

ANALIZA COST-BENEFICIU A PROGRAMULUI DE REMEDIERE A RADONULUI REZIDENȚIAL DIN ZONA MINIERĂ BĂIȚA-BIHOR (ROMANIA)

Tiberius DICU¹, Constantin COSMA¹, Alexandra CUCOȘ (DINU)¹, Robert BEGY¹, Botond PAPP¹, Mircea MOLDOVAN¹, Dan Constantin NIȚĂ¹, Ciprian CÎNDEA¹, Dan FULEA¹, Carlos SAINZ^{1,2}

¹Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului,

²Universitatea Cantabria, Facultatea de Medicină, Santander, Spania

Abstract: A cost-effectiveness analysis of a residential radon remediation programme in Băița-Bihor (Romania) mining area. Radon is a naturally occurring radioactive gas that is emitted from certain types of rock. Depending on geophysical conditions, radon can migrate from the soil through leakages in the building. On average, radon contributes with 50% to the natural background radiation dose. The purpose of this paper is to estimate the cost effectiveness of different intervention strategies to reduce radon concentrations in 20 dwellings in Băița area (Bihor). The analysis of cost-effectiveness, cost per life-year gained, is determined from radon test results obtained with the passive method of nuclear track detectors, CR-39. Combining the cost and outcome results reported in other studies (England, Germany), the cost per life-year gained is 1723 € with a collective dose reduction of 0,78 Man-Siverts per year for 60 occupants in 20 houses.

Key words: indoor radon, cost-effectiveness analysis, CR-39, dose reduction.

Numeroase studii efectuate atât pe cohorte de mineri, cât și studii de tip caz-martor pe rezidenți au ilustrat o strânsă legătură între concentrațiile ridicate de radon și creșterea incidenței cancerului pulmonar (Darby și colab., 2001; Barros-Dios și colab., 2002). Mai mult decât atât metanalizele efectuate în ultimii ani sugerează existența unei legături între cancerul pulmonar și radon, chiar și pentru concentrații modeste de 100-200 Bq/m³, confirmându-se în acest fel modelul linear fără prag (Darby și colab., 2006). Organizația Mondială a Sănătății recomandă un nivel de referință (RL) inferior valorii de 100 Bq/m³, pentru locuințe, iar dacă această valoare nu este fezabilă în anumite țări, concentrația să nu depășească pragul de 300 Bq/m³ (Bochicchio, 2011).

Solul reprezintă în majoritatea cazurilor principala sursă a radonului în aerul de interior. În funcție de condițiile geologice și geofizice (conținutul de uraniu din rocă, respectiv, permeabilitatea solului), precum și caracteristicile materialelor de construcții, radonul migrează din sol prin crăpăturile existente în materialele de construcții și se acumulează în interiorul clădirii. Transportul convectiv reprezintă principala cauză a prezenței radonului în interiorul clădirilor. În situația în care limita dintre sol și clădire este una deschisă (absența unui dalaj de ciment) o altă modalitate de transport este cel difuziv ca urmare a diferenței de concentrație de radon între volumul încăperii și sol/materialele de construcție.

Scopul măsurilor de remediere este acela de a reduce concentrația de radon în aerul de interior și implicit, de a reduce numărul de cazuri de cancer pulmonar induse de radon. În acest context, măsurile de remediere vizează limitarea intrării radonului în interior prin asigurarea etanșietății clădirii, respectiv diluarea concentrației de radon în interior prin creșterea ventilației sau depresurizarea solului. Principalele măsuri de remediere, eficiența fiecărei metode, precum și costurile teoretice, conform studiilor efectuate în Germania (Haucke, 2010) sunt prezentate în tabelul 1.

În majoritatea studiilor de analiză cost beneficiu este utilizată schema propusă de Kennedy și Gray (2001) și sistematiză mai jos:

Costuri nete = costuri măsurători + costuri remediere – costuri prevenire cancer pulmonar

Rezultate nete = Reducerea expunerii

Câștigul = prevenirea costurilor pe caz de cancer pulmonar

Prin urmare rezultatele sunt definite în termeni de ani de supraviețuire câștigați prin evitarea cazurilor de cancer pulmonar induse de radon și exprimate prin ani de viață câștigați. Costurile medii aferente tratamentului cancerului pulmonar au fost estimate pe baza studiilor efectuate în Anglia ca fiind cuprinse între 6800 și 7600 de euro (Kennedy și colab., 1999). De asemenea, numărul mediu de ani de viață pierduți datorită mortalității prin cancer pulmonar a fost estimat la 13,5 ani (Kennedy și colab., 1999).

Tabelul 1

Măsurile de remediere și costurile teoretice, funcție de domeniul de aplicare (după Haucke, 2010)

Măsurile de remediere	Eficiența	Domeniul de aplicare și costurile teoretice		
		200-400 Bq/m ³	400-999 Bq/m ³	> 1000 Bq/m ³
Îmbunătățirea ventilației naturale, izolarea crăpăturilor	50-90%	Cost: 1000 Euro	Cost: 3000 Euro	Cost: 5000 Euro
Aplicare membrană anti-radon (podea)	80%			
Aplicare membrană anti-radon (podea și pereți)	90%			
Depresurizare sol (metode active și pasive)	95%			
Combinarea metodelor de izolație cu cele de depresurizare sol	99%			

Rezultatele obținute în prima campanie de măsurători în localitățile Băița, Fînațe, Nucet, Câmpani ilustrează că aproximativ 250 de case din cele 300 în care s-au desfășurat măsurători sunt peste nivelul de referință de 100 de Bq/m³ propus de OMS, iar aprox. 45 de case prezintă încăperi cu valori ale concentrației de radon de peste 600 Bq/m³. Din cele 45 de case au fost selecționate 20 pentru aplicarea măsurilor de remediere. Distribuția concentrației de radon, potrivit măsurătorilor din campania I și II, în încăperile celor 20 de case selecționate este prezentată în fig. 1.

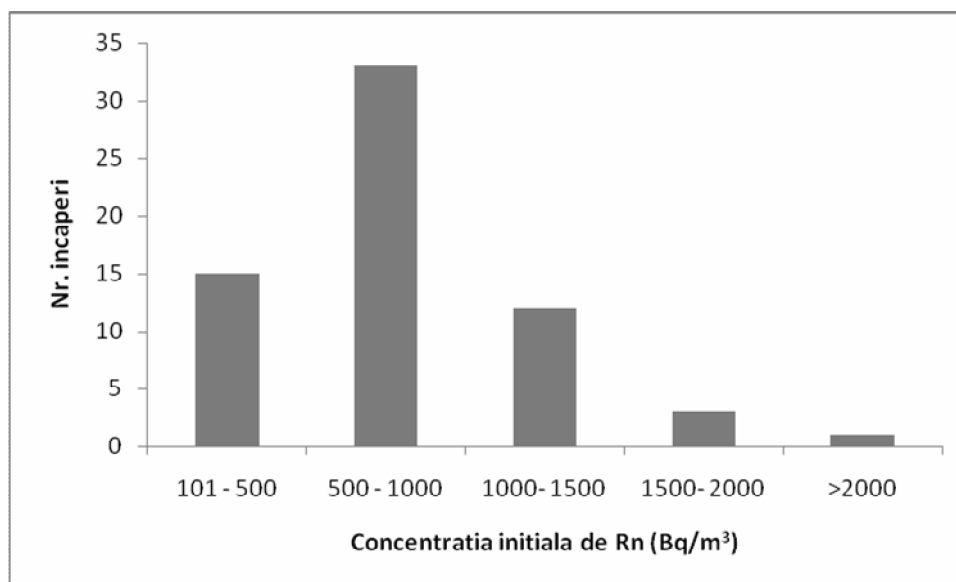


Fig. 1. Nivelul inițial de radon în cele 20 de case selectate pentru remediere.

Potrivit studiilor efectuate în Anglia (Coskeran și colab., 2009) eficiența măsurilor de remediere poate fi aproximată la 80%. De asemenea, pentru determinarea dozei efective anuale, s-a luat în considerare un factor de ocupanță de 0,8, iar valorile obținute în pivnițe au fost neglijate datorită duratei reduse de expunere la acest nivel. În plus, pentru determinarea dozei efective anuale

pentru toți ocupanții unei case s-au estimat 3 membri per casă. Valorile teoretice, obținute sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Estimarea costurilor de remediere, respectiv, a reducerii dozei anuale în cele 20 de case selectate

	Concentrația inițială de radon (Bq/m³)	Concentrația teroretică, finală de radon (Bq/m³)	Costuri teoretice de remediere (euro)	Reducerea dozei efective anuale (mSv) per individ în fiecare casă	Reducerea dozei efective anuale (mSv), toți ocupanții din fiecare casă
Media aritmetică	773	155	3200	13	39
Val. minimă	392	80	3000	6	-
Val. maximă	1445	200	5000	23	-
Total			67000	260	780

Estimând numărul total de ocupanți din cele 20 de case supuse remedierii la 60 de persoane, se obține o reducere teoretică anuală per persoană în concentrația de radon de 3,44 WLM ($4,33 \cdot 10^6$ Bq/m³*h), presupunând factorul de ocupanță de 19,2 ore (0,8). NRPB estimează riscul de a dezvolta cancer pulmonar per WLM la $3,5 \cdot 10^{-4}$ pentru fiecare an de expunere. În acest context, obținem 0,07 cazuri de cancer pulmonar evitate ca urmare a aplicării măsurilor de remediere în cele 20 de case, adică 2,88 cazuri/40 de ani. Un total de 38,88 ani de viață sunt câștigați prin evitarea cazurilor de cancer pulmonar induse de radon, ceea ce conduce la un cost de 1723 € per an de viață câștigat.

Mulțumiri

Rezultatele prezentate în acest articol au fost obținute cu sprijinul Ministerului Economiei, Comerțului și Mediului de Afaceri, în calitate de Autoritate de Management (AM) și al Autorității Naționale pentru Cercetare Științifică, în calitate de Organism Intermediar (OI), prin Programul Operațional „Creșterea Competitivității Economice”(POS CCE) 2007-2013, Contract de Finanțare Nr. 160/15.06.2010 pentru proiectul POS CCE O 212 ID 586 – SMIS 12487 cu titlul „IMPLEMENTAREA TEHNICILOR DE REMEDIERE A RADONULUI ÎN LOCUINȚE DIN ZONA MINEI URANIFERE BĂIȚA/IRART”.

Bibliografie

1. Barros-Dios J., Barreiro M., Ruano-Ravina A., Figueiras A., 2002 - *Exposure to residential radon and lung cancer in Spain: a population-based case-control study*, American Journal of Epidemiology, 156:548-555
2. Bochicchio F., 2011 - *The newest international trend about regulation of indoor radon*, Radiation Protection Dosimetry, 146(1-3):2-5
3. Coskeran T., Denman A., Phillips P., Tornberg R., 2009 - *A critical evaluation of the cost-effectiveness of radon protection methods in new homes in a radon Affected Area of England*, Environment International, 35:943-951
4. Darby S., Hill R., Doll R., 2001 - *Radon: a likely carcinogen at all exposures*, Ann Oncol 12(10):1341-1351
5. Darby S., Hill R., Auvinen A., Barros-Dios J., Baysson H., Bochicchio F., 2006 - *Residential radon and lung cancer - detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe*, Scand J Work Environ Health 32(1):1-84
6. Haucke F., 2010 - *The cost effectiveness of radon mitigation in existing German dwellings - A decision theoretic analysis*, Journal of Environmental Management, 91(11):2263-2274

7. Kennedy C. A., Gray A., 2001 - *Cost effectiveness analysis of radon remediation programmes*, Sci. Total Environ. 272:9-15
8. Kennedy C., Gray A., Denman A., Phillips P., 1999 - *A cost-effectiveness analysis of a residential radon remediation programme in the United Kingdom*, British Journal of Cancer, 81(7):1243-1247

Date de contact

Tiberius DICU: Universitatea Babeş-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Ştiinţa şi Ingineria Mediului, str. Fântânele, nr. 30, 400294, Cluj-Napoca, e-mail: tiberius.dicu@ubbcluj.ro