

EXTRAKCE RADONU Z PRAMENITÉ VODY DO ROSTLINNÝCH OLEJŮ: PŘÍPRAVA VYSOCE ÚČINNÝCH AKTIVNÍCH PREPARÁTŮ PRO LÉČEBNÉ ÚČELY

EXTRACTION OF RADON FROM SPRING WATER INTO VEGETABLE OILS: PRODUCTION
OF HIGHLY ACTIVE PREPARATIONS FOR MEDICAL PURPOSES

Viktor Goliáš¹, Martin Přechek², Ivo Hlásenský³

¹*Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů, Přírodovědecká fakulta, Univerzita
Karlova, Albertov 6, 128 43 Praha 2: wiki@natur.cuni.cz*

²*ELI Beamlines Facility, Extreme Light Infrastructure ERIC, Za Radnicí 835, 252 41 Dolní Břežany:
martin.precek@eli-beams.eu*

³*DEKONTA, Dřetovice 109, 273 42 Stehelčevy: hlasensky@dekonta.cz*

Abstrakt: Pouhé radonové vody mohou být pro terapii v některých případech málo účinné, proto byla provedena série experimentů s extrakcí radonu z vody do rostlinných olejů (olivového, slunečnicového a řepkového). Jednoduchými experimenty ve skleněné třepačce bylo dosaženo koncentračních faktorů v rozmezí 16 -18. Nejaktivnější preparát dosáhl 213 kBq/l ²²²Rn.

Abstract: Radon-rich water alone may not be sufficiently effective for therapy in some cases; therefore, a series of experiments was conducted to extract radon from water into vegetable oils (olive, sunflower, and canola). Simple experiments using a glass shaker yielded concentration factors ranging from 16 to 18. The most active preparation reached 213 kBq/l of ²²²Rn.

Klíčová slova: radon, radioaktivita, léčba, balneologie, extrakce, rostlinné oleje

Key words: radon, radioactivity, healing, balneology, extraction, vegetable oils

1. Úvod

Karcinogenita radonu (²²²Rn) v obytných prostorech již byla vědecky vyvrácena. Pozitivní korelace mezi radonem a rakovinou plic je pouze hypotézou založenou na teorii LNT (teorie lineární závislosti bez prahové hodnoty). Při použití bezpředpokladové bayesiánské statistické analýzy žádná korelace neexistuje (Fornalski a Dobrzyński 2011). Potvrdila to také (v té době) metaanalýza všech třiceti dvou studií o radonu (Dobrzyński et al. 2018). Nové studie dokládají, že teorie LNT se v oblasti nízkých dávek již dlouhou dobu nachází v hluboké krizi, na což poukazuje již velká část odborné radiační komunity (Calabrese 2021). Stejně tak i v České republice slouží v současné době přetrvávající, do legislativy v 90. letech prosazené tažení proti radonu a související regulace již jen jako prostředek ke strašení obyvatel "nebezpečím" nízké radioaktivity, a to jak z politických tak i ideologických důvodů.

Naproti tomu se radon v balneologii úspěšně využívá již od roku 1905 (Becker 2004). Radonová lázeňská střediska se nacházejí po celém světě: Schlemma, Siblyenbad, Bad Brambach (Německo), Bad Gastein (Rakousko), Radon Mine Montana (USA), Jáchymov (Česko), Ischia, Lurisia (Itálie), Kowary (Polsko), Misasa (Japonsko) a na dalších místech. V závislosti na dostupném zdroji radonu se radonová terapie aplikuje formou inhalací, pitných kúr a nejoblíbenějších radonových koupelí (György 2018, Przylibski 2018). Díky radiační hormezí přináší komplexní terapeutické účinky spojené s aktivací a modulací imunitního systému (Maier et al. 2021, Danaubauer et al. 2024). Velmi důležité je také snížení dávek léků, protože po radonové terapii dochází ke zmírnění bolesti (Deloch et al. 2022). Biochemické mechanismy, které vedou k úlevě od bolesti a zahájení hojivých procesů, jsou dnes rovněž poměrně dobře pochopeny (Maier et al. 2021, Danaubauer et al. 2024). V každém případě přínosy radonové terapie převažují nad teoretickými (nízkými) riziky vypočítanými podle lineární bezprahové teorie (LNT) (Scott 2025).

Domníváme se, že v některých případech (např. při lokálních aplikacích) může být aktivita radonu v přírodních zdrojích pro účinnější léčbu nedostatečně nízká. Rozhodli jsme se proto vyrobit z přírodního zdroje přípravek s výrazně vyšší aktivitou. Vysoká afinita radonu k organickým látkám, zejména k nenasyceným mastným kyselinám, je známa již dlouho (Nussbaum a Hursh 1958). Z tohoto důvodu jsme provedli terénní experimenty zaměřené na extrakci radonu metodou kapalina-kapalina do olivového a jiných rostlinných olejů.

2. Metodika

Jako přírodní, virtuálně nekonečné zdroje radonu byly využity dva přírodní prameny – povrchové vodní zdroje s nejvyššími známými aktivitami radonu v České republice, které se nacházejí v pohoří Smrčiny/Fichtelgebirge (Západní Čechy): pramen Břetislav (*2016, <https://www.estudanky.eu/11000-radonka-pramen-bretislav>) v Plesné a pramen Pod Skalou (*2017 <https://estudanky.eu/12362-pramen-pod-skalou>) ve Skalné. Oba jsou studené (8–10 °C), nízké mineralizované (kolem 100 mg l⁻¹), hydrochemického typu Ca-Na-SO₄. Pramen Břetislav má průtok 2,4–5,2 l min⁻¹ a aktivitu ²²²Rn v rozmezí 11,4 až 13,1 kBq l⁻¹. Pramen Pod Skalou má průtok 0,94–3,8 l/min a aktivitu ²²²Rn v rozmezí 4,5 až 10 kBq/l.



Obr. 1 Vypouštění vody po separaci fází po sedmé extrakci. V důsledku hydrolyzy je vodní fáze mléčně zakalená, olivový olej tvoří vrstvu na hladině.

Fig. 1. Water discharge after phase separation after the seventh extraction. The oil floats on top and water is already milky cloudy.

Extrakce byly prováděny ve 2 litrové dělicí nálevce (třepačce), vždy 2 litry vody a počátečně 100 ml oleje. Směs byla 1 minutu promíchávána, pak následovala separace fází, vypuštění vodné fáze a vzorkování 1 ml oleje do lahvičky s LSC scintilátorem Ultima Gold F (Perkin Elmer). Následovalo další nalití čerstvé vody a další kolo extrakce. Bylo provedeno 9 za sebou následujících extrakcí.

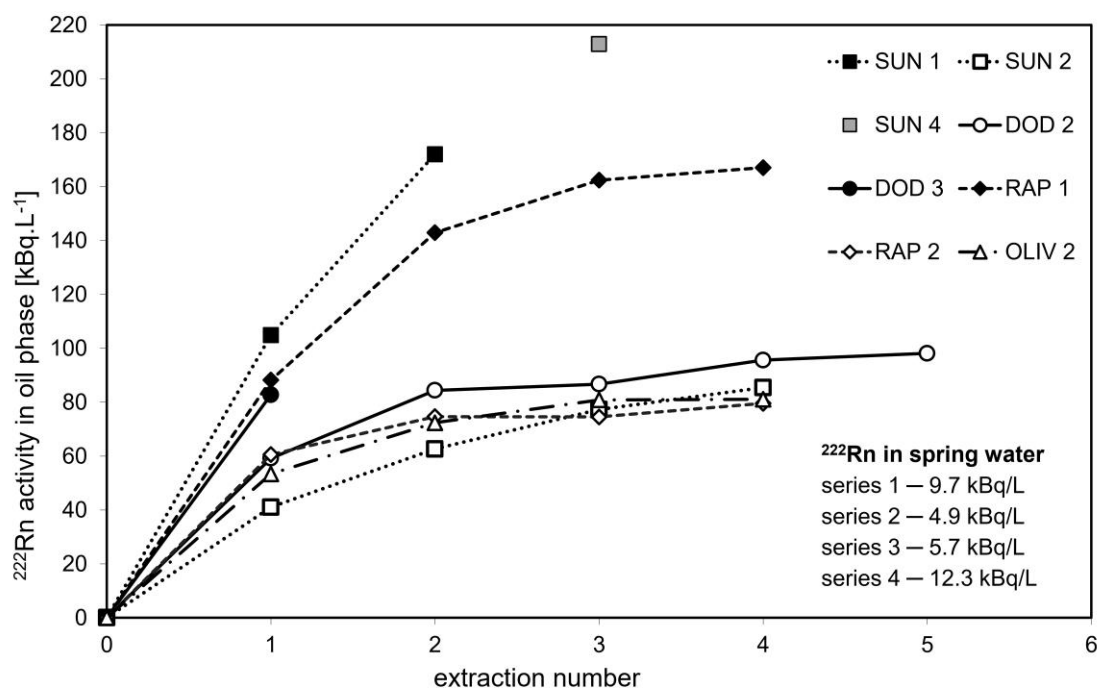
Aktivita radonového oleje byla měřena večer na základně na LSC spektrometru TRIATHLER (Hidex, Finsko). Byly zkoušeny olivový, slunečnicový a řepkový olej a n-dodekan pro porovnání. Byly také testovány různé způsoby promíchávání fází.

3. Výsledky

Bylo zjištěno, že rostlinné oleje jsou radonem zcela nasyceny (saturovány) již po 3. až 4. extrakci; další následné extrakce pouze způsobují hydrolyzu olejů a jejich ztráty, jež dosáhly po 9. extrakci až 30 %.

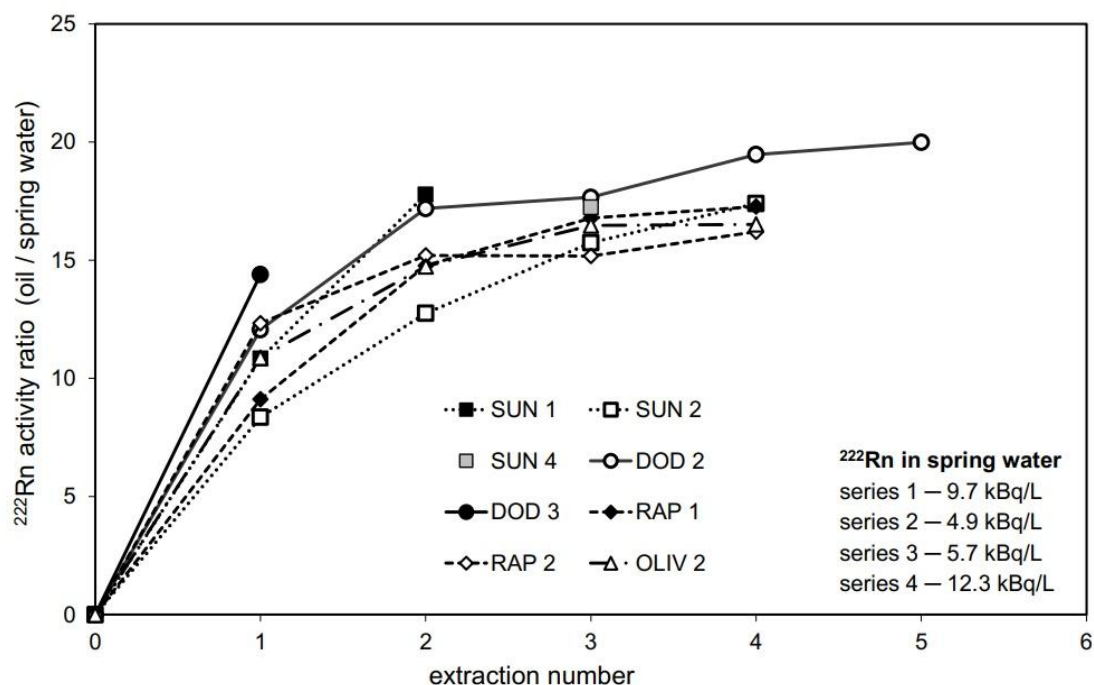
Promíchávání vzduchovou bublinou způsobovalo ztráty radonu. Jako optimální řešení se ukázalo promíchávání zpevňovačem mléka přes nálevní otvor, kdy nálevka byla umístěna stacionárně na kovovém stojanu. Tím byl omezen styk promíchávané směsi se vzduchem i omezeno nebezpečí jejího vyklouznutí z ruky. Po optimalizaci metodiky trvalo provedení následných čtyř extrakcí okolo 20 minut a ztráty činily pouze 8 – 13 % oleje.

Byly naměřené kinetické křivky dokumentující proces extrakce (Obr. 2) a spočítány extrakční poměry (Obr. 3). Poněkud oproti očekávání se neukázal olivový olej jako nejlepší, ale všechny oleje měly podobné extrakční charakteristiky s extrakčními poměry 16,7 až 18. Dodekan dosáhl extrakčního poměru 20. Absolutní aktivity připravených preparátů byly různé, podle aktivity použité zdrojové vody. Nejaktivnější preparát (slunečnicový olej) dosáhl 213 kBq/l ²²²Rn.



Obr. 1 Extrakční křivky měřené na základě alfa-aktivity ^{222}Rn oleji: SUN = slunečnicový olej, DOD = *n*-dodekan, RAP = řepkový olej, OLIV = olivový olej; čísla odpovídají vodní aktivitě v jednotlivých experimentálních sériích.

Fig. 2. Extraction curves measured by ^{222}Rn alpha activity in oil: SUN = sunflower oil, DOD = *n*-dodecane, RAP = rapeseed oil, OLIV = olive oil; number labeling corresponds to the water activity during each experimental series.



Obr. 2 Aktivitní poměry vypočítané vydělením skutečné objemové aktivity ^{222}Rn v oleji původní specifickou aktivitou v pramenité vodě: SUN = slunečnicový olej, DOD = *n*-dodekan, RAP = řepkový olej, OLIV = olivový olej; čísla odpovídají vodní aktivitě v jednotlivých experimentálních sériích.

Fig. 2. Activity ratios calculated by dividing the actual specific activity of ^{222}Rn in oil by the original specific activity in spring water: SUN = sunflower oil, DOD = *n*-dodecane, RAP = rapeseed oil, OLIV = olive oil; number labeling corresponds to the water activity during each experimental series.

4. Diskuse

Ověřené experimentální extrakční uspořádání s omezeným kontaktem se vzduchem vzduchu a snížením počtu následných extrakcí na čtyři se ukázalo jako prozatím nejlepší, a to jak díky snížení ztrát oleje v důsledku hydrolýzy, tak i zvýšením extrakčního poměru na 16,2–18. Není překvapením, že se jako nejlepší extrakční činidlo osvědčil n-dodekan, který dosáhl poměru aktivity 20 a ukázal tak limity použité metodiky.

V odborné literatuře se často uvádí ještě vyšší rozdělovací koeficient radonu mezi olivovým olejem a vodou – konkrétně 45 (Schubert et al. 2007). Vždy existuje prostor pro zlepšení a zvažujeme nové, ještě účinnější experimentální uspořádání. Pokud má někdo z našich čtenářů dobrý nápad, prosíme, kontaktujte autory.

4.1 Možnosti použití a terapeutický potenciál extraktu z radonového oleje

Je velmi pravděpodobné, že kromě vyšší terapeutické účinnosti dané mnohem vyšší aktivitou radonu bude také absorpce radonu z oleje jako transdermálního nosiče vyšší než z vody, jelikož pronikání oleje lidskou kůží jako lipofilním médiem je snazší, jak již bylo několikrát prokázáno (Herman a Herman 2015, Hasan a Farooqui 2021). Tento radonový přípravek bude proto obzvláště vhodný pro lokální aplikaci jako intenzivní léčebná terapie, například ve formě masáží nebo obkladů (kompresů). Svou intenzitou a účinností se aplikace radonového oleje bude řadit mezi radonové koupele a brachyriumterapii (aplikace radiových přípravků na povrch těla), která se v Lázních Jáchymov stále používá jako *ultimum refugium* (Jandová 2009). Naše předběžné výsledky byly představeny a terapeutický potenciál byl projednán s lázeňskými lékaři na konferenci Vincenze Priessnitze v Jeseníku (Česká republika) dne 7. října 2022. Od té doby také spolupracujeme s lázeňskými terapeuty v lázních Františkovy Lázně (nacházející se v blízkosti pramenní oblasti) na vývoji experimentální lázeňské kúry s využitím tohoto aktivovaného oleje.

5. Závěr

Bylo prokázáno, že pomocí jednoduché klasické metody extrakce kapalina-kapalina lze vyrobit účinný radonový přípravek s vysokým terapeutickým potenciálem. Je zřejmé, že připravené terapeutické přípravky z radonového oleje musí být čerstvé; Vzhledem ke krátkému poločasu rozpadu radonu (3,8 dne) je lze pravidelně připravovat všude tam, kde je k dispozici přírodní léčivý zdroj radonové vody. Tento radonový olej má vysoký potenciál pro léčení a zlepšení kvality života lidí.

Poděkování: Děkujeme za pomoc a příznivé podmínky obcím Plesná a Skalná a jejím obyvatelům a místním strážcům pramenů, děkujeme také LČR za podporu finanční i materiální. Velký dík náleží všem příznivcům radioaktivních pramenů nezištnou pomoc v terénu a jejich vytrvalou podporu.

Seznam literatury

- Fornalski KW, Dobrzyński L (2011): *Pooled Bayesian analysis of twenty-eight studies on radon induced lung cancers. Health Phys* 101(3):265-273.
- Dobrzyński L, Fornalski KW, Reszcyńska J (2018): *Meta-analysis of thirty-two case-control and two ecological radon studies of lung cancer. J Radiat Research* 59(2):149-163.
- Calabrese EJ (2021): *LNT and cancer risk assessment: Its flawed foundations part 2: How unsound LNT science became accepted. Environ Research* 197: 111041.
- Becker K (2004): *One century of radon therapy. Int J Low Radiat* 1:334–357.
- György C (2018): *Hormesis and immunity: A review. A Microbiol Immunol Hungar* 66:155–168.
- Przylibski TA (2018): *Radon: A radioactive therapeutic element. In: Gilmore GK, Perrier FE, Crockett RGM (eds) Radon, Health and Natural Hazards. Geol Soc London, Spec Publ* 451:209–236.
- Maier A, Wiedemann J, Rapp F, Papenfluss F, Rödel F, Hehlhans S, Gaipl US, Kraft G, Fournier C, Frey B (2021): *Radon exposure – Therapeutic effect and cancer risk. Int J Mol Sci* 22/1. 316.
- Donaubauer AJ, Becker I, Klein G, Voll RE, Weigl L, Klierer M, Barzangi S, Zhou JG, Fietkau R, Gaipl US, Frey B (2024): *Effects of serial radon spa therapy on pain and peripheral immune status in patients suffering from musculoskeletal disorders – results from a prospective, randomized, placebo-controlled trial. Front Immunol* 15:1307769.
- Deloch L, Hehlhans S, Ruckert M, Maier A, Hinrichs A, Flohr AS, Eckert D, Wiessmann T, Seeling M, Nimmerjahn F, Fietkau R, Rödel F, Fournier L, Frey B, Gaipl US (2022): *Radon improves clinical response in an animal model of rheumatoid arthritis accompanied by increased numbers of peripheral blood B cells and interleukin-5 concentration. Cells* 11(4), 689.
- Scott BR (2025): *Radiophobia harm, its main cause, and a proposed solution. Dose-Response* 23/1:1-30
- Nussbaum E, Hursh JB (1958) *Radon solubility in fatty acids and triglycerides. J Phys Chem* 62:81-84.

Schubert M, Lehmann K, Patschke A (2007): *Determination of radon partition coefficients between water and organic liquids and their utilization for the assessment of subsurface NAPL contamination. Sci Total Environ* 1-2:306-316.

Hinrichs A, Schmidt M, Papenfluss F, Roth M, Fournier C, Kraft G, Maier A. (2023): *Radon solubility in different tissues after short term exposures. Int J Environ Res Public Health* 20(3), 1773.

Herman A, Herman AP (2015): *Essential oils and their constituents as skin penetration enhancer for transdermal drug delivery: A Review. J Pharm Pharmacol* 67(4):473-485.

Hasan A, Farooqui H (2021): *A Review on role of essential oil as penetration enhancer in transdermal drug delivery system. Sys Rev Pharm* 12(8):439-444.

Jandová D (2009): *Balneologie. Grada publishing. Praha*