

Můžete se v Louňovicích bez obav napít?

E. Černohorská¹, Lenka Fridrichová², Jana Kaděrová³, Táňa Pokorná⁴

¹Gymnázium Karlovy Vary, ²Gymnázium Pelhřimov

³Gymnázium Komenského Havířov,

⁴Gymnázium prof. Jana Patočky Praha

¹evajs@atlas.cz, ²fridri@seznam.cz, ³j.kaderova@centrum.cz,

⁴TanaPokorna@seznam.cz

supervizor: RNDr. Lenka Thinová

Abstrakt:

Úkolem naší skupiny bylo změřit množství radonu v ovzduší, podloží a ve vodě v oblasti se zvýšeným obsahem přirozené radioaktivity, a tak stanovit nebezpečnost této oblasti. Naším pracovištěm byla vodárna v obci Louňovice a její okolí.

1 Úvod

Radon

Z fyzikálního hlediska jde o inertní plyn s atomovým číslem 86. Radon je součástí uran-radiové řady, přeměňuje se s poločasem přeměny 3,82 dne na radionuklid ^{218}Po , přičemž je emitována částice alfa s energií 5,49 MeV ($1 \text{ MeV} = 1,0622 \cdot 10^{-19} \text{ J}$). Radon a jeho dceřiné produkty se podílejí přibližně 50% na celkové efektivní dávce ozáření, kterou průměrně obdrží jedinec za život. Radon má více produktů přeměny: ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po , ^{218}Po ; jejich společnou vlastností je krátký poločas přeměny a výskyt ve formě aerosolů. Zdroje radonu ve stavbách jsou: podloží, stavební materiály a dodávaná voda. Z podloží uniká netěsnostmi do domu půdní vzduch, což je příčinou až 99% případů zvýšených koncentrací Rn. Z tohoto důvodu je nutné provadět průzkum výskytu Rn před zahájením stavby domu. Je-li radonové riziko střední nebo vysoké, je povinností stavebníka provést izolaci proti pronikání radonu z podloží. Pro různé hodnoty objemové aktivity (zjištěné nejčastěji měřeními vedoucími k odhadu roční průměrné ekvivalentní aktivity Rn) jsou vhodné menší či větší zásahy, od jednoduchých – zvýšené větrání, po stavební úpravy většího rozsahu. Při překročení meze 2000 Bq.l^{-1} je nutné vyloučení pobytu osob, které by jinak byly vystaveny vysokému riziku. Pro jednotlivé stavební materiály (mohou být významným zdrojem Rn) jsou stanoveny limity a směrné hodnoty hmotnostní aktivity ^{226}Ra (z něho Rn vzniká). Obdobný systém limitů existuje pro některé radionuklidy, které smějí být obsaženy ve vodě. Pro obsah Rn ve vodě dodávané do veřejných vodovodů je dána pouze směrná (nikoli limitní) úroveň objemové aktivity – 50 Bq.l^{-1} . Ke snížení obsahu Rn přispívá provzdušňování vody, Rn se snadno uvolňuje do vzduchu. Uživatelům vody z individuálních zdrojů (studny) se doporučuje opatření ke snížení objemové aktivity Rn při překročení

200 Bq.l⁻¹, při překročení hodnoty 1000 Bq. l⁻¹ je třeba používat jiný zdroj vody. Působení ionizujícího záření na živou tkáň má 2 typy účinků – deterministické (způsobeny přímým poškozením buněk ozářeného organismu) a stochastické (vyvolané změnami v genetické informaci buňky).

2 Radioaktivita v přírodě

Radioaktivita

Radioaktivní prvky jsou součástí každého prostředí. Jejich atomová jádra jsou schopna samovolně se přeměňovat na jiná jádra. V některých případech mohou jednotlivé atomy tvořit přeměnové řady, jejichž členy jsou radioaktivní, kromě posledního - stabilního jádra.

Radioaktivní přeměna je doprovázena uvolněním určité energie a emisí některé z částic radioaktivního záření. Pravděpodobnost přeměn určitého jádra atomu je určena poločasem přeměny radionuklidu. Radionuklidy rozlišujeme podle způsobu vzniku na přírodní a umělé, dále také podle způsobu radioaktivní přeměny. Přírodní radionuklidy vznikly nebo vznikají nezávisle na lidské činnosti (²³⁸U, ⁴⁰K, ²³⁵U, ²³²Th – jejich poločas rozpadu je srovnatelný se stářím Země + jejich dceřinné produkty ²²⁶Ra, ²²²Rn; radionuklidy vznikající ze stabilních nuklidů působením kosmického záření – ¹⁴C, ³H), umělé radionuklidy vznikají lidskou činností (¹³¹I, ¹³⁷Cs). Při přeměně alfa je z jádra emitováno jádro He (alfa částice), protonové číslo dceřinného jádra se zmenší o 2, atomové o 4. Přeměnu beta charakterizuje emise elektronů nebo protonů z jádra. Při záření gama dochází k tomu, že atomy ve vzbuzeném stavu se vrací do nižšího energetického stavu vyzářením fotonu. Záření gama doprovází značnou část radioaktivních přeměn. Posledním typem radioaktivní přeměny je štěpení. Mateřské jádro se rozštěpí na dvě nebo více jader samovolně či po interakci s jinou částicí.

Určitá radioaktivní přeměna je jednoznačně charakterizována výchozím a cílovým jádrem a poločasem rozpadu – tyto skutečnosti definují veličinu aktivita (její jednotkou je Bq – Becquerel). Množství radionuklidu má aktivitu 1 Bq, dochází-li v něm průměrně k 1 přeměně za sekundu. V praxi užíváme veličiny objemová aktivita (Bq.m⁻³) a hmotnostní aktivita (Bq.kg⁻¹).

Geologická stavba

Nejvíce radonu se vyskytuje v oblastech vyvěřelin – to znamená hlavně v oblasti středních Čech, která geologicky spadá do středočeského plutonu. Středočeský pluton je třetí největší těleso v českém masívu o přibližné délce 146 km, šířce 30 km a ploše kolem 3200 km². Petrograficky patří stří. pluton k nejpestřejším masívům hlubinných vyvěřelin u nás. V oblasti Louňovic, což je severozápadní cíp plutonu, je hlavní horninou biotitický granodiorit (adamellit – říčanský typ), který je zčásti zakrytý permokarbonskými a křídovými uloženinami. Adamellit bývá považován za jednu z nejmladších intruzí plutonu. Kromě adamellitu místy zasahují do této oblasti i výběžky tzv. leukokratních žul (např. říčanská žula).

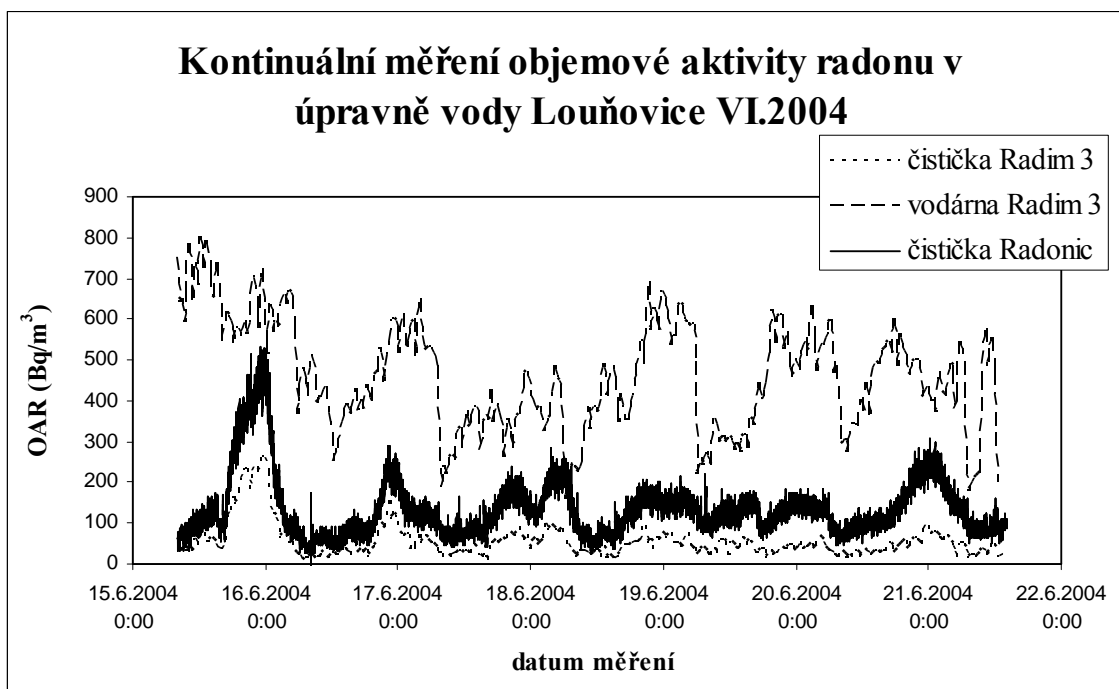
Měření

- 1) Radon ve vzduchu

Místa pro měření jsme vybíraly záměrně tak, abychom mohly určit rizikovitost pracoviště pro obsluhu místní vodárny a čističky odpadních vod (od sebe vzdáleny asi 20 m). Aktivita radonu v atmosféře je skoro nulová.

K měření aktivity radonu a jeho dceřiných produktu ve vzduchu jsme používaly přístroje RADIM 3, ionizační komoru RADONIC a PSDA. Tyto přístroje zaznamenávají počet impulsů (přeměn) v určitém časovém úseku a nerozlišují nijak přeměňované prvky (kromě PSDA) na rozdíl od spektrometru.

Přístroj RADIM 3 dokáže měřit aktivitu kontinuálně, což znamená, že naměřené hodnoty si postupně zaznamenává do paměti a pokračuje v dalším měření dle naprogramování. Stejně tak i ionizační komora. Obě zařízení byla instalována již týden před naším měřením, abychom mohly získat dlouhodobější přehled aktivity radonu ve vzduchu, která se během dne mění (souvislost s tlakem). Měření RADIMem 3 probíhalo každou půlhodinu od 15.6.2004 7:50 do 21.6.2004 13:26, měření ionizační komorou každou minutu ve stejném období. RADIM 3 navíc zaznamenával údaje o okolí (teplota, tlak, vlhkost), které jsme ale do konečných grafů nezaznamenávaly. Přístroje byly umístěny na dvou místech: v místnosti obsluhy čističky odpadních vod a v místnosti obsluhy vodárny (kdy byl však umístěn pouze přístroj RADIM 3). Z vytvořeného grafu jsme si snadno mohly ověřit, že větráním (otevíráním dveří) po ranním příchodu obsluhy vodárny do práce aktivity radonu ihned klesla.



Přístroj PSDA slouží pouze k jednorázovému určení aktivity dceřiných produktů radonu – kovy (Po, Pb, Bi). Nejdříve jsme po dobu 5-ti minut speciálním zařízením prosávaly vzduch přes filtr, poté jsme během půlminuty vložily tento filtr do PSDA a zapnuly ho na dobu 3000 s. První odečet naměřených impulsů jsme prováděly po 10-ti minutách od zahájení prosávání vzduchu, další pak ve 20-ti minutách a na konci. Dalšími výpočty jsme získaly naměřené aktivity. Měření jsme prováděly v místnosti obsluhy vodárny, v místnosti, kde voda poprvé přicházela z vrtů do vodárny a v místnosti obsluhy čističky.

prvek	koncentrace		
	obsluha	vodárna	čistička
²¹⁸ Po	54,325	722,1	9,97
²¹⁴ Pb	186,35	462,46	37,8
²¹⁴ Bi	1 110,682	1 513,73	75
²²² Rn	7 539,8	13 436,1	715,6

2) Radon ve vodě

I přesto, že je radon plyn, rozpouští se ve vodě a může se tedy s ní dostat do těla, proto je důležité sledovat jeho obsah ve vodě. Ve vodě je optimálně 50Bq/m³ a nesmí však přesáhnout 300 Bq/m³. Proto se ve vodárně v Louňovicích musí z vody odstraňovat radon probubláváním vzduchem (voda je ve vodárně vstříkována proti silnému proudu vzduchu), tím se radon uvolní do vzduchu, kde se rozptýlí a voda je nezávadná.

My jsme aktivitu měřili pomocí přístroje RADIM 4 ve vodě z různých míst z celé vesnice: z vody pro veřejnou síť před probuláním, z obecního vodovodu, ze studny dvou rodin, z nichž jedna byla povrchová a jedna hlubková a dále ze studánky v lese.

Voda, která se měřila tímto přístrojem musela být donesena v lahvích bez vzduchových bublin, aby do nich radon nevyprchal. Poté jsme ho přelily do zkumavky připojené k přístroji, který vodu probublal a pak změřil koncentraci radonu ve vzduchu nad vodou stejným způsobem jako RADIM 3.

	změřená aktivita radonu [Bq/dm ³]	přepočtená aktivita radonu [Bq/dm ³]
obec-vodovod	29	29
hlubinná studna	646	657
studánka	147	154
povrchová studna	90	105
vodárna - před čištěním	529	612

Je vidět, že voda z hlubinné studny má asi stejnou koncentraci radonu, jako voda ve vodárně před probuláním, tedy velmi vysokou a tím velmi ohrožuje rodinu, která tuto vodu dlouhodobě pije, naopak voda z povrchové studny a studánky je nezávadná.

3) Radon v půdě

K určení rizikovosti oblastí se používá radonový index, který závisí na permeabilitě podloží a na dávkovém příkonu gama záření. Nejvíce závisí radonový index na obsahu radonu v půdním vzduchu, který se měří pomocí ionizačních komůrek. Tyto komůrky měří indukovaný proud, který vzniká rozpadem částic alfa uvnitř komory. Rizikovost se stanovuje podle 3. quartilu naměřených hodnot a přihlíží se k dávkovému příkonu gama záření. Při velké permeabilitě podloží je nízká rizikovost do 10, střední do 30 a my jsme naměřili 74. Dávkový příkon gama záření je 30, což je v normě, ale i přesto je riziko největší v celé České republice.

Aktivita půdního vzduchu:

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Aktivita Rn[kBq/m ³]	108	13,1	7,9	144	227	262	10,5	20,1	34,3	38	39,8	16,2	23,9	20,8	13,3

Dávkový příkon gama (pGy/s):

Číslo měření	1	2	3	4
1	31,8	32,8	31	30,5
2	32,2	33,5	30,1	29,7
3	31,5	32,9	29,4	31,4
4	32,1	33,9	30,2	31,8
5	31,9	32,1	32,7	31
průměr	31,9	33,04	30,68	30,88

Maximum: 33,9
 Minimum: 29,4
 Průměr: 31,625

Vzorky horniny (adamelitu) jsme prověřovaly laboratorním spektrometrem. Ten je schopen rozeznat jednotlivé radioaktivní prvky v hornině na základě energie, kterou tyto prvky vyzařují při rozpadu – tato energie je pro jednotlivé prvky specifická.

vzorek	hmotnostní aktivita [Bq/kg]			index hmotnostní aktivity
	²²⁶ Ra	²²⁸ Th	⁴⁰ K	
adamelit	62	99	1419	1,175
adamelit s větším obsahem živce	43	103	1381	1,119

Pro stavební materiál musí být index hmotnostní aktivity nižší než 1, proto je adamelit z oblasti Louňovic jako stavební materiál nevhodný.

3 Shrnutí

Naším měřením jsme potvrdily již dříve známý fakt, že celá oblast Louňovic patří mezi oblasti se zvýšeným radonovým rizikem. Vodu, která je z této oblasti získávána, je nutno před vpuštěním do veřejného vodovodu speciálně upravit (naměřená hodnota aktivity je několikanásobně vyšší než stanovený limit). Stejně tak dlouhodobý pobyt a především nedostatečné větrání prostor vodárny mohou ohrožovat zdraví obsluhy. Domy v této oblasti by se měly stavět s přihlédnutím k riziku s dokonalejší izolací proti radonu. Voda z hlubinné studny u jednoho z louňovických domů je nevhodná k pití a je nutno učinit další opatření. Také by bylo vhodné zkontrolovat vodu ve všech domácnostech, které nejsou připojeny na veřejný vodovod. Již upravená voda z veřejného vodovodu je však nezávadná, proto se můžeme v Louňovicích z veřejného vodovodu bez obav napít!

Poděkování

Poděkování patří především organizátorům Fyzikálního týdne na FJFI ČVUT, dále pak obyvatelům obce Louňovice a zdejšímu Obecnímu úřadu, také panu Danešovi a civilkáři Tomášovi za provedení místní vodárny a čističky odpadních vod a za jejich ochotu. Nejvíce bychom ale chtěly poděkovat naší SUPER supervisorce Lence!

Reference:

- [1] MANOVÁ M., MATOLÍN M.: *Radiometrická mapa ČR 1:500 000*, Český geologický ústav, 1995
- [2] <http://tady.cz/potchli/sp.htm>
- [3] *Geologická mapa ČR*, ÚÚG Praha, 1966
- [4] MOUČKA L., *Zdroje a transport radonu v budovách*