

Radon-predpisi, izkušnje

Celje, 15. oktober 2019 (Tomaž Šutej)

Uprava RS za varstvo pred sevanji

- **Izhodišča - tveganje za pljučnega raka**
- **Vrednotenje sevalnega tveganja**
- **Evropski in slovenski predpisi**
- **Načeli upravičenosti in optimizacije**
- **Zračenje in tesnjenje tal - izkušnje**
- **Podtlak pod talno konstrukcijo - glavni ukrep**

Izhodišča

Enota za aktivnost:

1 Becquerel [Bq = s⁻¹] je en razpad (jedrski energijski prehod ...) radioaktivnih atomov v sekundi. (²²²Rn: 476.200 atomov ↔ 1 Bq)

Enota za sevalno obremenitev (efektivno dozo):

1 Sievert [Sv = J/kg] je količina energije od ionizirajočega sevanja v enoti mase, pomnožena z biološkimi učinki na organe ter povprečena po vseh organih.

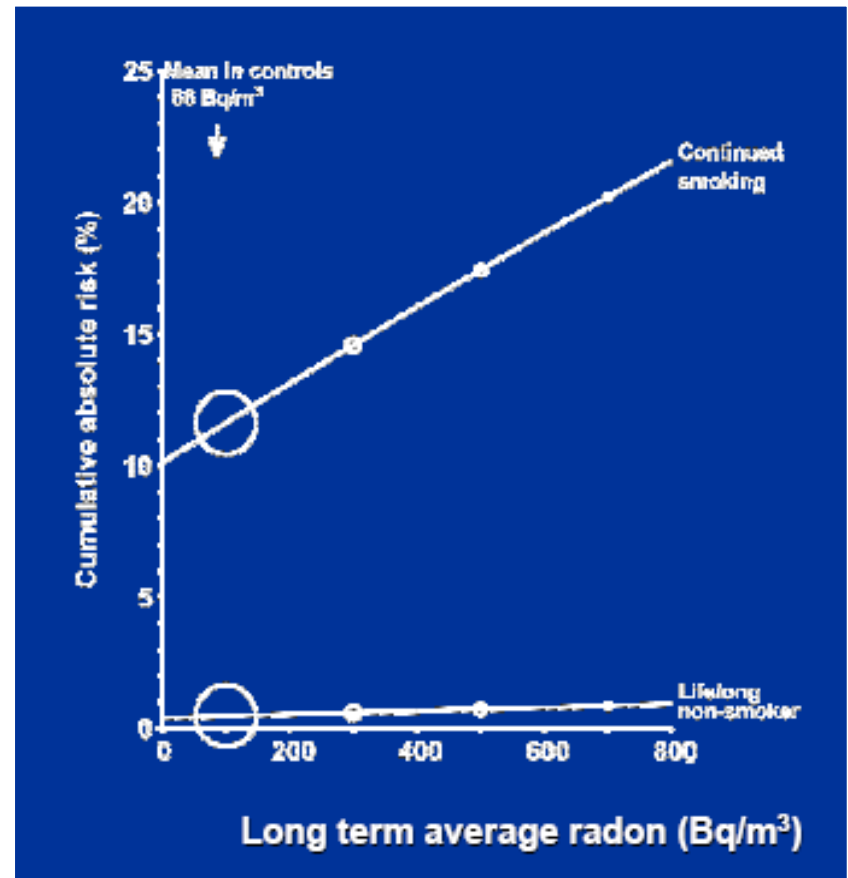
Pomembni referenci:

- Radon in homes and risk of lung cancer: Collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies, Sarah Darby *et al.*, British Medical Journal, Oxford, December 2004.
- World Health Organisation (WHO), Handbook on Indoor Radon – A Public Health Perspective, Geneva, 2009. (< 100 Bq/m³!)

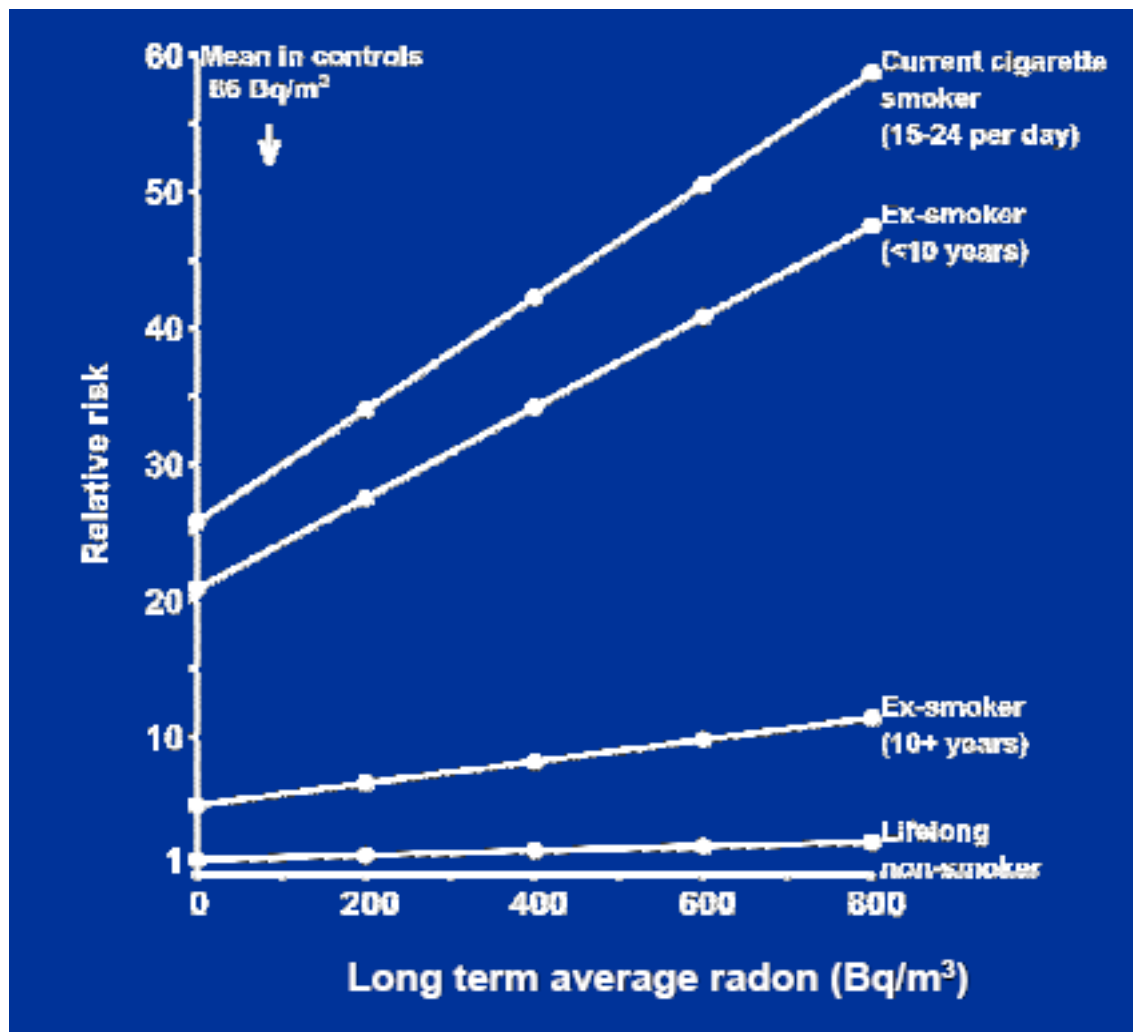
Tveganje za pljučnega raka

(EU – skupna študija 26 avtorjev iz 9 evropskih držav:
GB, SF, E, F, I, S, D, A, CZ, december 2004)

Vsebnost radona [Bq/m ³]	Moški, 75 let	
	Neka-dilec	Kadilec
0	0,4%	10%
200	0,6%	13%
400	0,8%	16%
600	1%	19%



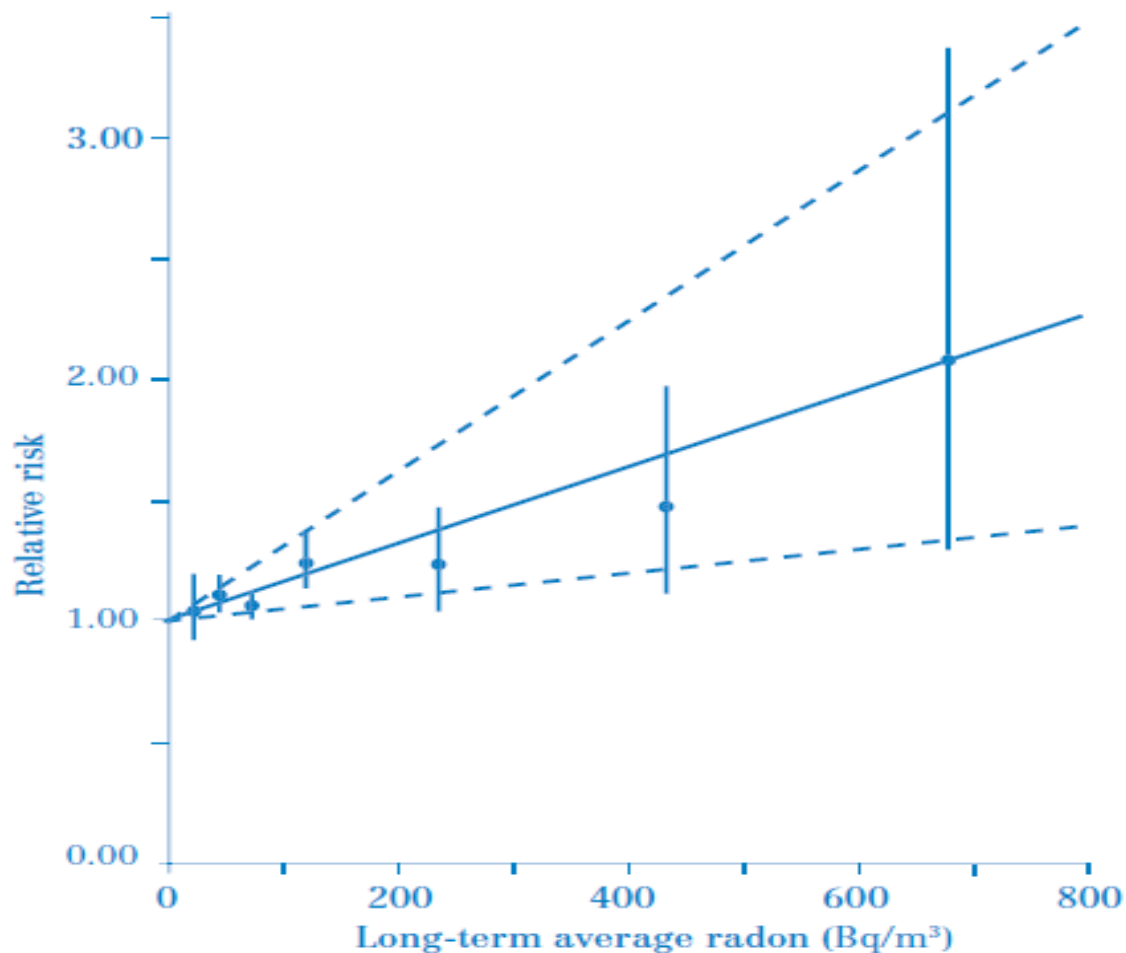
Relativno tveganje za pljučnega raka



- kadilec (15-24 cigaret/dan)
- bivši kadilec (< 10 let)

- bivši kadilec (> 10 let)
- nekadilec

Relativno tveganje z negotovostjo



Source: Darby et al. 2005

Relative risks and 95% confidence intervals are shown for categorical analyses and also best fitting straight line. Risks are relative to that at 0 Bq/m³.

Poenostavljene ocene za Slovenijo

Nekadilcev je okrog 75%, kadilcev okrog 25%.

Bivalnih prostorov z vsebnostjo radona pod 200 Bq/m³ je okrog 90%, nad 200 Bq/m³ pa okrog 10%.

Tveganja po skupinah:

Nekadilci, pod 200 Bq/m³: $\approx 0,75 \times 0,9 \times 0,5\% \approx 0,34\%$

Nekadilci, nad 200 Bq/m³: $\approx 0,75 \times 0,1 \times 1\% \approx 0,08\%$

Kadilci, pod 200 Bq/m³: $\approx 0,25 \times 0,9 \times 10\% \approx 2,25\%$

Kadilci, nad 200 Bq/m³: $\approx 0,25 \times 0,1 \times 20\% \approx 0,50\%$

Poenostavljene ocene za Slovenijo

- 2,1 milijona prebivalcev. Vsako leto umre okrog 20-21.000 ljudi. Za pljučnim rakom vsako leto umre okrog 1300 ljudi (kar je 6,5%), od tega
 - od kajenja: $900 + 200/2 = 1000$ (800 – 1100);
 - od radona - kadilci: $200/2 = 100$ (70-130)!
 - od radona - nekadilci: 30 (20-50);
 - od drugih vzrokov: 140 (100-170).

Torej: okrog **90-180 ljudi letno** umre zaradi radona.
Zaradi prometnih nesreč jih umre okrog 90-150.

Vrednotenje sevalnega tveganja

- Vrednost človeškega življenja (razviti svet): 1-10 M€ (avtomobilska zavarovalnica nas ceni ≈ 2 M€, delodajalec podobno: ≈ 40 k€/leto $\times 40$ let $\approx 1,6$ M€, zdravstvena zavarovalnica v Britaniji: 25-30 k£/leto).
- Škodljivost doze: Pri 1 Sv je verjetnost za smrt $\approx 5\%$, pri 1 mSv statistično $\approx 0,05\%$;
Jedrska industrija: 1 mSv nad ozadjem \leftrightarrow 200 US\$, 1 mSv nad desetim mSv \leftrightarrow 2000 US\$ (odpor raste).
- Ocena škodljivosti: $2 \text{ M€}/2 \text{ Sv} = 1000 \text{ €/mSv}$
(velikostni red, razpon med 100 in 5.000 €/mSv).

Evropski in slovenski predpisi

Basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, [EU Council Directive 2013/59/Euratom](#), OJ L 13, 17.1.2014, Bruselj.

Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-1 in 1A, Ur.l. RS, št. 76/17; 26/19).

Radon: 94 zadetkov; Jedro vsebine je v členih 66-73.

Uredba o nacionalnem radonskem programu (Ur.l. RS št. 18/18; 86/18).

Referenčna (opozorilna) povprečna vrednost **300 Bq/m³**.

Načeli upravičenosti in optimizacije

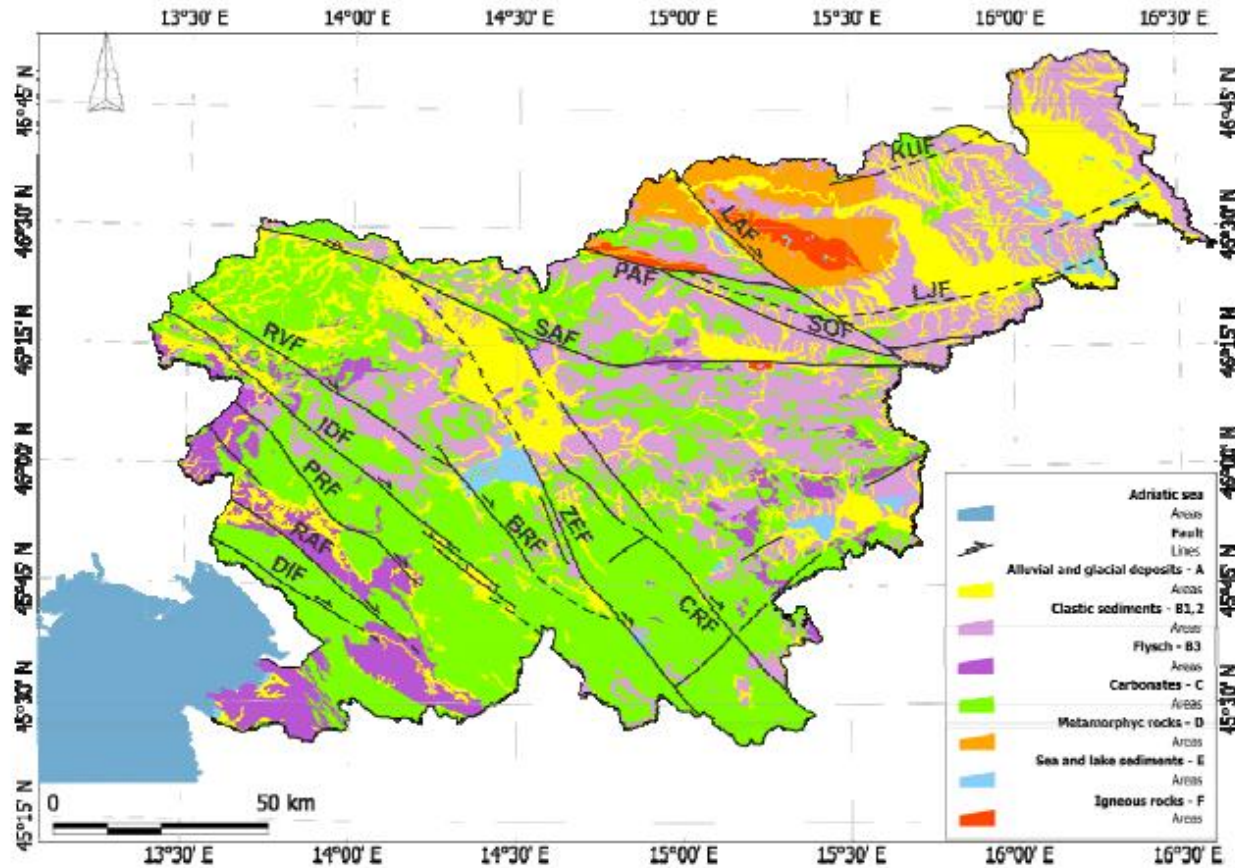
Ukrepi morajo družbi in posameznikom prinesiti večje gospodarske, socialne in druge koristne učinke glede na škodo za zdravje, ki jo povzroči sevalna obremenjenost: korist > škoda.

Optimizacija: korist/škoda >> 1.

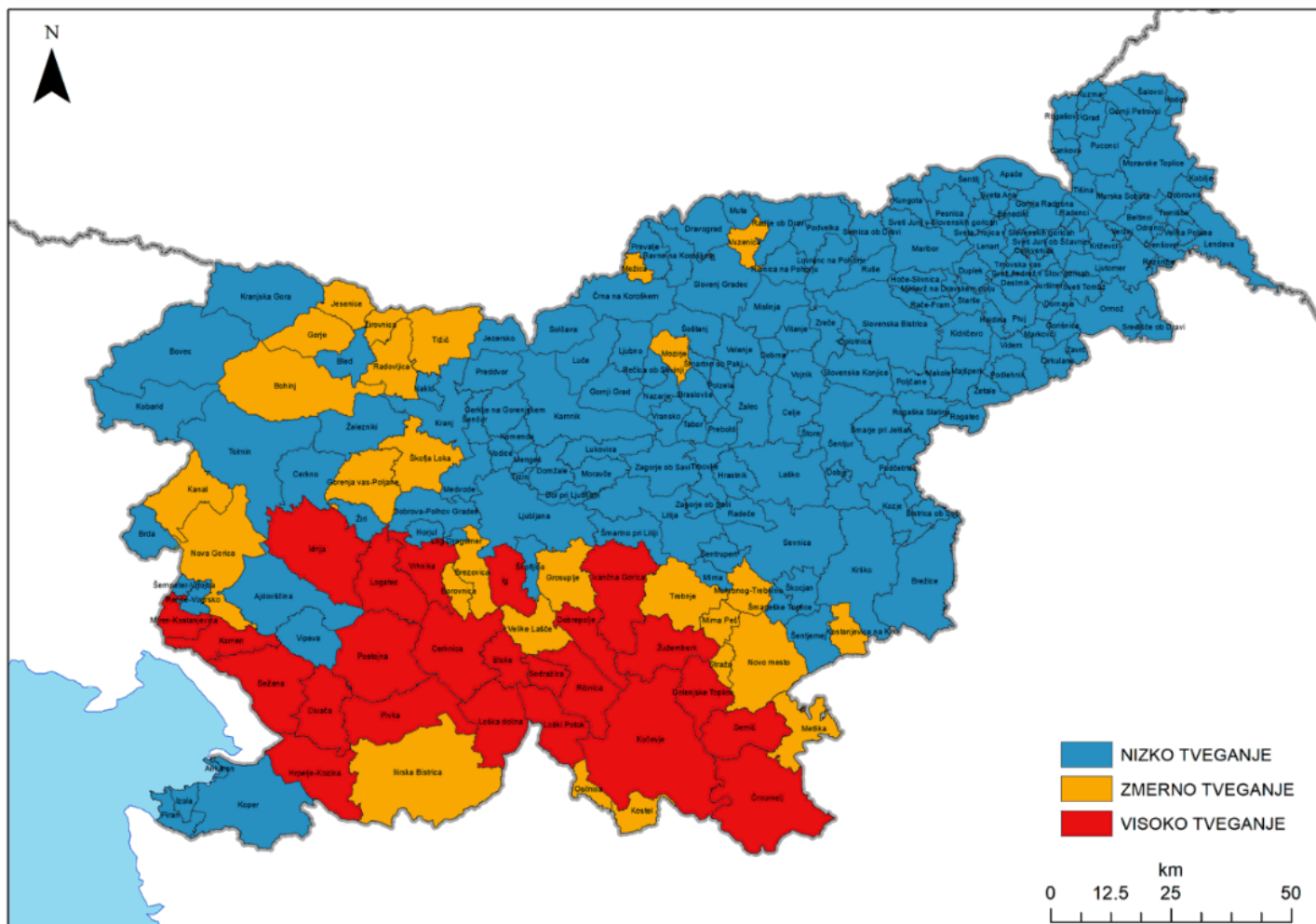
Radon: **Stroški** ukrepov morajo biti manjši od pozitivnega učinka daljšega in kakovostnejšega življenja z zmanjšanjem tveganja za nastanek in zdravljenje raka zaradi sevalne obremenjenosti.

Litološki zemljevid Slovenije

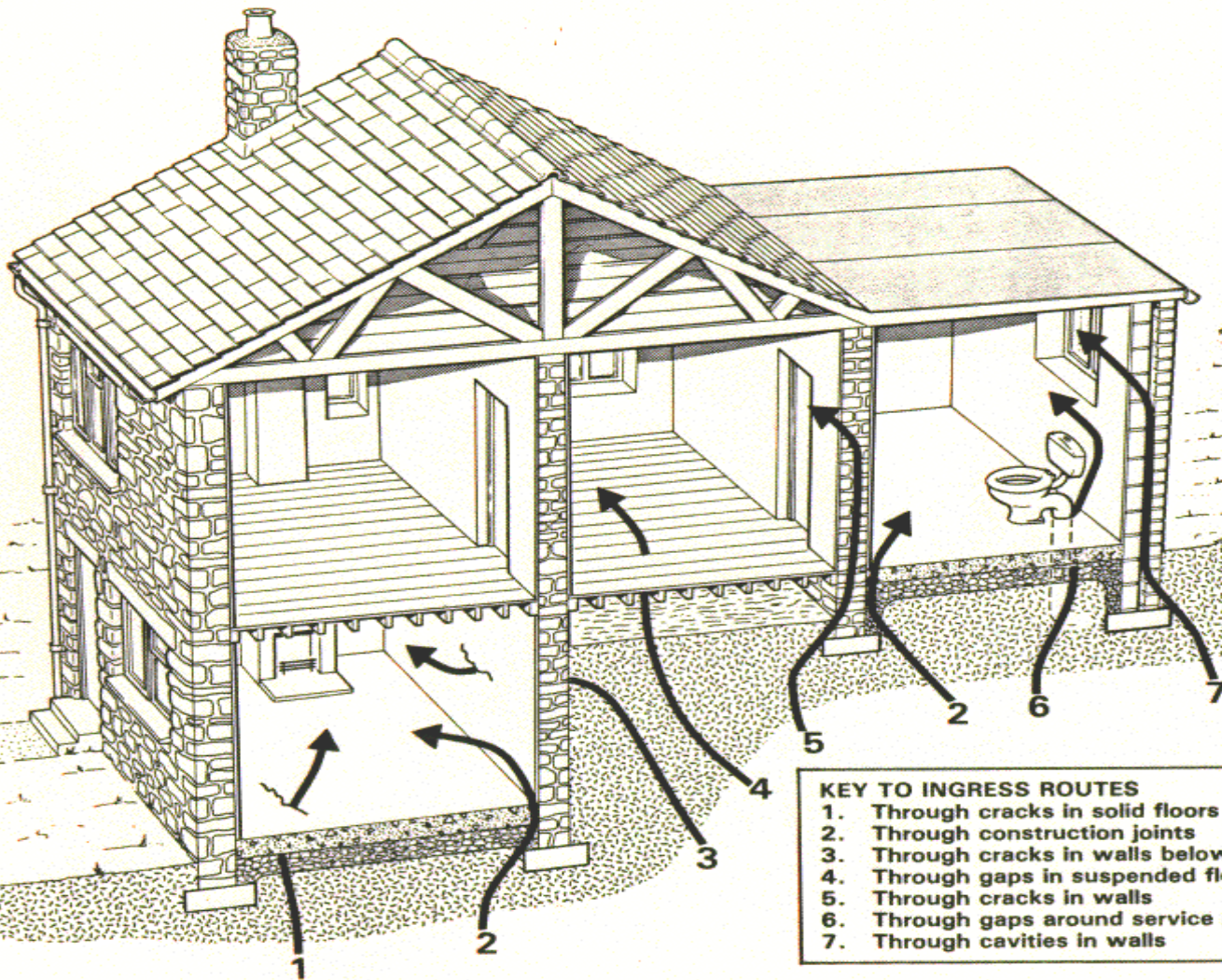
Lithology map of Slovenia



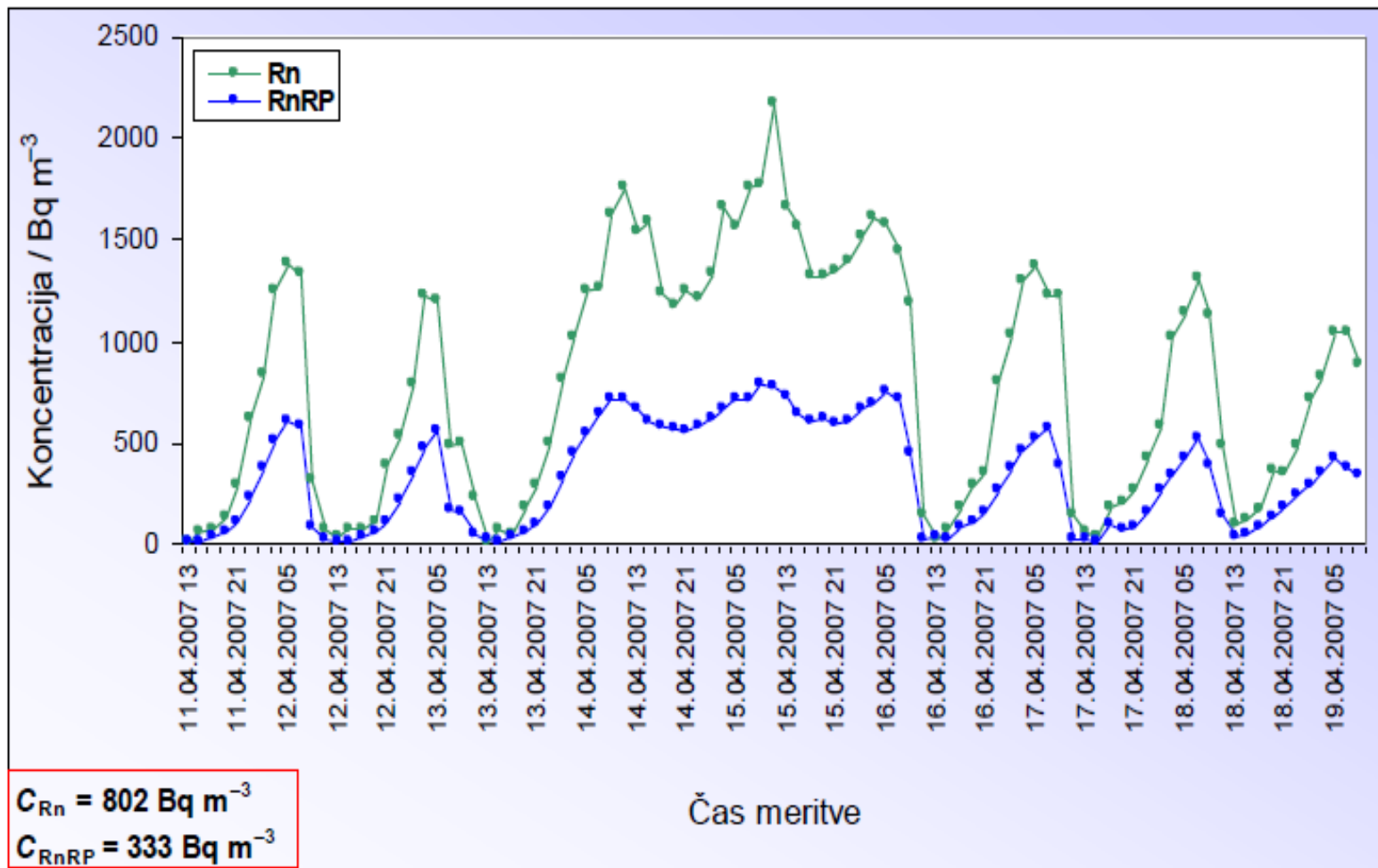
Območja z več radona



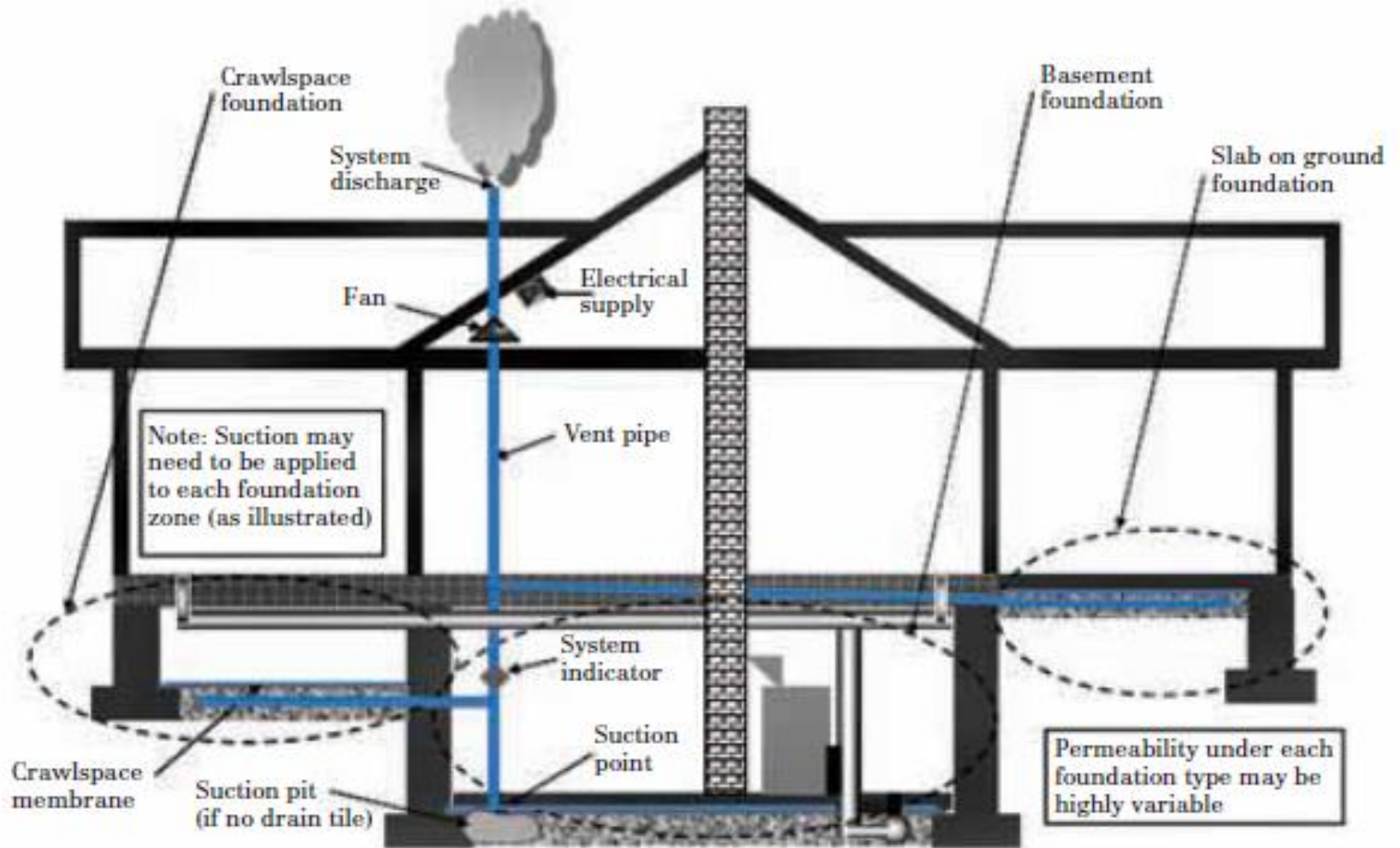
Poti radona v zgradbo



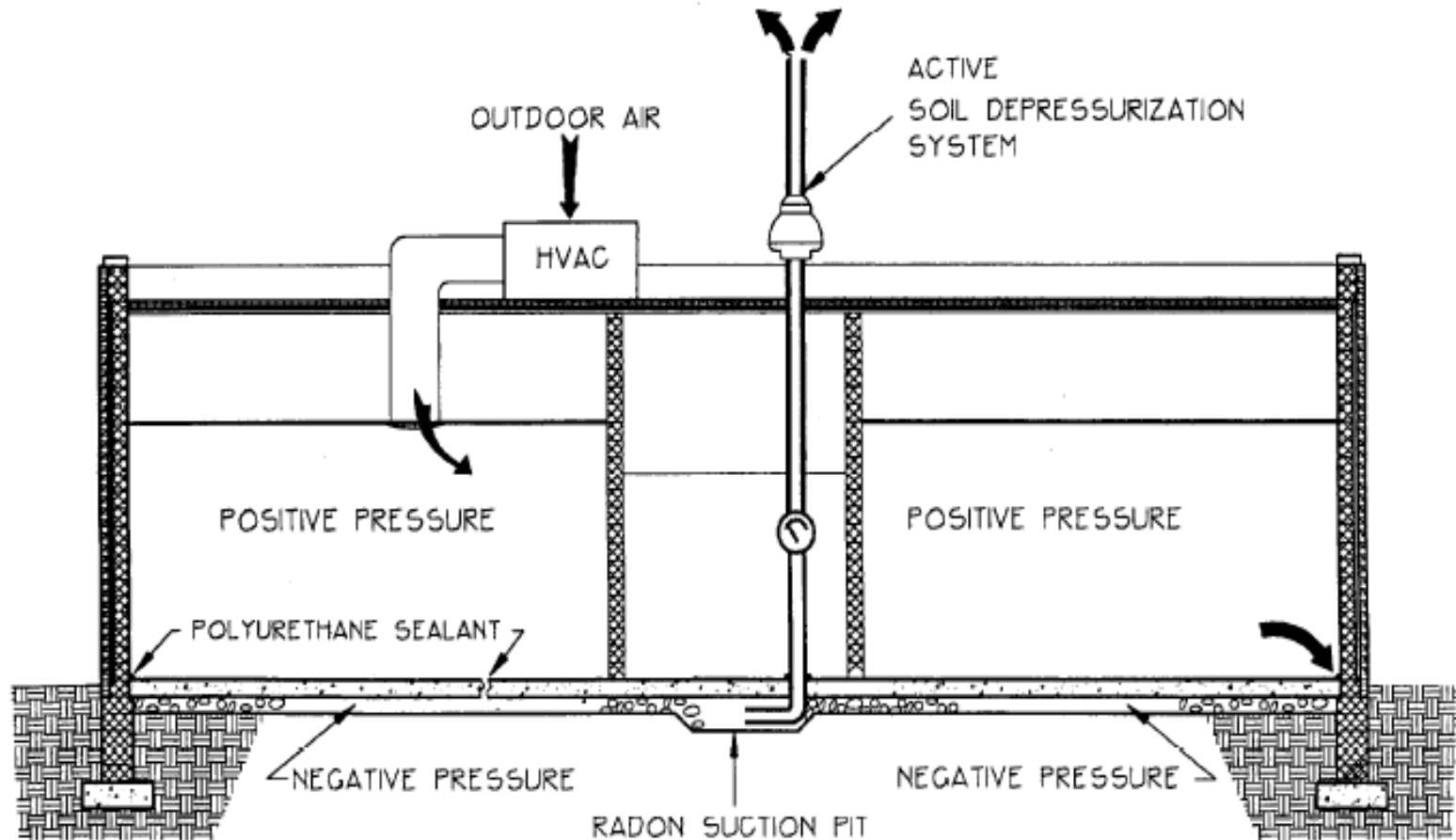
Prezračevanje kot pomožni ukrep



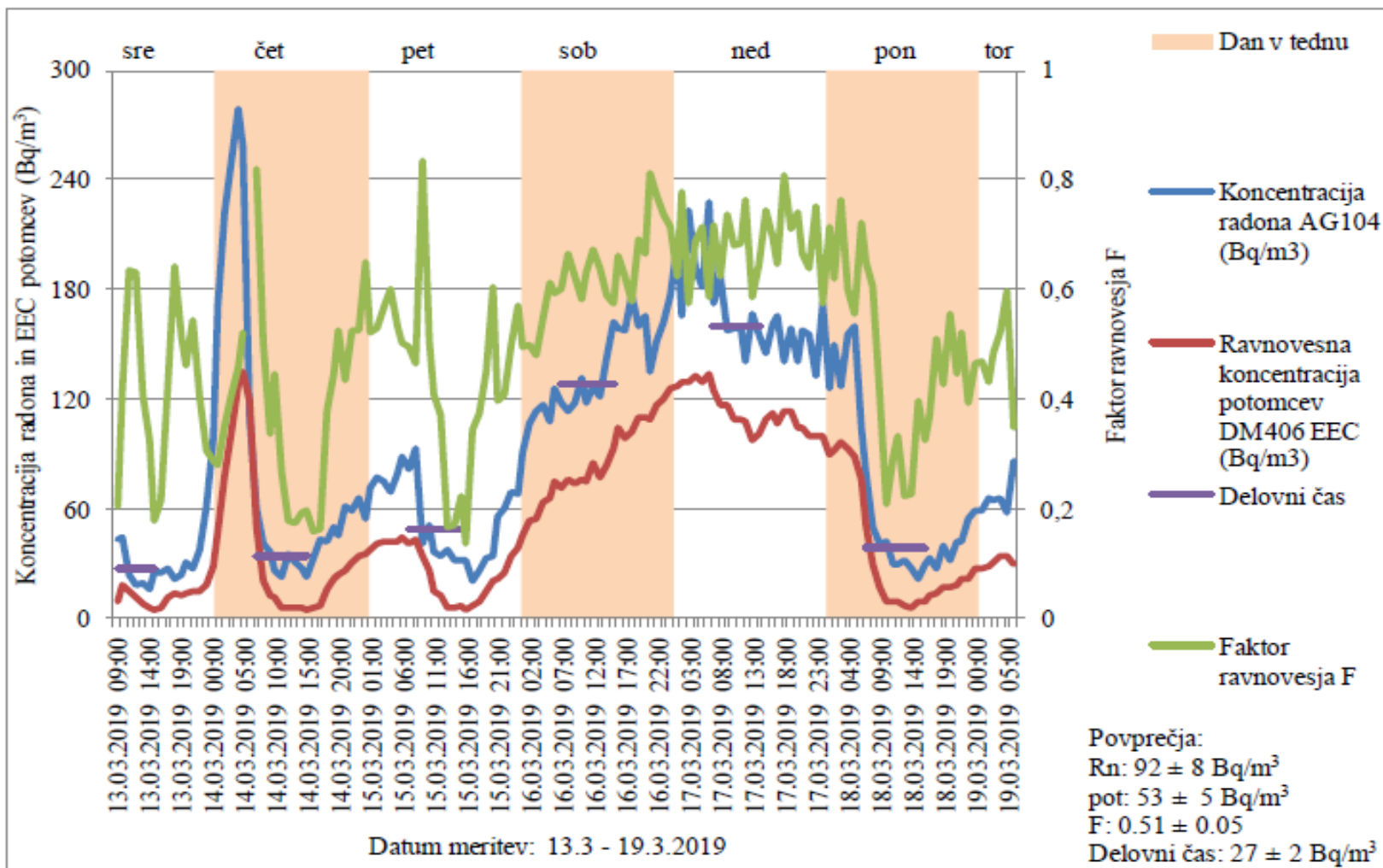
WHO: Podtlak pod zgradbo



ZDA: Podtlak pod zgradbo



Po vgradnji sistema prezračevanja



Sanacija kot upravičen ukrep

Primer: Učinkovita sanacija enega razreda v šoli

Vhodni podatki (zaokroženi):

- Razred (24 učencev in učiteljica), pred sanacijo **1000 Bq/m³**, po njej **100 Bq/m³**.
- Čas: 5 ur/dan × 5 dni/teden × 35 tednov = 875 ur.
- Ocena letne doze pred sanacijo: 2,6 nSv/Bq × 1000 Bq/m³ × 1,2 m³/h × 875 h **≈ 2,7 mSv**.
- Po njej: **≈ 0,27 mSv**.

Sanacija kot upravičen ukrep

Izračun (ocena) zdravstvene škode:

- Škodljivost $\approx 1000 \text{ €/mSv}$ (velikostni red).
- Škoda: $1000 \text{ €/mSv} \times 2,7 \text{ mSv/osebo} \times 25 \text{ oseb} =$
 $= \textbf{67.500 €/leto!}$
- Prezračevanje škodo \sim razpolovi ($\sim 33 \text{ k€/leto}$).
- Sanacija jo zmanjša vsaj 10-krat ($\approx 6,75 \text{ k€/leto}$).

Sklep: Strošek sanacije učilnice je upravičen tudi pri znatno nižji vsebnosti radona od 1000 Bq/m^3 .