

## RADON: CANCER Y SITUACION EN ESPAÑA

Luis Santiago QUINDOS PONCELA, Carlos SAINZ FERNANDEZ, Luis QUINDOS LOPEZ, Ismael FUENTE MERINO, Jose Luis ARTECHE

Facultad de Medicina de Santander Catedra de Fisica Medica, Grupo Radon c/Cardenal Herrera Oria s/n 39011, Universidad de Cantabria, España.

Email: quindosl@unican.es

**Abstract: Radon: cancer and situation in Spain.** Radon represents most of the total dose received by population from natural sources of radiation. In Spain, exposure to radon is responsible of 50% of the dose to natural sources of radiation received by the population, and supposes more than 40% of the total dose coming from all sources. In this paper, a short review of the radon issue is performed. Behind the Spanish situation concerning radon, its role as one of the most important lung cancer risk factor is presented. Finally, a brief description of the international recommendations and regulations is provided.

**Key words:** radon, lung cancer, risk

### INTRODUCCION

El radón se encuentra en cantidades significativas en el suelo (Quindós, 1995). En España, la exposición al radón es responsable del 50 % de la dosis debida a fuentes naturales de radiación recibida por la población, y supone más de un 40 % del total (Fig. 1). Las primeras campañas de medida de radón fueron llevadas a cabo hace más de veinte años y, paralelamente se construyó un mapa de radiación gamma externa, MARNA (Fig. 2), encontrándose en algunas zonas una buena correlación entre ambos conjuntos de datos (Quindós et al., 2005). Una parte de esta relación puede explicarse a partir de la geología de la península ibérica (Fig. 3).

La evidencia documental que data del siglo XVI indica que la exposición a niveles elevados de radón era probablemente la causa del exceso de muertes debido a cáncer de pulmón de los mineros de algunas minas de Europa Central, tales como las minas de plata en Alemania y Bohemia (Lubin et al., 1994). Inicialmente los científicos pensaban que la radiación natural no suponía un riesgo significativo para la salud de la población en la mayor parte de nuestros países. Sin embargo, ese punto de vista comenzó a cambiar a mediados del siglo XX. El cambio fue dramático en los años 70 y 80 cuando se descubrió que el interior de algunas casas en un número de países tenía niveles de radón en concentraciones elevadas. Entonces, en 1984, el asunto atrajo la atención nacional en los Estados Unidos cuando un trabajador de la construcción puso en marcha un monitor de radiación al entrar a la estación de Generación Nuclear de Limerick en Pensilvania. La planta no estaba generando todavía productos de fisión, esto hizo pensar que su casa era la fuente de contaminación. En estos momentos se entiende que en áreas donde el nivel natural de radón es alto, la baja presión del aire dentro de las casas trae como consecuencia un flujo hacia el interior de aire rico en radón a través de las grietas en las losas del piso o en las paredes de los sótanos (Darby, 2005).

Estudios epidemiológicos fueron realizados a la población general en respuesta a la necesidad de información sobre los riesgos de la exposición en interiores. Los primeros estudios fueron en gran parte ecológicos en diseño y los resultados variados. Estudios de control de casos de cáncer de pulmón se implementaron en los Estados Unidos, Europa y otras partes. Algunos de estos primeros estudios no medían realmente el radón en interiores, utilizando medidas sustitibles como es el tipo de construcción de la casa, por estas razones los datos obtenidos no podían proveer estimaciones

cuantitativas del riesgo. Estudios más sofisticados con muestras más amplias se llevaron a cabo a mediados y finales de los años 80. Algunos de estos estudios sugerían una asociación entre los niveles elevados de radón en las viviendas, otros no, incluyendo el estudio que llevó a cabo Salud Canadá en Winnipeg. Estos estudios en conjunto no pudieron aportar evidencia concluyente del elevado riesgo de cáncer de pulmón (Brand et al., 2005).

A finales de los 80 el IV Comité de Efectos biológicos de la Radiación Ionizante (BEIR) revisó los estudios de control de casos publicados y planificados. Inmediatamente se evidenciaron las limitaciones potenciales del tamaño de la muestra y los posibles niveles de margen de error en las medidas. Se propuso agrupar estudios individuales y se convenció a agencias financiadoras como el Departamento de Energía y la Comisión para las Comunidades Europeas para que apoyaran la planificación de grupos eventuales de estudios globales de control de casos relacionados con la exposición al radón en interiores y el cáncer de pulmón.

La incertidumbre acerca del radón y el cáncer de pulmón en los estudios de control de casos iniciales ha sido reducida por muchos de los avances científicos. En estos momentos se acepta que decenas de miles de muertes cada año por cáncer de pulmón están relacionadas con la exposición al radón. La solidez de los datos y los análisis apuntan a una necesidad de acción. Para reducir el riesgo de cáncer de pulmón por la exposición al radón las autoridades nacionales deben establecer métodos y medidas que, con una sólida base científica, contribuyan a desarrollar políticas de salud válidas.

WHO (Organización Mundial de la Salud) tuvo la previsión de trabajar en el desarrollo de las directrices. En 1996 publicó un informe que contenía diferentes conclusiones y recomendaciones encaminadas a comprender científicamente el riesgo del radón. Mas recientemente a través de un proyecto internacional muestra la necesidad que tienen los países de actuar en las áreas de control de riesgos y comunicación de riesgos (Zielinski et al., 2006).

#### **BASES CIENTÍFICAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL RIESGO DEL RADÓN**

El cáncer de pulmón continúa siendo uno de los de mayor incidencia en países desarrollados. En Europa se encuentra en cuarto lugar tras tumores de mama, próstata y colon y recto con una incidencia de 71.8 y 21.7 por cada 100000 habitantes para hombres y mujeres, respectivamente. La mortalidad por cada 100000 habitantes es de 62.4 en hombres y 18.4 en mujeres, siendo la situación española similar con 67.2 en hombres y 8.9 en mujeres (Ferlay et al., 2006).

En los últimos 15 años investigadores de todo el mundo se han reunido regularmente para establecer un marco de trabajo común y un ambiente de colaboración. Los estudios en Norteamérica y Europa han sido agrupados para producir análisis combinados de los diferentes estudios, pero han arrojado esencialmente los mismos resultados.

El proyecto norteamericano de agrupación agregó información de siete estudios sobre la exposición al radón en el sector residencial, para un total de 3.662 casos y 4.966 controles. Esto permitió un examen más detallado del radón, del riesgo de cáncer de pulmón y sus modificadores potenciales que los hechos con anterioridad. Todos los estudios utilizaron detectores a largo plazo alfa-track para establecer las concentraciones de radón en el sector residencial. Las probabilidades (Odd Ratios) de cáncer de pulmón se incrementaron con la concentración de radón en este sector de estudio. La OR

estimada después de una exposición al radón con una concentración de 100 Bq/m<sup>3</sup> en un tiempo ventana de exposición de 5 a 30 años antes de la fecha índice fue de 1,11 (95 % intervalo de confianza = 1,00 – 1,28). Esta estimación es compatible con la de 1,12 (1,02 – 1,25) pronosticada por la extrapolación de la tendencia descendiente de datos de la minería. No había evidencias de la heterogeneidad de los efectos de radón en los estudios. No había heterogeneidad aparente en la asociación por sexo, nivel educacional, tipo de respuesta (personal o enviada), o tabaquismo, aunque había algunas evidencias de la relación entre la disminución del riesgo de cáncer de pulmón asociado al radón con la edad (Field et al. 2006).

El grupo de colaboración europeo extrajo información de estudios existentes que satisface cierto criterio – un total de 13 estudios que incluyen 7.148 casos de cáncer de pulmón y 14.208 controles. La concentración media de radón para los 13 estudios de nueve países es considerablemente mayor que la media en los análisis combinados norteamericanos y similar a los de la agrupación china. La medida media de concentración de radón en las viviendas de las personas del grupo de control era de 97 Bq/m<sup>3</sup>, con 11 % de las medidas mayor que 200 y 4 % mayor que 400 Bq/m<sup>3</sup>. La probabilidad (O.R) de cáncer de pulmón era de 1,08 (con 95 % intervalo de confianza 1,03 – 1,16) por 100 Bq/m<sup>3</sup> de incremento en el radón medido (Darby et al., 2006), (Barros-Dios et al., 2002).

El exceso proporcionado de riesgo no difiere significativamente con el estudio, la edad, el sexo o el tabaquismo. En ausencia de otras causas de muerte, los riesgos absolutos de cáncer de pulmón a la edad de 75 años a concentraciones usuales de radón de 10, 100 y 400 Bq/m<sup>3</sup> serán de 0,4 %, 0,5 % y 0,7 % respectivamente, para los no fumadores y cerca de 25 veces mayor (10 %, 12 % y 16%) para los fumadores. De forma colectiva pero no por separado los estudios europeos muestran el peligro del radón en el sector residencial especialmente para los fumadores o aquellos que abandonaron el hábito recientemente.

Los resultados de estos estudios conjuntos muestran una evidencia consistente de la asociación entre el radón en el sector residencial y el riesgo de cáncer de pulmón, un resultado pronosticado por la extrapolación de los resultados de estudios ocupacionales realizados a mineros expuestos al radón en el interior de las minas y consistente con los resultados tóxicos que arrojan los estudios in vitro de animales (Samet, 2006).

#### **MEDIOAMBIENTE REGULATORIO ACTUAL**

La comisión internacional para la protección radiológica (ICRP) (ICRP, 1991), estableció en 1991 que la mejor opción de un nivel de acción para las viviendas traería consigo la necesidad de un significativo pero posible trabajo para remediar esta situación. En 1993 recomendó un nivel óptimo en el radón de 200-600 Bq/m<sup>3</sup>, el cual corresponde a dosis anuales efectivas de 3 a 10 milisieverts (mSv). Esta Comisión en sus nuevas recomendaciones refrendadas en su última reunión el pasado mes de Marzo en Essen, Alemania, no ha hecho sino reafirmarse en el mismo criterio, en cierta medida en contra de las sugerencias derivadas de múltiples investigadores que sugerían un descenso en los mencionados límites.

La EPA considera que el método más efectivo y económico es la despresurización compartida. Esto cuesta un promedio de US \$ 1.200 por casa. La auto-evaluación por un inspector profesional puede constar muy poco, unos US \$ 350. Las características de resistencia al radón en las nuevas casas pueden adicionar de US \$ 350 a 500 al coste de las mismas.

La EPA no depende de la regulación sino de la voluntad de acción, de la educación pública y de la asociación de un amplio rango de organizaciones, los gobiernos, ONGs, los educadores, los empleados de bienes raíces y de la industria de servicios del radón. Considera que la mejor oportunidad para examinar el radón son las transacciones de bienes raíces y los mayores obstáculos para la aceptación pública son la complacencia y los gastos para mitigar el problema.

La Acción Concertada ERRICCA-2 ( European Radon Research and Industry Collaboration Concerted Action, Contract No: FIRI-CT-2001-20142 ), encuadrada dentro del Fifth Framework Programme de la Unión Europea representa el mayor esfuerzo realizado hasta el momento presente en la labor de conseguir que investigadores y profesionales unan sus esfuerzos para tratar de minimizar el impacto negativo que el gas radón tiene en nuestra salud, reuniendo a representantes de mas de 20 países procedentes del campo científico e industrial.

### REFERENCIAS

1. Barros-Dios J.M., Barreiro M.A., Ruano-Ravina A., Figueiras A., 2002, Exposure to residential radon and lung cancer in Spain: a population-based case-control study, *Am J Epidemiol*, **156**, pp. 548-55.
2. Brand K.P., Zielinski J.M., Krewski D., 2005, Residential radon in Canada: an uncertainty analysis of population and individual lung cancer risk. *Risk Anal*, **25**(2), pp. 253-69.
3. Darby S., Hill D., Aivinen A., Barros-Dios J.M., Bausson H., 2006, Residential radon and lung cancer-detailes 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. *Scan J Work, Environ and Health*, **32**(Suppl 1), pp. 1-84.
4. Darby S., 2005, Residential radon, smoking and lung cancer, *Radiat Res*, **163**(6), pp. 696.
5. Ferlay J., Autier P., Boniol M., Heanue M., Colombet M., Boyle P., 2007, Estimates of the cancer incidence and mortality in Europe 2006, *Annals of Oncology*, **18**, pp. 581-592.
6. Field R.W., Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M., Alavanja M., Catalan V.S., Kloz J.B., Letourneau E.G., Lynch C.F., Lyon J.L., Sandler D.P., Schoenberg J.B., Steck D.J., Stolwijk J.A., Weinberg C., Wilcox H.B., 2006, An overview of the North American case-control studies of residential radon and lung cancer, *J Toxicol Environ A*, **69**(7), pp. 599-631.
7. ICRP( International Commission on radiological protection). Lung cancer risk from indoor exposures to radon daughters, 1987, ICRP Publication 50, annals of the ICRP **17**(1), Pergamon Press, Oxford.
8. Lubin J.H., Boice J.D., Edling C., Hornung R.W., Howe G., Kunz E., 1994, Radon and lung cancer risk: a joint analysis of 11 underground miner studies. In: *Public Health Services and National Institute of Health* (Eds)NIH.
9. Quindós L., Fernández P., Sainz C., Martín-Matarranz J., Arteché J., 2005, Natural radiation exposure in the Campo Arañuelo Region in the surroundings of the Almaraz Nuclear Power Station (Spain), *Jour. Env. Rad*, **79**, pp. 347-354.

10. Quindós Poncela, 1995, L.S. Radón "un gas radioactivo de origen natural en su casa". Ed. CSN y Serv públicos de la Universidad de Cantabria, Madrid.
11. Samet J.M., 2006, Residential radon and lung cancer: end of the story? *J Toxicol Environ A.*; **69**(7), pp. 527-31.
12. Zielinski J.M., Carr Z., Krewski D., Repaholi M., 2006, World Health Organization's International Radon Project. *J Toxicol Environ Health A.*, **69**(7), pp. 759-69.

## **RADON: CANCERUL ȘI SITUAȚIA DIN SPANIA**

(Rezumat)

Radonul reprezintă marea parte din doza totală primită de populație din surse naturale de radiație. În Spania, expunerea la radon este responsabilă de 50% din doza primită de populație provenită din surse naturale și presupune mai mult de 40% din doza totală care provine din toate sursele. În această lucrare, se realizează o scurtă trecere în revistă a aspectelor legate de radon. În spatele situației legate de radon din Spania, este prezentat rolul radonului ca unul dintre cei mai importanți factori de risc care generează cancer pulmonar. În final, este oferită o scurtă descriere a recomandărilor și reglementărilor internaționale.

Leyendas de figuras:

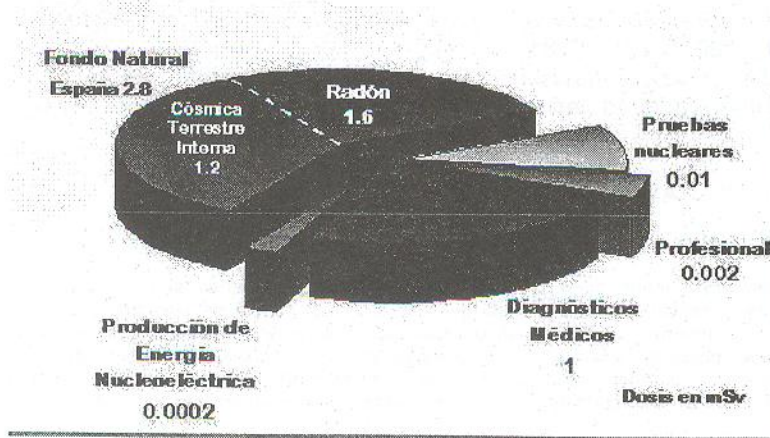


Fig. 1. Dosis anual de radiación recibida por la población española por diferentes causas

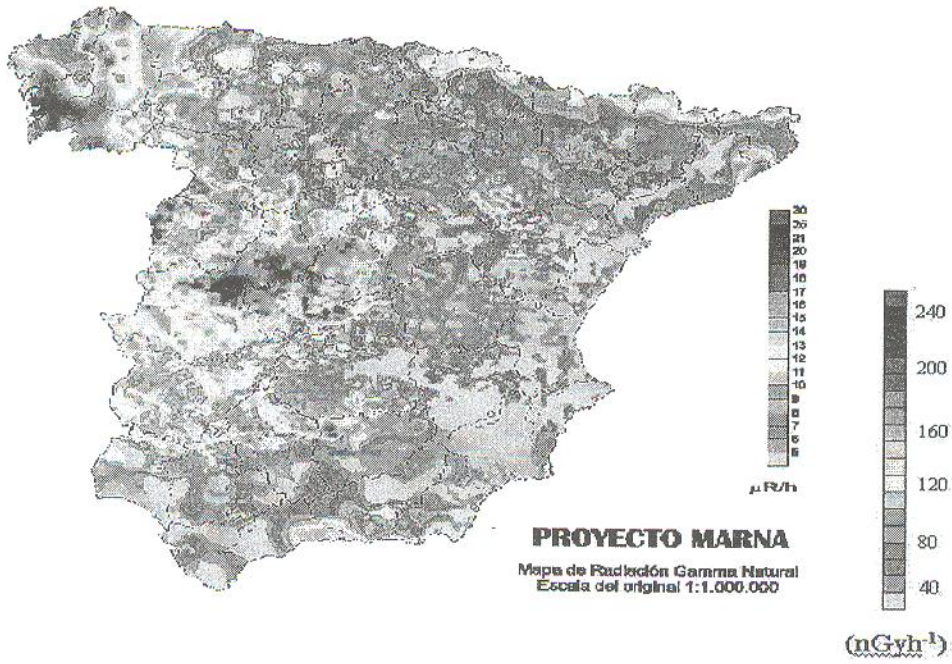


Fig. 2. Mapa de radiación gamma externa obtenido en el proyecto MARNA

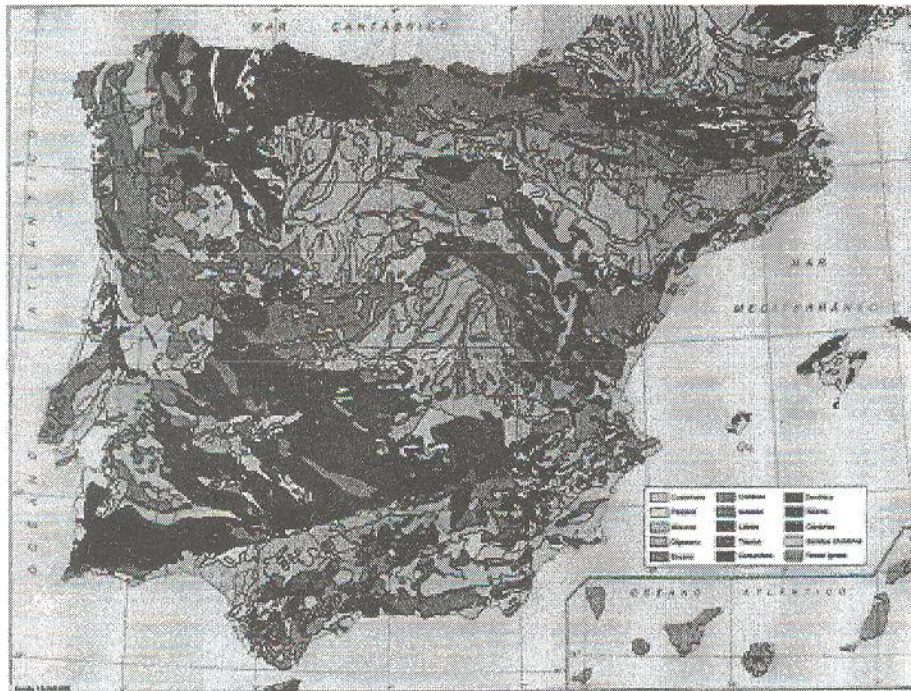


Fig. 3. Mapa geológico de España

## GUIDELINES FOR CONTRIBUTORS

The editorial board of Studia Universitatis Babeş-Bolyai, series **Ambientum** welcomes original contributions in environmental sciences and management, environmental engineering, environmental risk assessment, and related fields. **All papers are reviewed independently by two referees, but the authors are entirely responsible for the content of their papers.** All published papers will become property of the journal.

The official language of the journal is English. However, contributions in French, and Spanish, may be accepted. The preferred modality of submission is via e-mail. Alternatively, authors may submit their contribution on a CD-ROM. Two single-sided copies of the manuscript should be also sent to the address indicated below. The required format of the page is A4 with the following margins: top 5 cm, bottom 5 cm, left - right 3.5 cm, header 4 cm, footer 4. cm, in one column, with single spaced text written using the Arial 10 pt. font, in MS<sup>®</sup>Word format. The suggested length of papers is 5-6 to 11-12 pages, including references and figures. The manuscripts should be arranged as follows: title, including name and affiliation of the authors, abstract, key words, main text, reference list, table captions (example: **Table 1** – bold, left align, and below the *title of the table*, centred and italic and also the table is centred), figure captions (example: **Fig. 1.** – bold, and the title is centred and italic), summary.

The accepted papers must also follow closely the instructions below.

**Title.** The title should be brief but informative, not exceeding 150 characters, including spaces, format Arial 12, bold, centred.

**Name of the author(s).** Full forename having capitalized initial, followed by fully capitalized family name (caps lock), must be centred on the page. The affiliation of the authors, marked with numbers on the upper right side of the name (superscript), will be indicated. The author to whom correspondence should be addressed must be indicated by an asterisk and complete address (including e-mail, fax, and telephone) must be provided. Arial 10.

**Abstract.** The abstract, of no more than 250 words, should be arranged in a single paragraph. It must be written in English, and concisely outline the main findings and major conclusions of the paper. The following structure is recommended: Objectives; Methods; Main results; Conclusions. No reference should appear in the abstract. The text will be single spaced, justified and 1 cm indented on both sides, the characters must be with Arial 8.

**Key words.** The significant key words, not more than 6, written in English below the abstract, italic, follow the same formatting rules as the abstract.

**Text.** The first-order headings should be in bold letters, capitalized and left aligned on the page with 1 cm tab. The second-order headings, with initial caps only, italic letters should be also left aligned. Define abbreviations at first mention in text and in each table and figure. The metric units will be used for all quantitative values. All text citations must have corresponding references. The literature should be cited by the name and date system (e.g., Richard and Blondel, 2005), with papers by more than two authors cited as Richard et al. (2005). "In press" citations should refer only to manuscripts that have been formally accepted and must include the name of publication.

**References.** The references should be arranged alphabetically and chronologically, with the authors always listed with their last (family) name first. Example:

1. Meng X. G., Korfiatis G. P., Christodoulatos C., Bang S., 2005, Treatment of arsenic in Bangladesh well water using a household coprecipitation and filtration system. *Water Res.*, **35**, pp. 2805-2810.
2. King C., Park, A., 2007, *Advanced environmental monitoring* (2<sup>nd</sup> ed.), John Wiley & Sons, Inc. New York, 682 p., New York.

**Summary:** The summary will be translated in Romanian by the Editorial board (from English, French, Spanish), and don't have to be longer than one page. Title – Arial 10, bold, caps lock, centred. No reference should appear in the summary. The text will be single spaced, justified, the characters must be with Arial 8.

**Artwork,** including figures, photographs, artwork and drafting are expected to be of professional quality. The digital artwork should be submitted in TIFF, JPG or PSD format, with a resolution higher than 300 dpi.

**In a volume for the same author, the editorial committee accepts a single article as first author and possibly the second article as secondary author.**

The authors receive from the editorial office a copy of the volume where they have published their article.

**Manuscripts should be addressed to:**

Roşu Cristina - crisrosu@yahoo.com

**Editorial board**



## INSTRUCȚIUNI DE TEHNOREDACTARE

Departamentul editorial a Studia Universitatis Babeş-Bolyai, seria **Ambientum** primeşte contribuţii originale în domeniile ştiinţa şi ingineria mediului, evaluarea riscurilor de mediu şi din alte domenii înrudite. **Toate lucrările sunt revizuite de doi referenţi, dar autorii sunt responsabili în totalitate pentru conţinutul lucrării.** Toate lucrările publicate vor devenii proprietate a publicaţiei.

Limba oficială a publicaţiei este engleza, dar sunt acceptate şi lucrări în limbile franceză şi spaniolă. Lucrările se trimit în format electronic (e-mail, CD), la adresele de e-mail menţionate mai jos. Formatul paginii este A4 cu următoarele setări: sus 5 cm, jos 5 cm, stânga / dreapta 3.5 cm, header 4 cm, footer 4 cm, justified, spaţiu de 1 între rânduri, pe o coloană, font Arial 10 în format MS<sup>®</sup>Word. Lucrările trebuie să fie între 5-12 pagini, în care să se includă bibliografia şi figurile. Lucrarea trebuie să fie realizată în următoarea ordine: titlul lucrării, numele autorilor, abstract, cuvinte cheie, textul, bibliografie, legenda cu tabele (ex. **Tabel 1** - boldat, aliniat la stânga, *titlul tabelului* – italic şi centrat, iar tabelul este la rândul său centrat), legenda cu figuri (ex. **Fig. 1.** – boldat, *titlu* - centrat şi italic, iar figura în sine la fel centrată), rezumat.

**Titlu.** Titlul trebuie să fie scurt, concis şi informativ, să nu depăşească 150 de caractere, format Arial, 12, boldat, centrat.

**Numele autorului(lor).** De ex. **Prenume NUME<sup>1</sup>**, centrat, iar în dreapta sus după nume se pune un număr în cazul în care autorii sunt de la instituţii diferite, iar acel număr va indica afilierea autorului.

**Abstract.** Abstractul nu trebuie să conţină mai mult de 250 de cuvinte, să fie aranjat într-un singur paragraf şi să fie în engleză indiferent de limba în care a fost scrisă lucrarea. Acesta trebuie să sublinieze principalele aspecte ale lucrării şi este recomandată următoarea structură: obiective, metode, principalul rezultat, concluzii, iar în abstract nu se vor face referiri. Format: Arial 8, spaţiu de 1 între rânduri, si paragraf de 1 cm în stânga şi dreapta.

**Cuvinte cheie.** Maxim 6 cuvinte, cele mai semnificative, în engleză, italic, formatul fiind acelaşi ca la abstract.

**Textul.** Titlurile principale din text sunt scrise cu litere mari, boldat la 1 cm în stânga de marginea paginii, iar subtitlurile sunt scrise cu litere mici, italic cu un spaţiu de 1 cm în stânga paginii. Fiecare tabel şi figură trebuie să fie însoţită de explicaţii. Referirile din text trebuie scrise în următorul fel: ex. Richard şi Blondel, 2005, iar dacă există mai mulţi autori referirea se face în următorul mod: ex. Richard şi alţii (2005).

**Bibliografia** trebuie aranjată în ordine alfabetică şi cronologică în următorul format:

1. Meng X. G., Korfiatis G. P., Christodoulatos C., Bang S., 2005, Treatment of arsenic in Bangladesh well water using a household coprecipitation and filtration system. *Water Res.*, **35**, pp. 2805-2810.
2. King C., Park, A., 2007, *Advanced environmental monitoring* (2<sup>nd</sup> ed.), John Wiley & Sons, Inc. New York, 682 p., New York.

**Rezumatul.** Va fi tradus de redacţie în limba română (din engleză, franceză, spaniolă) şi nu trebuie să depăşească circa 1 pagină. Titlul rezumatului trebuie să fie Arial 10, boldat, centrat, iar rezumatul în sine Arial 8.

**Figurile, fotografiile** trebuie să fie de o bună calitate în format TIFF, JPG sau PSD cu o rezoluţie mai mare de 300 dpi.

**În acelaşi volum pentru un singur autor, comitetul de redacţie acceptă o singură lucrare în care este prim autor şi eventual încă o lucrare în care este coautor.**

Fiecare lucrare va primi din partea comitetului de redacţie o copie a volumului în care a fost publicată aceasta.

**Lucrările vor fi trimise la următoarea adresă de e-mail:**

Roşu Cristina - crisosu@yahoo.com

**Comitetul de redacţie**