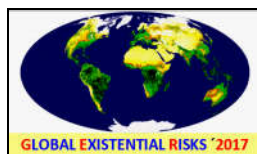


RADÓN A JEHO DOPAD NA VEREJNÉ ZDRAVIE

ANDREJ MIKOLÁŠKO - MARIANNA KIZEKOVÁ - PETRA KOŠICKÁ

RADON AND ITS IMPACT ON PUBLIC HEALTH



ABSTRAKT

V príspevku sa venujeme radónu ako prírodnému zdroju ionizujúceho žiarenia a jeho negatívnym účinkom na zdravie človeka. Radón je ľudskými zmyslami nedetekovateľný plyn a je prirodzenou súčasťou života každého človeka. Avšak, v závislosti od viacerých faktorov sa na niektorých geologických pozíciách vyskytuje vo vyšších koncentráciách, čo spôsobuje hromadenie tohto plynu v obytných priestoroch. Na základe štúdií viacerých krajín EÚ aj mimo nej bolo dokázané, že po fajčení je druhou najčastejšou príčinou karcinómu pľúc práve radón. Je však nutné brať do úvahy aj profesionálnu expozíciu radónu v baniach, pretože zvýšené riziko karcinómu pľúc sa spája aj s ťažbou železitých rúd. Pre negatívny vplyv radónu na zdravie človeka je nutné venovať zvýšenú pozornosť tomuto problému a zaujímať sa o možnosti, ako zabrániť prenikaniu radónu do starých budov, ale aj jeho správnej eliminácii izoláciou pri novostavbách.

Kľúčové slová: radón, verejné zdravie, účinky na zdravie

ABSTRACT

The article "Radon and its impact on public health" defines the natural source of ionizing radiation - radon and characterizes his effects on human health. This non-detectable gas by human senses is a natural part of every person's life. However, depending on a number of factors, some geological positions occur at higher concentrations, causing the accumulation of this gas in the living quarters. Based on the studies of several EU countries and beyond, it has been proven that, after smoking, the second most common cause of lung carcinoma is radon. For this reason, it is necessary to pay increased attention to this problem and to be concerned with the possibility of preventing the penetration of radon into old buildings, but also with the proper elimination by insulation in new buildings.

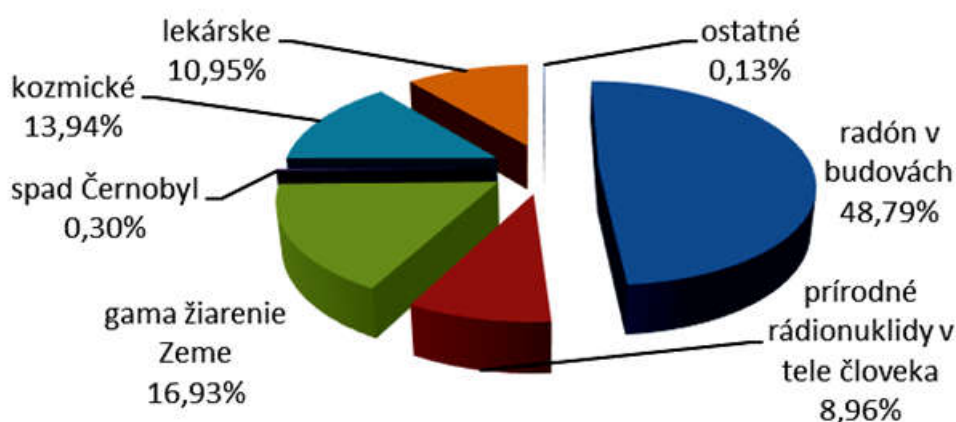
Key words: radon, public health, effects on human health

ÚVOD

Ionizujúce žiarenie je neoddeliteľnou súčasťou života človeka na zemi. Využitie umelých zdrojov tohto žiarenia má v rôznych oblastiach medicíny, vedy, výskumu a iných odvetviach nenahraditeľné miesto. Okrem prínosu ionizujúceho žiarenia spoločnosti však prináša aj riziká, ktoré výraznou mierou prispievajú k ujme na zdraví jednotlivcov alebo celých populácií. Expozícia tohto faktora sprevádza človeka takmer vo všetkých oblastiach života na zemi, pričom jeho zdroje môžu byť umelé alebo prirodzené, ktoré tvoria súčasť prírodných zdrojov ionizujúceho žiarenia. Ochranou pred týmto žiarením sa zaoberá multidisciplinárny vedný odbor, ktorý sa zakladá na poznatkoch o biologických účinkoch a spoločenských zásadách, ktorými sa ochrana zdravia riadi. Pri Regionálnych úradoch verejného zdravotníctva sú zriadené Oddelenia ochrany zdravia pred žiarením, ktoré sa zaoberajú sledovaním a usmerňovaním radiačnej záťaže obyvateľov prírodnou rádioaktivitou, najmä sledovaním radiačnej záťaže radónom a jeho rozpadovými produktami v súvislosti s bývaním. Najväčší podiel na

celkovom ožiarení populácie však nemajú umelé zdroje, ale prírodné zdroje žiarenia t. j. kozmické žiarenie, ktoré dopadá na zem z vesmíru a pôsobí na človeka hlavne externe v závislosti od nadmorskej výšky a polohy na zemi. To je však do veľkej miery pohlcované atmosférou. Ďalším prírodným zdrojom sú prírodné rádionuklidy, ktoré sa prirodzene vyskytujú v našom životnom prostredí. Okolo 55% expozície pochádzajúcej z prírodných zdrojov ionizujúceho žiarenia spôsobuje inhalácia radónu a produktov jeho premeny (dávkou 1-1,5mSv/rok). [1]

V prírode bolo nájdených okolo 340 druhov rôznych nuklidov z ktorých je rádioaktívnych približne 70. [2] Radón je inertný rádioaktívny plyn, ktorý vzniká v zemskom podloží a z podlažia preniká „pôdnym vzduchom“ na zemský povrch, kde sa dostáva do ovzdušia budov. Z hľadiska ožiarenia človeka prírodnými rádionuklidmi je radón a jeho krátkodobé produkty premeny dominantný a najzávažnejší. Zasluguje si prvoradú pozornosť spomedzi rádioaktívnych prvkov vzhľadom na zdravotné účinky a veľkosť expozície. Radón je prírodný rádioaktívny plyn bez vône, chuti, farby a zápachu a je prítomný na celom zemskom povrchu. Má protónové číslo 86 a v prírode je zastúpený tromi rádionuklidmi (izotopmi). Človek ich vdychuje so vzduchom po celý svoj život. Z rádionuklidov radónu, izotop ^{222}Rn z hľadiska doby polpremeny a zdravotných účinkov je najzávažnejší. [3] Ľudskými zmyslami je nedetekovateľný. Vzniká postupnou rádioaktívnou premenou uránu (izotop ^{238}U), ktorý je obsiahnutý v zemskej kôre a tiež vo všetkých prírodných materiáloch. [4] Polčas premeny uránu sa odhaduje na 4,5 miliardy rokov. Priamym predchodcom radónu je rádium (^{226}Ra), ktorého polčas premeny je 1600 rokov. Plynný radón sa s polčasom rozpadu 3,82 dní premení na tzv. krátkodobé produkty radónu – pevné izotopy polónia, bizmutu a olova. Tieto izotopy existujú iba krátko, ich polčas premeny sa pohybuje od zlomku sekundy po desiatky minút. Fyzikálne vlastnosti radónu a jeho krátkodobých produktov premeny predurčujú jeho negatívne účinky na zdravie človeka. [5]



Graf 1: Rozdelenie dávok obyvateľstva (Státní zdravotní ústav radiační ochrany, v.v.i., www.suro.cz)

ÚČINKY NA ZDRAVIE

Účinky rôznych druhov žiarenia na organizmus nie sú rovnako závažné. Každý orgán a tkanivo v ľudskom tele vykazuje na ožiarenie inú citlivosť. Biologické účinky žiarenia závisia od druhu žiarenia, dávky a od časového faktora, ktorý určuje vzťah medzi veľkosťou absorbovanej dávky a časom pôsobenia žiarenia. [1]

Radón sa so svojimi produktmi dostáva inhaláciou do dýchacieho traktu. Takto dochádza k vyššej expozícii alfa žiarenia lokálne v oblasti bronchiálnej sliznice. Priamou expozíciou sú zasiahnuté bunky na sliznici a môže dochádzať k poškodeniu ich DNA. Týmto procesom dochádza k vzniku nádorových ochorení. Rakovina vyvolaná radónom nevzniká okamžite, naopak doba, po ktorej sa môžu začať objavovať príznaky rakoviny pľúc je v rozmedzí 10 – 30 rokov. Epidemiologickými štúdiami sa



dokázala zvýšená pravdepodobnosť ochorenia na rakovinu pľúc v prípade vzrastajúcej koncentrácie vdychovaných produktov premeny radónu a s rastúcou dĺžkou pobytu v takomto prostredí. Počet prípadov rakoviny pľúc v priamej súvislosti s ožiarovaním radónom sa pohybuje od 5 – 10 % všetkých prípadov. Jedná sa o druhú najvýznamnejšiu príčinu vzniku karcinómu pľúc. V Českej republike sa na základe výsledkov epidemiologických štúdií pripisuje 900 prípadov úmrtí na rakovinu pľúc za 1 rok, čo je približne 16 % všetkých úmrtí na uvedené ochorenie. Riziko karcinómu pľúc spôsobené radónom v dome je priamoúmerné celkovej vdychovanej rádioaktívite, ktorá závisí nielen od koncentrácie, ale aj na dĺžke pobytu v exponovanej budove. To znamená, že pri krátkodobých pobytach v priestoroch s vysokou koncentráciou je riziko zanedbateľné. Vplyv radónu na vznik karcinómu pľúc bol spoľahlivo dokázaný epidemiologickými štúdiami najskôr na skupine baníkov, následne aj v bežnej populácii s vyšším obsahom radónu v geologickom podloží. Výsledky výskumov Ústavu preventívnej a klinickej medicíny (ÚPKM) z posledných rokov v oblasti radiačnej záťaže obyvateľov SR, ktoré boli cieľené do oblastí s prognózou vysokého radónového rizika, potvrdili hypotézu, že v niektorých regiónoch Slovenska môže byť radón druhou najvýznamnejšou príčinou vzniku rakoviny pľúc.[4] V celosvetových štúdiách, ktoré združujú údaje z viacerých národných výskumov bolo riziko rakoviny pľúc štatisticky dokázané pri koncentráciách radónu vyšších ako 150 Bq/m³ (Bq = jednotka aktivity, ktorá charakterizuje množstvo rádioaktívnej látky).

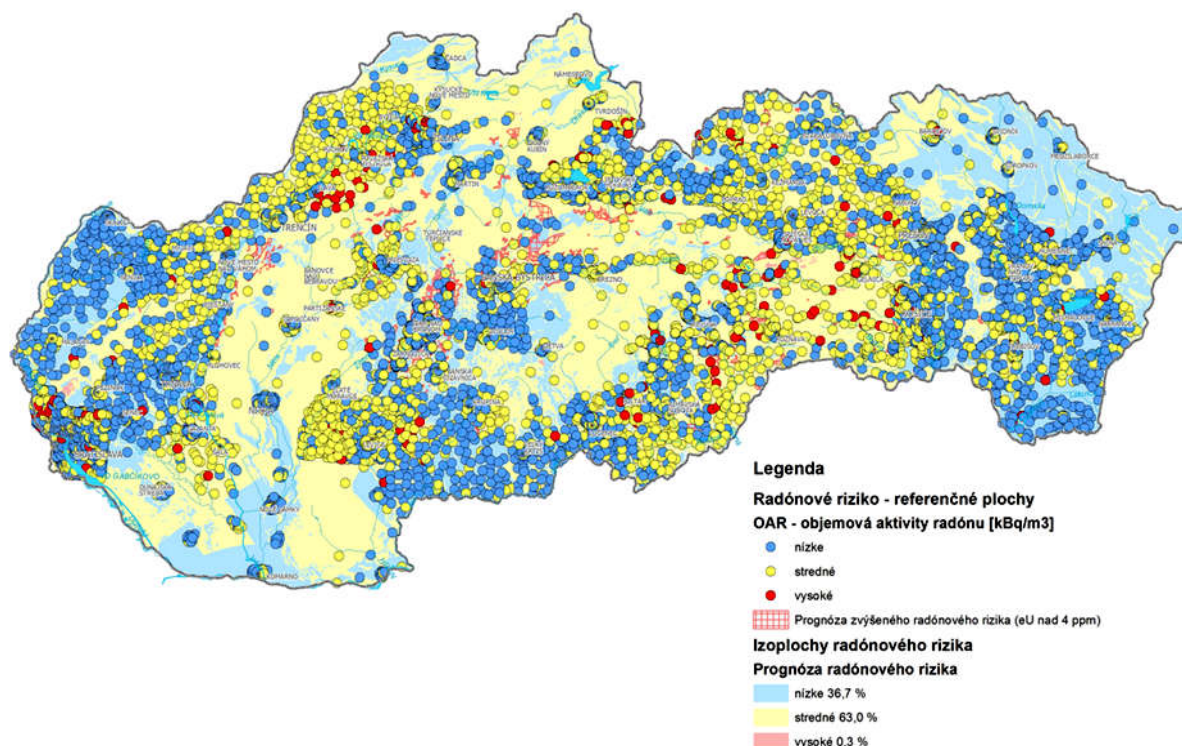
Radón je známym vyvolávateľom karcinómu pľúc a takto vzniknuté ochorenie je ponímané aj ako choroba z povolania. V tejto súvislosti sú diskutované aj iné ochorenia ako leukémia, nádory kostí a pečene. Je však otázne, či má v týchto prípadoch radón epidemiologický význam v zmysle karcinogenézy u ľudí, ktorí sú jeho pôsobeniu vystavení v interiéroch budov.

Na základe spoločnej analýzy výsledkov 13 európskych krajín pre kvantifikáciu zdravotného rizika sa dospelo k stanoveniu tzv. koeficientov relatívneho rizika s hodnotou 0,16 pri objemovej aktivite radónu 100 Bq.m³. To znamená, že pri pobyte v budove s touto objemovou aktivitou radónu sa riziko vzniku karcinómu pľúc u obyvateľov zvyšuje o 16 %. [5] Tak isto bol zistený významný vplyv fajčenia v kombinácii s inhaláciou radónu na zosilnenie negatívnych účinkov na zdravie. Zo štúdie vyplýva, že radón v interiéroch môže v Európe zapríčiniť až 9 % všetkých úmrtí vrátane karcinómu pľúc a 2 % všetkých úmrtí na onkologické ochorenia. Európske výsledky sú zhodne s výsledkami dvoch čínskych analýz a amerického výskumu.

ŠÍRENIE RADÓNU A VÝSKYT NA ÚZEMÍ SR

Radón je prvok s výraznými migračnými schopnosťami. Ľahko preniká geologickým prostredím a šíri sa difúznym a konvekčným prúdením. Transport radónu konvekciou je vyšší ako difúziou a spôsobujú ho hlavne zmeny fyzikálnych podmienok prostredia. Najvýznamnejší prejav konvekcie je na tektonicky porušených zónach. Tie sú dobrými komunikačnými cestami pre plyn. Vo voľnej prírode sa radón mieša s atmosférickým vzduchom. Naopak v uzatvorených priestoroch sa môže nahromadiť vo vysokých a zdraviu škodlivých dávkach. [6] Najvýznamnejším zdrojom radónu v budovách je podlažie, pôdny vzduch kontaminovaný radónom, ktorý zo zeme a hornín v podlaží stavby preniká do vnútorného ovzdušia objektu. Prienik do budovy umožňujú hlavne lokálne poruchy ako netesnosti okolo inštaláčného vedenia, trhliny a praskliny v podlahách a pivočných stenách, trhliny v hydroizolácii, netesné spoje a pod. Výsledná koncentrácia radónu v budove však závisí na ďalších viacerých faktoroch a nielen na existencii transportných ciest. Jedná sa hlavne o množstvo koncentrácie radónu v podlaží domu. Väčšie problémy s radónom je možné očakávať v oblastiach so skalným podlažím, ktoré tvoria granity s vysokým obsahom rádia. Riziková je aj vysoká priepustnosť prostredia – napríklad štrky, hrubozrnné piesky, prítomnosť geologických porúch a pod.

Na základe monitoringu objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí na území SR bolo určených šesť najrizikovejších oblastí s vysokou koncentráciou radónu v geologickom podloží. Radónová mapa demonštruje, ktoré mestá a oblasti sú vystavené vyššiemu rádioaktívnemu žiareniu z radónového plynu. [6]



Obrázok 1: Mapa prírodnej rádioaktivity (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra)[11]

OCHRANA PRED RADÓNOM

Základnou právnou normou v záujme ochrany obyvateľstva pred prírodným ionizujúcim žiarením na Slovensku je vyhláška MZ SR č. 528/2007 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarenia z prírodného ožiarenia.[9] Táto vyhláška vychádza z odporúčaní Medzinárodnej komisie pre rádiologickú ochranu (ICRP) a ktorá tiež definuje odvodené zásahové úrovne pre objemovú aktivitu radónu v pôdnom vzduchu na vykonanie opatrení proti prenikaniu radónu z podlažia. Dodržiavaním týchto postupov je zaručená kvalitatívna porovnateľnosť v EÚ. Spomínaná spoločná analýza údajov krajín Európy bola impulzom k výzve WHO, aby jednotlivé štáty zväzili závažnosť zdravotných dôsledkov z výskytu radónu v bytoch a pristúpili k primeraným opatreniam na zníženie tohto rizika. Národné programy obmedzujúce riziko radónu v bytoch by mali byť rozvíjané na celoštátnej úrovni, pričom stratégia radónových programov by mala byť zameraná predovšetkým na zvyšovanie informovanosti verejnosti o možnom vplyve radónového rizika na zdravie.

V dnešnej dobe poznáme spôsoby ako nebezpečenstvo karcinogénneho radónu z budov odstrániť alebo ho významne znížiť na zanedbateľnú úroveň. Príkladom je tzv. Radónový program schválený vládou Českej republiky č. 594 z mája 2009. Český radónový program má dva základné ciele. Prvým cieľom je vyhľadať čo najväčší počet starších budov s vyššími koncentraciami radónu a vhodnými opatreniami tieto koncentrácie znížiť. Druhým cieľom sú preventívne opatrenia - ochrana proti prenikaniu radónu z podlažia pri výstavbe nových budov. [12,13] Výsledkom je prevencia, spolupráca a informovanosť občanov, ktorá ich podnecuje k aktívnej a dobrovoľnej spolupráci pri zmiernení rizika. V súčasnej dobe je množstvo inštitúcií a spoločností, ktoré poskytujú vhodné riešenia na elimináciu prenikania tohto nebezpečného plynu do obydli.



ZÁVER

Prírodná rádioaktivita je neoddeliteľnou súčasťou životného prostredia. Aj v súčasnosti má však prírodné rádioaktívne žiarenie a hlavne rádioaktívny radón rozhodujúci podiel na celkovom ožiarení ľudí. Za samostatnú zmienku stojí výskyt radónu (^{222}Rn) v horninách a pôdach a to hlavne z dôvodu, že radón s jeho dcérskymi produktmi premeny spôsobuje približne polovicu radiačnej záťaže obyvateľstva. Rádioaktivita patrí medzi závažné rizikové faktory životného prostredia. Zhubné dôsledky pôsobenia rádioaktívneho žiarenia na zdravie ľudí sú všeobecne známe. Tento negatívny faktor životného prostredia je predmetom rôznych výskumov viacerých vedeckých inštitúcií v mnohých krajinách.[8] Sú to hlavne dve renomované svetové ustanovizne (UNSCEAR – United Nations Scientific Committee of the Effects of Atomic Radiation a ICRP – International Commission of Radiological Protection), ktorých závery a odporúčania sú všeobecne akceptované a boli využívané aj na Slovensku pri tvorbe relevantnej legislatívy. Vedecký výbor OSN pre účinky atómového žiarenia (UNSCEAR) zverejnil, že v súčasnosti prírodné zdroje rádioaktívneho žiarenia prispievajú viac než tromi štvrtinami k celkovému ožiareniu svetovej populácie, pričom najvýznamnejším zdrojom prírodného žiarenia je práve radón ^{222}Rn a jeho dcérske produkty rádioaktívnej premeny. [6] Je preto paradoxom, že obavy verejnosti sú zamerané hlavne na umelé zdroje žiarenia (zvlášť na jadrové zariadenia) a väčšina ľudí netuší, že úplne najväčšie ožiarenie v období mimo jadrových havárií spôsobujú práve prírodné zdroje. Radón je po fajčení druhou najvýznamnejšou príčinou vzniku rakoviny pľúc. Tento negatívny vplyv bol jednoznačne dokázaný epidemiologickými štúdiami. Túto skutočnosť potvrdila v roku 2009 aj Svetová zdravotnícka organizácia – WHO, ktorá jednoznačne odporúča všetkým štátom venovať problematike radónu dostatočnú pozornosť. V roku 2014 WHO vydala informačný leták v ktorom v 12 bodoch vyzýva k zníženiu rizika rakoviny. V jednom z dvanástich bodov apeluje na zisťovanie koncentrácie radónu v obytných budovách a na jej následné zníženie. [14] Informovanie spoločnosti o tejto problematike môže mať významný vplyv na elimináciu vzniku ochorení spôsobených prenikaním radónu do obytných priestorov.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] BUCHANCOVÁ, J. a kol.: Pracovné lekárstvo a toxikológia. Martin, Vydavateľstvo Osveta, spol. s r. o., 2003. 1133 s. ISBN 80-8063-113-1
- [2] EISENBUD E., GESSEL T., Environmental Radioactivity, Academic Press, San Diego, 1990
- [3] CABÁNEKOVÁ H., NIKODEMOVÁ D: Usmerňovanie ožiarenia obyvateľstva radónom v bytových priestoroch, Fakulta verejného zdravotníctva SZU, Bratislava 2013, Environment, a. s., ISBN 978-80-89384-05-1
- [4] ŠULCOVÁ M. – ČIŽNÁR I. – FABIÁNOVÁ E. 2012. Verejné zdravotníctvo. Bratislava: VEDA 2012., s. 654, ISBN: 978-80-224-1283-4
- [5] NEZNAL M. – NEZNAL M. 2009. Ochrana stavieb proti Radonu. Praha: Grada Publishing 2009. 104. s. ISBN: 978-80-247-6164-0
- [6] NIKODÉMOVÁ, D., PINTER, I., VIČANOVÁ, M., 2003: Radón a jeho potenciálne riziko v Spišsko-gemerskom regióne. In: Životné prostredie č. 3
- [7] Regionálny úrad verejného zdravotníctva so sídlom v Martine, 2010. Lekárske Listy. In: Radón v interiéroch a jeho kancerogénny potenciál. [online]. roč. 2010., č.33. Dostupné na internete: <<http://www.ruvzmartin.sk/ppl/clanky/Radon.pdf>>
- [8] ŠEVČÍKOVÁ Ľ. – ÁGHOVÁ. Ľ. – JURKOVIČOVÁ J. Hygiena. Bratislava: Univerzita Komenského Bratislava 2006. 328 s. ISBN: 80-223-2103-6
- [9] Vyhláška MZ SR. 528/2007 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarenia z prírodného žiarenia. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2007/528/20160101>>
- [10] Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. 2018. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.suro.cz/cz/prirodnioz>>



- [11] GLUCH, A. a kol.: Prehľadné mapy prírodnej rádioaktivity [online]. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2009. Dostupné na internete: <http://mapserver.geology.sk/radio>
- [12] LAJČÍKOVÁ A. 2016. Státní zdravotní ústav Praha. In: Radon – Radonový program – program ochrany zdraví obyvatel. [online]. Dostupné na internete: <<http://www.szu.cz/uploads/Letak.4.pdf>>
- [13] RADONOVÝ PROGRAM ČESKÉ REPUBLIKY. 2016. In: Zdravotní účinky radonu. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.radonovyprogram.cz/zdravotni-ucinky-radonu/>>
- [14] World Health Organization 2016. In: European Code Against Cancer. [online]. Dostupné na internete: <<http://cancer-code-europe.iarc.fr/index.php/en/>>

ADRESY AUTORV

PhDr. Andrej MIKOLÁŠKO

Fakulta verejného zdravotníctva SZU v Bratislave, Slovenská republika
e-mail: andrej.mikolasko@gmail.com

Mgr. Marianna KIZEKOVÁ, PhD.

Klinika pracovného lekárstva a klinickej toxikológie UPJŠ LF Košice, Slovenská republika
e-mail: kizekova.marianna@gmail.com

Mgr. Petra KOŠICKÁ

Klinika pracovného lekárstva a klinickej toxikológie UPJŠ LF Košice, Slovenská republika
e-mail: petronelitka.kosicka@gmail.com

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.