



větrání a hodnoty radiace už nebyly tak vysoké, dílem proto, že rudy ubývalo. Radiační ochrana v ČSSR byla v této oblasti dost na vysoké úrovni, což bylo konstatováno na řadě mezinárodních setkání. Ozáření bylo hodnoceno pomocí jednorázových měření. Dolů zaměstnávaly asi sto dozimetristů, kteří zhruba jednou týdně navštívili každé pracoviště. Prováděli jsme kontrolní měření a málokdy jsme je přistihli při nějaké nepravosti. Samozřejmě jsme tušili, že horníci po odchodu všech kontrol v mnoha případech vypínali ventilátory a někdy porušovali i další zásady ochrany před zářením.

#### **Dalo se porušování zásad vyloučit?**

Ano. Vyvinuli jsme a zavedli osobní dozimetrii.

#### **Osobní dozimetr je obdélník, který nosí na prsou rentgenologové?**

Kdepak, v případě pracovišť s rentgeny se jedná o jiný typ záření. Osobní dozimetry byly založeny na tak zvaných stopových detektorech. Němečtí vědci už dávno přišli na to, že částice alfa štěpí určité makromolekuly. Podrobněji se o nich zmíním později. Získali jsme tedy s těmito materiály určité zkušenosti a vyvinuli jsme dozimetr, založený na tomto principu. Když nás později ministerstvo zdravotnictví požádalo o vývoj nějakého levného indikátoru pro byty, věděli jsme jak na to.

#### **Radon se tedy dá měřit jen vašimi stopovými detektory?**

Ne zcela. Když u nás i ve světě začalo být běžné a módní měřit úroveň radonového záření, věnovalo se tomu mnoho firem. V naší republice jich byla asi stovka a měřily radonové záření pomocí různých přístrojů. Po čase přišla státní správa s požadavkem, aby byly všechny přístroje kalibrovány.

#### **Jak taková kalibrace vypadá?**

Ke kalibracím většinou používáme tak zvanou radonovou komoru. Je to kovová bedna o objemu 10 m<sup>3</sup>, kam se napustí radon. Jeho úroveň změříme. A pak radon ze stejného zdroje změří vlastník měřidla. Výsledky by se vzájemně neměly příliš lišit.

#### **Komora je zdá se unikátním zařízením. Nemýlím se?**

U nás jde skutečně o unikát. Ve světě je takových komor asi stovka. Například v Německu jich mají asi sedm. A naše je vlastně kopii francouzské. Pomocí této komory je tedy zajišťována jednotnost přístrojového měření.

#### **Nejvíce měření je však prováděno pomocí stopových detektorů. Ty také kalibrujete?**

Samozřejmě. Ale o technické stránce pojednává následující materiál, rozhovor s Ing. Josefem Holečkem, který je vedoucím laboratoře stopové dozimetrie radonu SÚJCHBO.

-red-

# Stopový integrální detektor

O těchto důležitých měřidlech jsme doposud v našem bulletinu psali jen z hlediska jejich distributorů, kterými jsou pracovníci Státního úřadu radiační ochrany. Dnes jsme se obrátili na odborníky ze Státního ústavu jaderné, chemické a biologické ochrany (SÚJCHBO), kteří jsou jejich hlavním a jediným výrobcem. Tyto specialisty zastoupí Ing. Josef Holeček, který vede laboratoř stopové dozimetrie radonu.

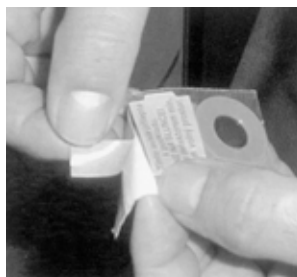
*Váš ústav poskytuje stopové integrální detektory. Co znamená ten výraz integrální?*

Stopové detektory jsou detektory integrálního typu. Takový detektor je po určitou dobu exponován radonem a po vyhodnocení zjistíme jeho průměrnou koncentraci, vyjádřenou jako objemová aktivita radonu za dobu, po kterou byl detektor exponován. Výsledek měření, který občan získá, vyjadřuje koncentraci v místnosti. Okamžitá koncentrace je velmi proměnná, a proto se detektor exponuje po dobu jednoho roku. Zákazník se dozví průměrnou hodnotu za celé toto období. Čtenáře určitě nepřekvapí, že i v jednom domě se mohou vyskytovat místnosti s průměrnými koncentracemi, které se od sebe velmi odlišují.

*V názvu detektoru je také přívlastek stopový. Můžete nám přiblížit princip činnosti tohoto detektoru?*

Stopový detektor je založen na principu fólie tvořené makromolekulami. Částice alfa emitované radonem a některými jeho produkty přeměny procházejí fólií interagují s makromolekulami a narušují jejich strukturu. V materiálu fólie tak vznikne latentní stopa která se leptáním v louhu zvětší natolik, že je ji možné pozorovat v mikroskopickém zvětšení. Aby se vyleptané otvory ve fólii daly lépe počítat, je detekční fólie tvořena dvěma vrstvami. Citlivá vrstva detekční fólie vzniká nanesením červeně zbarveného nitrátu celulózy na průhledný nosič. Fólie, kterou používáme, má obchodní název KODAK LR115. Vyrábí se v USA v licenci francouzské firmy Kodak.

*Detektor slouží ke stanovení průměrné roční koncentrace radonu v ovzduší místnosti*



*Jak vlastně stopový detektor vypadá?*

Řada čtenářů bulletinu tento detektor zná jako kolečko z plastické hmoty o průměru 26 milimetrů s centrálním otvorem. V tomto centrálním otvoru je umístěn malý kousek fólie KODAK LR 115. Rámeček detekto-



*Kolektiv laboratoře vedený Ing. Josefem Holečkem*

ru je označen identifikačním číslem, které současně slouží pro správnou orientaci detektoru. Tak je zaručeno, že citlivá strana fólie směřuje do prostoru, ve kterém se měří koncentrace produktů přeměny radonu.

*Co se děje s exponovaným detektorem, který je do vašeho ústavu zaslán k vyhodnocení?*

Detektor od každého zákazníka je nejprve řádně zaevidován. Pak jej chemicky zpracujeme, aby se na citlivé fólii zviditelnily stopy. Po ustálení a usušení můžeme detektory hodnotit. Převážně to děláme pomocí automatického analyzátoru obrazu. Vzniklé malinké kruhové nebo eliptické útvary, jiné barvy než zbytek barvy detektoru, umístíme pod mikroskop a jejich zvětšený obraz analyzujeme. S těmito detektory hodnotíme současně několik detektorů, ozářených přesně známou hodnotou. S jejich pomocí dostaneme kalibrační přímkou. Laicky řečeno, jde o přepočtení stop na objemovou aktivitu. Pomocí této přímky zjistíme průměrnou objemovou aktivitu každého zasláního detektoru.

*Jak si detektor může občan objednat? Kolik za něj zaplatí?*

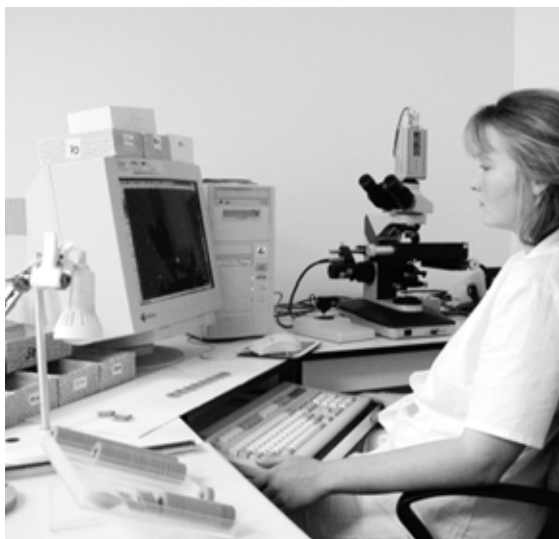
Pokud není objekt, který chce občan proměřit, zařazen do vyhledávacího radonového programu, lze detektory objednat písemně na adrese: SÚJCHBO Příbram - Kamenná, Oddělení stopové dozimetrie, 262 31 pošta Milín. Objednávka musí obsahovat počet požadovaných detektorů a předběžný souhlas s cenou za jedno vyhodnocení. Za stanovení ekvivalentní objemové aktivity radonu se platí **187 Kč**. Částku ústav účtuje po vyhodnocení vráceného detektoru. Kromě stanovení ekvivalentní objemové aktivity radonu (EOAR) můžeme současně udělat také integrální měření objemové aktivity radonu (OAR). Cena této služby je **397 Kč**.

### Co tyto zkratky znamenají?

OAR vyjadřuje objemovou aktivitu radonu. EOAR zahrnuje kromě aktivity radonu i aktivitu jeho produktů přeměny.

### Chystáte při měření radonu nějaké novinky?

Jsme si vědomi, že není možné zodpovědět všechny otázky, které před naším ústavem na poli radonu leží, pouze s použitím detektorů měřících hodnoty EOAR. Proto se snažíme dále rozvinout a zdokonalit měření OAR. V současnosti sledujeme dvě cesty. Na jedné z nich se snažíme o minimalizaci stávajících detekčních komor. Prvním výsledkem je nyní testovaný systém FotoRn. Druhá cesta spočívá ve využití jiných materiálů. V současné době v našem ústavu děláme úvodní pokusy s fólií CR-39, která je v Evropě často využívána k měření radonu.



-red- Laboratoř k vyhodnocování výsledků měření

### Co dělat po roce?

Po roce je třeba detektory sejmout, vložit je mezi tvrdý papír do obálky a odevzdat tomu, kdo měření organizuje. Musí být zaznamenáno datum sejmутí detektorů. Pak je třeba se obrnit trpělivostí a vyčkat výsledků. Detektory jsou nejprve na pracovišti Státního ústavu radiační ochrany rozříděny, do počítače bude zaznamenáno datum jejich sejmутí a budou odeslány výrobci detektorů. Leptání stopy na fólii zviditelní a jejich počet se odečítá mikroskopem. Na základě kalibrace je vypočtena předpokládaná koncentrace radonu a jeho dceřiných produktů v ovzduší měřené místnosti. Získané hodnoty jsou odeslány zpět na SÚRO, kde jsou zaznamenány do počítače. Podle výsledků je připraven dopis pro občana.

### Doporučené hodnoty

Ekvivalentní objemová aktivita radonu by v existujících budovách neměla překročit hodnotu 200 Bq/m<sup>3</sup>. Tato tzv. směrná hodnota je uvedena v české legislativě, konkrétně ve Vyhlášce č. 184/1997.

### Výsledky měření

Pokud budou obě zjištěné hodnoty nižší než uvedená hodnota, je pravděpodobné, že i ostatní místnosti v objektu budou splňovat požadavky vyhlášky. Pokud budou obě zjištěné hodnoty vysoké, jedna bude překračovat 300 Bq/m<sup>3</sup> a druhá 200 Bq/m<sup>3</sup>, je pravděpodobné, že průměrná hodnota v objektu překračuje doporučenou hodnotu. V takovém případě lze doporučit vhodné úpravy. V odůvodněných případech může přispět na realizaci opatření stát. V ostatních případech (které nelze rozhodnout na základě provedených dvou měření) je občanům nabídnuto bezplatné změření zbylých obytných místností.

### Co dělat dál?

Doporučujeme občanům, aby si výsledky měření dobře uschovali. Mohou být důležité například při oceňování nemovitosti nebo při jejím prodeji. Spolu s výsledky získají občané, v jejichž bytech jsou naměřeny vyšší hodnoty, mnoho informacích materiálů. Informujeme je o možnostech, kde a za jakých podmínek mohou požádat o státní finanční příspěvek na ozdravná opatření, získají příručku shrnující dostupná stavební protiradonová opatření, je jim nabídnuto bezplatné změření obsahu radonu ve vodě dodávané do objektu.

## Podmínky expozice detektorů a jak mohou ovlivnit výsledek měření?

### Proč měříme radon

Česká republika má díky svému geologickému podloží jedny z nejvyšších koncentrací radonu v budovách. Průměrná dávka ozáření z radonu pro obyvatele převyšuje úroveň ze všech ostatních zdrojů ionizujícího záření (tvoří téměř polovinu celoživotní dávky ozáření). Přitom někdy lze vysoké hodnoty v obydlí snížit jednoduchým opatřením, například úpravou větracího režimu.

### Průzkum v objektech

Vyhledávání objektů s vyšším obsahem radonu je jedním z cílů tzv. radonového programu. Vyhledávání provádí Státní ústav radiační ochrany v úzké spolupráci s okresními úřady - na každém okresním úřadu je jmenován jeden pracovník, který řídí vyhledávání na daném území. K měření radonu v trvale užívaných objektech, které probíhá po dobu jednoho roku, jsou používány dva stopové detektory.

### Kde má smysl měřit

Průzkum je zaměřen především na oblasti, kde je podle geologické prognózní mapy radonového rizika pravděpodobný vyšší výskyt radonu v půdním vzduchu. Prognózní mapa radonového rizika byla otištěna například v prvním čísle našeho bulletinu. Lze ji nalézt rovněž na naší internetové stránce [www.suro.cz](http://www.suro.cz)

### „Chceme měřit radon, co máme dělat?“

Nejjednodušší způsob, jak se občané mohou zapojit do měření a zjistit expozici ve svém domě, je

kontaktovat pověřeného pracovníka na místně příslušném okresním úřadu a pokusit se získat detektory od něj. Detektory je rovněž možné zakoupit (včetně vyhodnocení) přímo od jejich výrobce, kterým je Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany v Kamenné u Milína. Seznam kontaktních pracovníků v jednotlivých okresech najdete na naší internetové stránce [www.suro.cz](http://www.suro.cz)

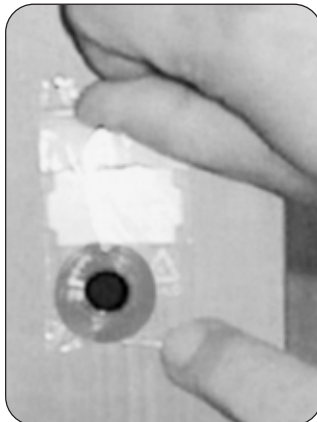
### Jak měřit?

Detektorem se měří pouze v obytných místnostech (ne koupelny, chodby!), a to tam, kde můžeme očekávat nejvyšší koncentrace radonu (místnosti méně větrané, v přímém kontaktu s podlahou nebo se špatnou izolací od země). Před detektorem by mělo být alespoň 30 cm volného místa. Detektor by neměl být na slunci nebo v přímého zdroje tepla. Každý detektor má svoje číslo, které umožňuje jeho identifikaci. Při vyvěšení detektorů je nutné zaznamenat toto číslo, datum a místo vyvěšení detektoru do příloženého dotazníku. Fólie je aktivní pouze na jedné straně. K podložce má být otočena strana detektoru, na které je vyraženo číslo na rámečku detektoru.

### Osudové chyby

Detektor měří trvale, tedy i v době, kdy místnost není obývaná a není zajištěno její větrání. Koncentrace tak může dočasně dosahovat i velmi vysokých hodnot a výsledek neodpovídá koncentraci v době pobytu osob. Pokud

byl detektor skryt za nábytkem, knihami nebo zastíněn květinami, měřilo by se v jiném prostoru, než pro který je detektor kalibrován. Výsledek by tak byl zkreslen. Totéž by se stalo kdyby byl detektor umístěn například ve skříni (zaznamenal by hodnotu ve skříni, která rozhodně bude jiná než v místnosti). Vlivem UV záření nebo teplem by mohlo dojít k poškození citlivé fólie detektoru. Bez zaznamenání data vyvěšení a sejmутí detektoru nelze zajistit správné vyhodnocení detektoru. Bez znalosti čísla detektoru nelze jednotlivé detektory vůbec rozlišit. Když detektor otočíme neaktivní stranou do místnosti, není schopen zaznamenat dopadající částice, naměřená nízká hodnota pak není reálná.



Při manipulaci s detektorem se nesmíme prsty dotýkat černé detekční fólie

# Molekulární genetik v procesu rozvoje rakoviny

V červnovém čísle bulletinu Radon jsme načrtli mechanismy, jimiž inhalovaný radon a produkty jeho přeměny poškozují buňky výstelky dýchacích cest a vytvářejí tak předpoklady pro rozvoj rakoviny plic. Slíbili jsme také, že se k problematice vrátíme a podíváme se podrobněji na děje, které se odehrávají v ozářených buňkách.

Už minule jsme se zmiňovali o významu mutací. Mutace je výraz z oboru genetiky a je tedy nejprve třeba objasnit některé pojmy z této oblasti. Můžeme se v této souvislosti vrátit až do r. 1865, kdy brněnský mnich Řehoř Mendel objevil geniálně sestavenými pokusy, že zevní znaky živých organismů jsou určovány dvojicí „informačních faktorů“ a že do této dvojice přispívá každý z rodičů jedním tímto faktorem. Tento objev zapadl a vrátili se k němu badatelé až na počátku 20. století. Pro Mendelův informační faktor byl zaveden pojem gen a pro kvalitu signálu neseného genem pojem alela. (Gen lze chápat jako určité místo – locus – v souboru genů, alelu se označuje konkrétní signál nesený genem, který má vztah k alternativní podobě určitého znaku. Existuje tedy např. gen pro barvu srsti, existují alely pro její barvu – hnědou, černou, bílou aj.). Každý zevní znak je tedy podmíněn párem genů, nesoucích dvě alely, každou z nich poskytl do základu jedince při oplození vajíčka jeden z rodičů.

## ● Objev kyseliny DNK

Zprvu nebyl znám materiální podklad genů v buněčném jádře. Přibližně v polovině minulého století se ukázalo, že gen lze ztotožnit s molekulou kyseliny DNK, která byla stručně charakterizována v dřívějším příspěvku. Gen je takový úsek řetězce DNK, který určuje jednu určitou strukturu (funkci) svého bílkovinného produktu, např. určuje syntézu určitého enzymu nezbytného pro řízení metabolismu. V roce 2001 byly zveřejněny nové informace o souboru genů (genomu) člověka. Ukázalo se, že v jádře každé lidské buňky je asi 30 000 genů. Každá lidská buňka obsahuje při svém vzniku tento úplný genom, složitým řízením se však v buňkách různých tkání aktivují během růstu a vývoje jedince jen určité

úseky genomu, takže v některých buňkách se produkuje, krevní barvivo, v jiných rohovina apod.

Jak souvisí uvedené informace s vývojem rakoviny? Už počátkem 20. století bylo zjištěno, že zhoubný kostní nádor kuřat, tzv. Rousův sarkom, je virového původu. O padesát let později byl objeven jednoduchý genom tohoto viru a bylo zjištěno, že o jeho schopnosti vyvolat nádor rozhoduje přítomnost jednoho určitého genu v genomu. Tak byl objeven první onkogen, gen schopný vyvolávat nádory. Dalším intenzivním badáním bylo zjištěno, že i lidský genom obsahuje řadu onkogenů a vedle toho i genů působících proti vzniku nádorů, takzvaných supresorů.

O tom, zda nádor vznikne, rozhoduje aktivace onkogenů, nebo chcete-li porušení rovnováhy mezi faktory působícími pro a proti rozvoji rakoviny. Předpokládá se, že vznik rakoviny je vícestupňový proces. Uplatňuje se při něm sled mutací, které v konečném důsledku vedou k neregulovanému dělení buněk a k agresivitě chorobné rakovinné tkáně. Po výše uvedeném výkladu můžeme dodat, že mutace se týká jednotlivých genů. Vyvolanou změnu informace, její zkomolení, lze chápat jako vznik nové atypické alely charakterizující onkogen.

## ● Zákeřná nemoc a dědičné vloh

Abychom se mohli vyjádřit k významu dědičných vloh pro vznik rakoviny, je třeba vysvětlit ještě jednu genetickou zákonitost. Pro manifestaci některých dědičných znaků je postačující, když ve dvojici genů je přítomna jediná alela určující daný znak (dědičnost od jednoho z rodičů, dědičnost dominantní). Můžeme si to názorně představit tak, že její „schopnost se prosadit“

je velmi intenzivní, že zcela překryje vliv druhé alely v páru. Jiné znaky se manifestují jen tehdy, když obě alely v páru shodně určují tentýž zevní znak – jako by jejich účinnost se sčítala (dědičnost od obou rodičů, recesivní). Shodná kvalita alel v páru se odborně označuje jako homozygotní zastoupení. Je-li přítomna jen jedna z těchto alel v páru (tj. v případě tzv. heterozygotního zastoupení), nemůže se znak, který je jí určován, prosadit. Pokud jde o onkogeny, vše svědčí pro to, že působí na rozvoj rakoviny druhým z uvedených mechanismů. V páru příslušného genu se musejí sejít dvě shodné alely, musí mít tedy homozygotní zastoupení. K tomu nejspíše dojde u jedinců, kteří od jednoho z rodičů zdědili jednu atypickou nepříznivou alelu (onkogen). Jsou tedy heterozygoty ve vztahu k této alele, takže onemocnění nádorem se u nich v souladu s pravidly recesivního typu dědičnosti neprojevuje. Když ovšem ozáření nebo jiný mutagenní faktor vyvolá u takového jedince v zasažené buňce (např. ve výstelce dýchacích cest při inhalační expozici) mutaci a vznik atypické nepříznivé alely, vznikne v této buňce párové zastoupení téže alely (člověk se stane ve vztahu k této alele homozygotem). Tím je dán předpoklad pro uplatnění onkogenu v procesu rozvoje nádoru. V lidské populaci se tedy předpokládá odlišná dispozice pro vznik nádorů. Jedinci, kteří nenesou žádné nepříznivé alely typu onkogenů jsou odolnější, jedinci, kteří nesou jednu nebo více takových alel (jsou v této souvislosti heterozygoti) jsou naopak disponováni pro pozdější onemocnění rakovinou.

## ● Objem informací roste

Příspěvek mohl načrtnout jen obrysy této problematiky, genetické mechanismy probíhají totiž velmi složitě. Objem informací v této oblasti je značný a dále se rozšiřuje. I z uvedeného je však patrné, že je už téměř v dohledu doba, kdy povaha rakoviny bude v podstatě objasněna. Tím by se vytvořil i předpoklad pro její účinnější prevenci a léčení.

Prof. MUDr. Vladislav Klener, CSc.



## OKÉNKO REDAKCE

### KVÍZ 3x o radonu Znáte správné odpovědi?

- |   |  |
|---|--|
| 1. Jak pokřtili naši fyzikové na začátku 20. století RADON?                         | a) NITONIUM<br>b) NATON<br>c) EMAN<br>d) NITON |
| 2. Radioaktivní plynný inertní prvek RADON byl objeven roku                         | a) 1850<br>b) 1900<br>c) 1920<br>d) 1945       |
| 3. RADON vzniká při rozpadu rádia. Tento prvek objevila M. Curieová-Sklodovská roku | a) 1848<br>b) 1868<br>c) 1898<br>d) 1918       |

Řešení: 1/d, 2/b, 3/c.