobytových priestoroch SR vyplynulo, že k oblastiam s najvyššími koncentraciami patrí spišsko-gemerský región (SGR) a jeho obyvatelia sú expozíciou radónu najviac zafaržení. Modelovú oblasť SGR sme podrobnejšie spracúvali v rámci projektu Ministerstva životného prostredia SR, sekcie geológie a prírodných zdrojov, riešenej v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra, ktorý komplexne hodnotí vplyv geologického prostredia na zdravotný stav obyvateľov SGR. Obr. 4 prezentuje pobytové priestory, v ktorých bola prekročená odvodená zásahová úroveň  $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ . Pokúsili sme sa odhadnúť radiačnú záťaž obyvateľov SGR z expozície radónu a jeho produktom premeny. Tab. 2 uvádza "najzaujímavejšie" obce SGR z doterajších výsledkov prieskumu.

Na základe vážených aritmetických priemerov EOAR podľa počtu zmeraných a celkového počtu rodinných domov (RD) a viacbytových domov (VD) v jednotlivých obciach sme urobili nasledujúci odhad radiačnej záťaže obyvateľov SGR. Z celkového počtu 47 555 bytových jednotiek bolo vyšetrených 369 (t. j. 7,8 % z celkového bytového fondu) a z nich 117 (33,5 %) prekračuje odvodenú zásahovú úroveň, pričom všetky tieto bytové jednotky boli zo vzorky RD. Odhad váženého aritmetického priemeru EOAR pre sledovanú oblasť

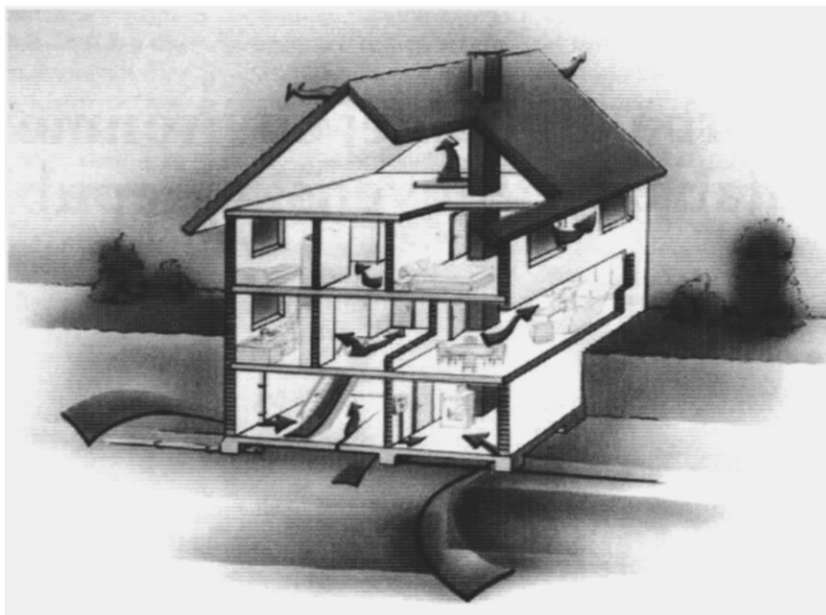
predstavuje  $69 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  a odhad celoročnej efektívnej dávky obyvateľa SGR z expozície radónu a jeho dcérskym produktom  $3 \text{ mSv}$ , čo je hodnota 1,5-krát vyššia ako celoslovenský priemer.

### Odhad zdravotného rizika z ožiarenia radónom v bytových priestoroch

Pre zhodnotenie zdravotnej ujmy obyvateľov SGR dôsledku expozície radónu vo vnútornom prostredí bytov sme vypracovali predbežný prognózný multiplikačný model, ktorý vychádza z výsledkov skríningu ekvivalentných objemových aktivít radónu. Zdravotnú ujmu vyjadrujeme pomocou kumulatívneho úmrtia na rakovinu pľúc počas predpokladanej dĺžky života 74 rokov, vo vzťahu k štandardizovanému úmrtiu na rakovinu pľúc za rok na 100 000 obyvateľov regiónu za predpokladu, že sa sledovaná osoba zdržiava v bytovom priestore 75 % celkového času.

Konzervatívny odhad možných úmrtí na nádorové ochorenie ako následok celoživotnej expozície radónu vyžaduje aj podrobnejšie analýzy ďalších faktorov, ktoré ovplyvňujú výskyt zhubných nádorov pľúc, ako sú vek, kalendárny rok, druh zamestnania a rádiobiologické informácie na bunkovej i molekulárnej úrovni. Osobitnú pozornosť sme venovali fajčeniu, ktoré rozhodujúcou mierou ovplyvňuje počet úmrtí na nádorové ochorenia pľúc.

Na zhodnotenie zdravotnej ujmy sme použili výsledky dlhodobých meraní EOAR, štatistické a demografické údaje a prognostický model odhadu rizika. Získané výsledky (tab. 3 a obr. 5) poukazujú na skutočnosť, že v dôsledku expozície radónu možno v SGR predpokladať ročne 16,5 dodatočných úmrtí na karcinóm pľúc na 100 000 obyvateľov. Výsledok je zafarbený istou nepresnosťou (malý počet zmeraných bytov, konštrukcia stavieb, priestorové a časové variácie, zvyklosti a pod.). Získané údaje podporujú hypotézu, že v niektorých regiónoch Slovenska môže byť radón druhou najdôležitejšou príčinou vzniku rakoviny pľúc. Na obmedzenie tohto rizika existujú prostriedky, obyvatelia tohto regiónu i orgány miestnej samosprávy sa budú musieť k riešeniu tejto problematiky postaviť zásadným spôsobom. V krajinách EÚ je snaha zaviesť jednotný výpočtový algoritmus prehodnotenia zdravotnej ujmy v dôsledku ožiarenia radónom. Tento model hodlá prevziať a využiť



6. Prístupové cesty radónu do bytových priestorov

ako podklad návrhu opatrení na zníženie expozície aj Slovenská republika.

### Literatúra

- Đurčik, M., Havlík, F., Vičanová, M., Nikodémová, D.: Stanovenie radónového rizika v materských a základných školách. *Bezpečná práca*, 27, 1996, 4., s.152 – 156.
- Nikodémová, D., Pinter, I., Vičanová, M.: The Potential Health Risk of Slovak Population Exposed to Indoor Radon in Proc. Of 6<sup>th</sup> International Workshop on the Geological Aspects of Radon Risk Mapping Prague, 2002, p. 96 – 99.
- Protection Against Radon 222 at Home and at Work. Publ. 65. *Annals of ICRP*, 23, 1993, 2.
- Radon – the Health Threat with a Simple Solution. A Physician's Guide. EPA USA, Washington D. C., September, 1993.
- Šabíková, J.: Vnútročné prostredie budov a zdravie. *Život. Prostr.*, 36, 2002, 3, s. 133 – 135.

**RNDr. Denisa Nikodémová, PhD., Ústav preventívnej a klinickej medicíny, Limbová 14, 833 01 Bratislava**  
*nikodem@upkm.sk*

**RNDr. Magdaléna Vičanová, Ústav preventívnej a klinickej medicíny, Limbová 14, 833 01 Bratislava**  
*vicanova@upkm.sk*

**RNDr. Igor Pinter, INTER-P-Ecoservice, Košická 12, 821 09 Bratislava,** *igor.pinter@mailbox.sk*