

Narażenie na radon oraz ograniczenie ryzyka jego negatywnego wpływu na zdrowie

Opracowano w ramach zadań badawczych prowadzonych przez Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego PZH – Państwowy Instytut Badawczy finansowanych przez Ministra Zdrowia na podstawie umowy nr NIZP PZH-PIB/2021/1094/1056.

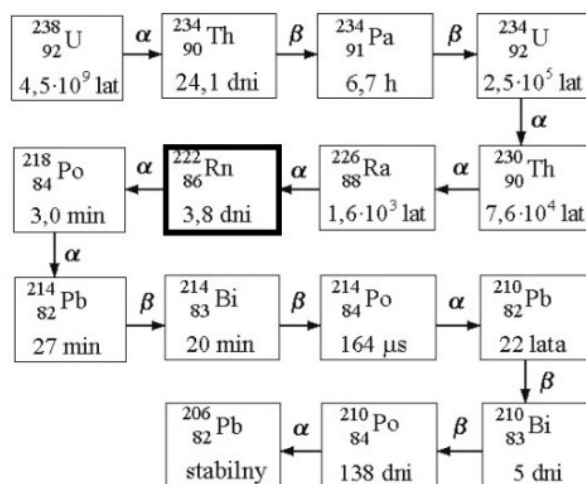
Warszawa 2024 r.

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	2
2. Radon w pomieszczeniach i jego ograniczanie.....	6
3. Metody monitorowania radonu.....	9
4. Aktualne wytyczne krajowe i międzynarodowe.....	9
5. Edukacja i świadomość społeczna	12
6. Podsumowanie	13

1. WSTĘP

Skorupa ziemska zawiera wiele naturalnych pierwiastków promieniotwórczych, które tworzą tzw. szeregi promieniotwórcze. Pierwszym i najważniejszym z nich jest szereg uranowo-radowy zaczynający się od izotopu uranu U-238, a kończący na stabilnym izotopie ołowiu Pb-206. Jądra pierwiastków w szeregu przechodzą wiele przemian – rozpadów promieniotwórczych: rozpad alfa (α) zachodzi ośmiokrotnie, rozpad beta (β) – sześciokrotnie. Podczas przemian tworzy się m.in. jeden z izotopów radonu – Rn-222. Cykl przemian przedstawiony został na Rysunku 1.



Rysunek 1. Szereg uranowo-radowy

Ww. izotop radonu jest naturalnym promieniotwórczym gazem szlachetnym, który powstaje w glebie i skałach. Jest to najcięższy gaz ze wszystkich gazów szlachetnych, o gęstości około dziewięć razy większej od gęstości powietrza. W naturalnych warunkach radon uwalnia się z gleby, skał oraz wód gruntowych, migrując w kierunku powierzchni ziemi. Jest on niewidzialny, bezwonny, nie ma smaku i łatwo przenika do atmosfery oraz pomieszczeń zamkniętych. Na zewnątrz pomieszczeń jego stężenie jest znikome dzięki rozproszeniu w powietrzu, jednak w budynkach może osiągać wysokie wartości, co może prowadzić do poważnych konsekwencji zdrowotnych. Według Światowej Organizacji Zdrowia radon odpowiada za około 3–14% przypadków raka płuc w skali globalnej, co czyni go drugim po paleniu tytoniu najważniejszym czynnikiem ryzyka¹. Radon został zakwalifikowany przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem IARC (od ang. International Agency for Research

¹ Batris E, Nikolopoulos D, Valais I, Moustris K. Radon Assessment: An Overview of Concentration Variability and Synergies with Other Health Risk Factors in Indoor Air. Environmental Sciences Proceedings. 2023; 26(1):115. <https://doi.org/10.3390/environsciproc2023026115>

on Cancer) do grupy 1 substancji rakotwórczych dla człowieka². Ze względu na czas połowicznego rozpadu izotopu radonu Rn-222, który wynosi ok. 3,8 dnia, może przenikać do powietrza atmosferycznego z gleby i wód, a następnie konwekcyjnie do innych lokalizacji. Poprzez rozpad promieniotwórczy radonu oraz szereg kolejnych (powstałych z radonu) tworzy się kilka innych produktów (pierwiastków promieniotwórczych). Są to m.in. Po-218, Pb-214, Bi-214, i Po-214. Te cztery radionuklidy są metalami o czasach połowicznego rozpadu krótszych niż radon (np. dla Po-214 jest to tylko kilka minut), które mogą przyłączać się do cząstek powietrza. Podczas wdychania ich przez człowieka mogą przyklejać się do powierzchni tkanek oskrzeli lub odkładać w płucach. Tak więc to głównie produkty rozpadu radonu są rzeczywistym zagrożeniem dla człowieka. Modele pokazują, że 95% dawki jest spowodowane przez produkty rozpadu radonu (ww. metale), a mniej niż 5% przez sam radon³.

Innymi izotopami radonu występującymi w przyrodzie, które nie są już tak znaczące z punktu widzenia ochrony radiologicznej jak izotop radonu Rn-222 są: Rn-220 (toron, czas połowicznego rozpadu – 55,6 s) oraz Rn-219 (aktynon, czas połowicznego rozpadu – 3,96 s). Radon Rn-222 stanowi praktycznie 100% radonu występującego naturalnie i jemu poświęca się największą uwagę w pomiarach i badaniach wpływu na zdrowie.

Badania pokazują, że stężenie radonu w pomieszczeniach wzrasta w miesiącach zimowych (obniżona temperatura powietrza i mniejsza wentylacja), podczas gdy spada w miesiącach letnich (wzrost temperatury powietrza, większa wentylacja np. poprzez częstsze wietrzenie pomieszczeń). Natomiast badania dobowe wskazują, że stężenie radonu wzrasta wczesnym rankiem, a następnie spada aż do wystąpienia szczytu wieczorem lub w nocy. Wahania stężeń radonu zatem mogą być duże – nawet pięćdziesięcioprocentowe i jest to całkowicie naturalne.⁴

Badania epidemiologiczne przeprowadzone wśród górników i ogółu populacji dostarczyły dowodów na rakotwórcze działanie radonu. Wzrost ryzyka raka płuc wśród osób niepalących może sięgać nawet 15% (w niektórych badaniach naukowych inne, wyższe wartości, w dalszej części opracowania badanie, w którym przyjmuje się wartość 16%) na każdy wzrost stężenia radonu o 100 Bq/m³.⁵ Raport z 2000 roku Komitetu Naukowego ONZ ds. Skutków Promieniowania Atomowego (ang. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR) podał szacunkowe średnie stężenia radonu w budynkach mieszkalnych dla 29 krajów europejskich, z populacyjną średnią ważoną stężenia promieniotwórczego radonu wynoszącą 59 Bq/m³. Skoro ryzyko raka płuc wynosi około 16%

² IARC, 2012 IARC (2012). IARC Monographs on the Identification on Carcinogenic Hazards to Human. International Agency for Research on Cancer. Volume 100D. Radiation. World Health Organization, 2012

³ Maier A, Wiedemann J, Rapp F, Papenfuß F, Rödel F, Hehlhans S, Gaigl US, Kraft G, Fournier C, Frey B. Radon Exposure-Therapeutic Effect and Cancer Risk. Int J Mol Sci. 2020 Dec 30;22(1):316. doi: 10.3390/ijms22010316. PMID: 33396815; PMCID: PMC7796069.

⁴ Nunes LJR, Curado A, Lopes SI. Zrozumienie sezonowej zmienności radonu w pomieszczeniach na podstawie danych zebranych za pomocą urządzenia IoT Edge obsługującego technologię LoRa. Applied Sciences . 2023; 13(8):4735. <https://doi.org/10.3390/app1308735>

⁵ Henyoh AMS, Laurent O, Mandin C, Clero E. Radon exposure and potential health effects other than lung cancer: a systematic review and meta-analysis. Front Public Health. 2024 Sep 25;12:1439355. doi: 10.3389/fpubh.2024.1439355. PMID: 39386959; PMCID: PMC11461271.

na każde 100 Bq/m³, to występowanie radonu w domach może odpowiadać za około 9% zgonów z powodu raka płuc, a tym samym za 2% wszystkich zgonów z powodu raka w Europie. W większości krajów europejskich stężenia promieniotwórcze radonu w mieszkaniach są bardzo zróżnicowane. W większości domów są one znacznie poniżej średniej krajowej, ale również mogą zdarzyć się mieszkania gdzie poziomy radonu są wielokrotnie wyższe niż średnia krajowa^{6,7}. Dlatego tak ważna jest świadomość dotycząca zagrożeń jakie niesie za sobą radon oraz udoskonalanie sposobów jego ograniczania. Analizy wskazują, że ryzyko raka płuc wzrasta proporcjonalnie wraz ze wzrostem narażenia na radon. Ponieważ wiele osób jest narażonych na niskie i umiarkowane stężenia radonu, większość przypadków raka płuc związanych z radonem wynika z tych poziomów ekspozycji, a nie z wyższych stężeń. Większość przypadków raka płuc wywołanych przez radon występuje wśród palaczy z powodu silnego efektu łącznego palenia i narażenia na radon⁸.

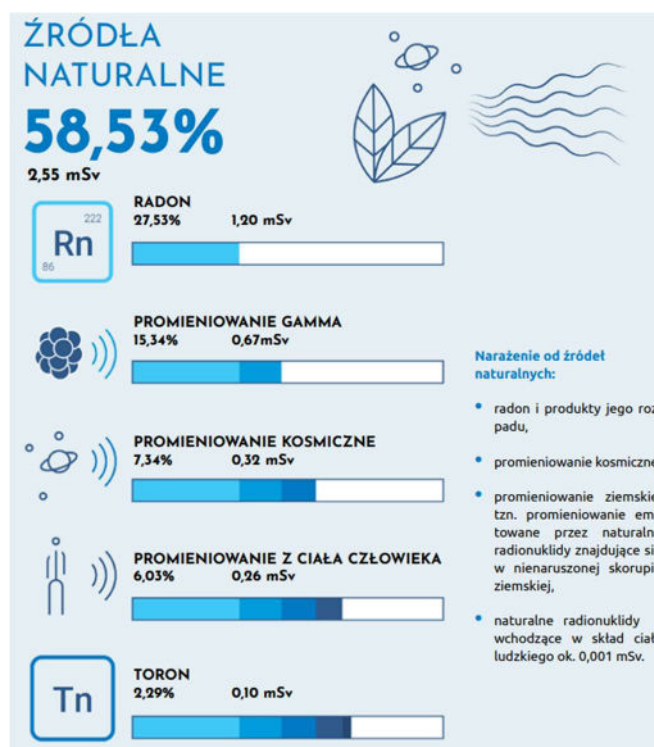
Zgodnie z informacjami zawartymi w Raporcie rocznym Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki za 2023 r. 58,53% całkowitej dawki skutecznej pochodziło od naturalnych źródeł promieniotwórczych i wyniosło 2,55 mSv/rok. Jednym ze źródeł naturalnych jest właśnie radon i produkty jego rozpadu (27,53%) co przekłada się na dawkę skuteczną 1,20 mSv/rok⁹. Na Rysunku 2 przedstawiony jest udział różnych źródeł naturalnych (w tym radonu) w całkowitej dawce skutecznej otrzymywanej przez człowieka w Polsce.

⁶ SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes VOLUME1: SOURCES

⁷ Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, Bochicchio F, Deo H, Falk R, Forastiere F, Hakama M, Heid I, Kreienbrock L, Kreuzer M, Lagarde F, Mäkeläinen I, Muirhead C, Oberaigner W, Pershagen G, Ruano-Ravina A, Ruosteenoja E, Rosario AS, Tirmarche M, Tomásek L, Whitley E, Wichmann HE, Doll R. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. BMJ. 2005 Jan 29;330(7485):223. doi: 10.1136/bmj.38308.477650.63. Epub 2004 Dec 21. PMID: 15613366; PMCID: PMC546066.

⁸ WHO HANDBOOK ON INDOOR RADON A PUBLIC HEALTH PERSPECTIVE

⁹ Raport roczny Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki za 2023 r.



Rysunek 2. Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w 2023 r. w średniej rocznej dawce skutecznej⁹

Można zauważyć, że to właśnie radon stanowi największy wkład do całkowitej dawki skutecznej otrzymywanej przez człowieka spośród wszystkich naturalnych źródeł promieniotwórczych występujących w środowisku. Na przestrzeni lat udział narażenia pochodzącego od radonu w stosunku do całkowitego narażenia od źródeł naturalnych maleje. Powoduje to również stopniowe zmniejszanie otrzymywanej przez człowieka dawki skutecznej. W Tabeli 1 zebrano dane z lat 2007-2023 na podstawie Raportów rocznych Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki¹⁰.

Tabela 1. Udział w narażeniu pochodzącego od radonu w stosunku do narażenia pochodzącego od naturalnych źródeł promieniotwórczych. Dawka skuteczna pochodząca od radonu¹⁰.

rok	udział w narażeniu [%]	dawka skuteczna od radonu [mSv/rok]
2007	40,6	1,36
2008	40,6	1,36
2009	37,6	1,2
2010	36,4	1,201
2011	36,4	1,201

¹⁰ Raporty roczne Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki za 2007-2023 r.

2012	36,3	1,201
2013	36,3	1,201
2014	36,3	1,201
2015	36,3	1,201
2016	33,9	1,201
2017	33,7	1,201
2018	32,0	1,2
2019	31,1	1,2
2020	30,3	1,2
2021	28,6	1,2
2022	27,6	1,2
2023	27,53	1,2

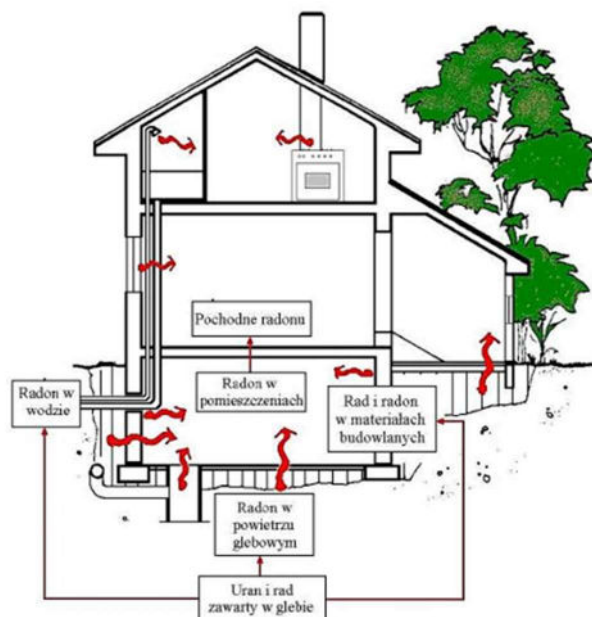
W latach 2007-2023 obserwuje się systematyczny spadek udziału radonu w całkowitym narażeniu od naturalnych źródeł promieniowania. W 2007 roku wynosił on 40,6%, a w 2023 roku spadł do 27,53%. Również dawka skuteczna zmniejszyła się z 1,36 mSv/rok do 1,2 mSv/rok.

2. RADON W POMIESZCZENIACH I JEGO OGRANICZANIE

Radon przenika do budynków poprzez szczeliny w fundamentach, otwory wentylacyjne, studzienki kanalizacyjne oraz nieszczelności konstrukcyjne. Jego koncentracja w budynkach zależy od rodzaju gleby, konstrukcji budynku i poziomu wentylacji. Podczas budowy domu dochodzi do naruszenia wierzchniej warstwy gruntu, co umożliwia dotarcie do głębszych warstw, gdzie stężenie radonu może być znaczne. W wyniku różnicy ciśnienia między budynkiem a otoczeniem, radon jest zasysany z gruntu do środka budynku poprzez tzw. efekt kominowy. Na wyższych kondygnacjach stężenie radonu w powietrzu wewnętrznym może być bardziej uzależnione od rodzaju materiałów, z których wykonane są ściany i stropy, a także od rodzaju pokrycia ścian. Dodatkowo, łatwiejsze przedostawanie się radonu do budynków może mieć miejsce dzięki powszechnie stosowanej wentylacji grawitacyjnej oraz występowaniu efektu kominowego w sezonie grzewczym. Ogrzane powietrze wydostające się z budynku przez mikroszczeliny w oknach oraz kratki wentylacyjne powoduje obniżenie ciśnienia wewnątrz, co z kolei wyciąga powietrze z dolnych partii budynku, w tym z piwnic. To zjawisko ułatwia przenikanie radonu z gruntu do piwnic, gdzie jego stężenie może być szczególnie wysokie. W ten sposób stężenie radonu może przyjmować znaczące wartości nawet w budynkach położonych na terenach, gdzie stężenie radonu w glebie jest niewielkie, ale jest np. duża przepuszczalność gruntu lub występują uskoki tektoniczne ułatwiające jego przemieszczanie.

Radon jest dobrze rozpuszczalny w wodzie, dlatego może być wchłaniany przez wody gruntowe i transportowany wraz z nimi do budynków. Gaz przedostaje się do powietrza, gdy

woda jest wykorzystywana, na przykład podczas kąpieli lub podczas pracy pralek i zmywarek. Zazwyczaj wpływ ten jest niewielki, dodając tylko kilka Bq/m³ do średniego rocznego stężenia radonu w pomieszczeniach. Jednak w szczególnych warunkach geologicznych, takich jak tereny granitowe lub obszary złożone z rud uranu, korzystanie z wody pochodzącej z określonych studni może prowadzić do wzrostu stężenia radonu w mieszkaniach i innych budynkach gdzie przebywa człowiek. Również pracownicy wykonujący pracę w kopalniach, tunelach, a także niektórych laboratoriach są szczególnie narażeni na podwyższone stężenia radonu. Na Rysunku 3 pokazano schemat dróg przenikania radonu do wnętrza budynku.



Rysunek 3. Schemat dróg wnikania radonu do wnętrza budynku¹¹

Aby obniżyć poziom radonu w budynku, należy przede wszystkim skupić się na kilku kluczowych działaniach. Pierwszym i najważniejszym sposobem redukcji stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu jest wietrzenie i odpowiednia wentylacja. Warto zainstalować system wentylacji mechanicznej, który poprawi cyrkulację powietrza i obniży stężenie radonu. Wentylacja mechaniczna to system wymuszonej wymiany powietrza w budynku, wykorzystujący wentylatory i przewody do zasysania powietrza wewnętrznego oraz odprowadzania go na zewnątrz budynku. Jej główną zaletą jest możliwość jej regulacji, co pozwala na dostosowanie intensywności działania do potrzeb. Wentylacja mechaniczna dodatkowo działa efektywnie niezależnie od warunków atmosferycznych, takich jak wiatr, i jest znacznie wydajniejsza od wentylacji naturalnej.

Najczęściej stosowaną metodą wentylacji jest jednak wentylacja grawitacyjna, która opiera się na wytwarzaniu ciągu powietrza w kanale wentylacyjnym w wyniku różnicy gęstości między powietrzem zewnętrznym a wewnętrznym. Wymiana powietrza zależy od kilku czynników, takich jak różnica ciśnień między wnętrzem budynku a otoczeniem, kubatura

¹¹ Rubin J.A, Wyciszczok D., Doleżych, Pomiar radonowy w wybranych budynkach mieszkalnych ziemi rybnickiej, 2023, ZN Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji, volume 12, issue 1, pp. 95-108

budynku, jego szczelność, siła wiatru, liczba otworów wentylacyjnych oraz wielkość i stopień otwarcia okien i drzwi. Najprostszą formą wentylacji naturalnej jest wietrzenie pomieszczeń poprzez otwieranie okien lub drzwi.

Innym sposobem na zapobieganie przedostawaniu się radonu do budynków są dokonywane prace izolacyjne, takie jak:

- przygotowanie podłoża przed wylaniem posadzki betonowej w piwnicy (ubijanie ziemi, stosowanie warstwy żwiru oraz folii polietylenowej i geotekstylnej),
- regularna inspekcja budynku w celu wykrycia pęknięć i uszczelnianie ich żywicą,
- uszczelnianie podłoża przez zabetonowanie oraz wykonanie izolacji termicznej, która zapewni oddzielenie pomieszczeń ogrzewanych od nieogrzewanych,
- ograniczenie liczby odpływów w piwnicy oraz staranność przy projektowaniu odwiertów do gruntowych pomp ciepła, aby uniknąć ich umieszczania pod fundamentami.

Należy również unikać przekształcania piwnic w pomieszczenia mieszkalne. Piwnice, ze względu na ich położenie w budynkach, są miejscem, w którym stężenie promieniotwórcze radonu może być najwyższe w całym budynku. Ważnym aspektem jest również odpowiednie zaplanowanie wejść do piwnicy. Wejście powinno być zaplanowane w sposób, który ograniczy napływ zanieczyszczonego powietrza do pozostałej (częściej używanej) części budynku, np. poprzez hermetyczne drzwi lub dostęp tylko z zewnątrz budynku.

Ograniczenie czasu narażenia na radon w budynkach jest jedną z podstawowych metod redukcji ryzyka zdrowotnego związanego z tym promieniotwórczym gazem. Ograniczanie czasu przebywania w takich miejscach może znacząco zmniejszyć dawkę pochłoniętego promieniowania. Istotną kwestią jest określenie miejsc o wysokim stężeniu radonu. Można dokonać tego przez odpowiednie pomiary stężenia radonu w budynkach. W budynkach mieszkalnych lub usługowych pomieszczenia, w których stężenie radonu jest podwyższone, można przeznaczyć do celów takich jak przechowywanie rzeczy, a nie do codziennego przebywania ludzi. W miejscach pracy można ograniczyć czas spędzany przez pracowników w takich pomieszczeniach, organizując w odpowiedni sposób pracę. W zakładach pracy, szczególnie w budynkach przemysłowych lub w kopalniach, można zastosować system zmianowy lub rotacyjny, aby pracownicy nie przebywali zbyt długo w miejscach o wysokim stężeniu promieniotwórczym radonu. Kluczowe jest również informowanie mieszkańców czy pracowników o ryzyku związanym z narażeniem na radon oraz o prostych metodach ochrony. Dzięki temu możliwe jest świadome podejmowanie działań mających na celu minimalizację zagrożeń dla zdrowia.

Każde z ww. działań wymaga precyzyjnego dostosowania do specyficznych warunków budynku, jego otoczenia i funkcji jakie spełnia (budynek mieszkalny, miejsce pracy). Regularne pomiary i kontrole są kluczowe, aby efektywnie zarządzać poziomem radonu.

3. METODY MONITOROWANIA RADONU

Kluczowym krokiem w ograniczaniu ryzyka jest regularny pomiar stężenia radonu w budynkach przebywania ludzi (mieszkania czy miejsca pracy). Istnieje wiele metod pomiaru stężenia promieniotwórczego radonu, które różnią się czasem trwania, dokładnością i zastosowaniem. Można je podzielić na krótkoterminowe, długoterminowe i ciągłe. Krótkoterminowe pomiary, trwające kilka dni, są wykorzystywane, gdy potrzebna jest szybka ocena stężenia radonu, na przykład przed zakupem nieruchomości. W takich przypadkach stosuje się detektory węglowe, które pochłaniają radon, a następnie są analizowane w laboratorium, lub komory jonizacyjne, które dostarczają natychmiastowe wyniki. Długoterminowe pomiary, trwające od kilku miesięcy do roku, pozwalają na bardziej precyzyjną ocenę średniego stężenia radonu i jego zmienności w czasie. W tego rodzaju monitorowaniu często wykorzystuje się detektory śladowe, oparte na materiałach reagujących na promieniowanie alfa, takich jak folia CR-39 lub komory pasywne, które pochłaniają radon przez dłuższy okres. Ciągłe monitorowanie stężenia radonu odbywa się za pomocą elektronicznych urządzeń, które w czasie rzeczywistym rejestrują poziom gazu, umożliwiając śledzenie wahań dobowych i sezonowych. Przenośne elektroniczne detektory są często używane do szybkich pomiarów, natomiast stacjonarne systemy monitorowania instaluje się w miejscach o wysokim ryzyku, takich jak kopalnie czy budynki publiczne, aby na bieżąco kontrolować stężenie radonu i alarmować w przypadku przekroczenia norm.

Ważnym aspektem monitorowania jest również pomiar stężenia pochodnych radonu, takich jak izotopy polonu, bizmutu czy ołowiu, co pozwala na dokładniejszą ocenę dawek promieniowania, zwłaszcza w środowisku pracy. Monitoring środowiskowy, obejmujący pomiary radonu w glebie, wodzie i powietrzu zewnętrznym, jest istotny dla oceny potencjalnego zagrożenia w danym obszarze. Regularne i odpowiednio dobrane metody monitorowania radonu pozwalają na podejmowanie skutecznych działań prewencyjnych, takich jak poprawa wentylacji, uszczelnianie fundamentów czy instalacja systemów odprowadzających radon z budynków.

4. AKTUALNE WYTYCZNE KRAJOWE I MIĘDZYNARODOWE

Obecna sytuacja prawna związana z narażeniem na radon w Polsce wynika z konieczności implementacji przepisów Dyrektywa Rady 2013/59/Euratom z dnia 5 grudnia 2013 r. ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego oraz uchylająca dyrektywy 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom (Dz. U. UE. L. z 2014 r. Nr 13, str. 1 z późn. zm.). Dokument ten nakłada na państwa członkowskie Unii Europejskiej obowiązek monitorowania stężenia radonu, zwłaszcza w miejscach pracy oraz w budynkach mieszkalnych, w których narażenie na ten gaz może być wyższe niż dopuszczalne normy. Dokument określa wymagania dotyczące pomiarów i monitorowania stężenia radonu

w powietrzu, a także wprowadza limity odniesienia dla maksymalnych stężeń, które nie powinny zostać przekroczone. Ponadto nakłada obowiązki na pracodawców, zapewnienia odpowiedniej ochrony pracowników narażonych na wysokie stężenie promieniotwórcze radonu. Zawiera również przepisy dotyczące działań naprawczych w przypadku stwierdzenia przekroczenia norm bezpieczeństwa, takich jak poprawa wentylacji czy uszczelnienie fundamentów budynków. Dyrektywa podkreśla również rolę instytucji odpowiedzialnych za informowanie społeczeństwa o zagrożeniach związanych z radonem, jak również organizowanie badań naukowych i działań edukacyjnych, mających na celu podniesienie świadomości na temat ryzyka zdrowotnego wynikającego z długotrwałego narażenia na radon. Państwa członkowskie zostały zobowiązane do implementacji przepisów dyrektywy do krajowego porządku prawnego oraz do zapewnienia przestrzegania tych norm przez odpowiednie instytucje kontrolujące. Dyrektywa ma na celu nie tylko ochronę zdrowia publicznego, ale także zmniejszenie ryzyka zachorowania na choroby związane z narażeniem na radon, a także poprawę jakości życia w obszarach związanych z tym zagrożeniem¹².

Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 1277) stanowi krajowy akt prawny, który realizuje przepisy zawarte w ww. dyrektywie, określając szczegółowe zasady i procedury związane z ochroną przed promieniowaniem jonizującym w Polsce. W praktyce oznacza to, że przepisy dyrektywy są podstawą do opracowania i zmiany krajowych regulacji, takich jak Prawo atomowe, aby zapewnić zgodność z wymogami unijnymi.

W ustawie w artykułach 23b-23g znajdują się regulacje dotyczące narażenia na radon w miejscach pracy i w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi. Określony został zakres również odpowiedzialności za działania informacyjne i monitorowanie narażenia na radon m.in. w miejscach pracy i budynkach użyteczności publicznej. Ustalono poziom odniesienia dla średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu w miejscach pracy wewnątrz pomieszczeń oraz pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi – 300 Bq/m³. Kierownicy jednostek organizacyjnych zapewniają pomiar stężenia radonu lub stężenia energii potencjalnej alfa krótkożyciowych produktów rozpadu radonu w miejscach pracy:

- zlokalizowanych wewnątrz pomieszczeń – na parterze lub w piwnicy na terenach, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu w znacznej liczbie budynków może przekroczyć poziom odniesienia (300 Bq/m³),
- pod ziemią,
- związanych z uzdatnianiem wód podziemnych na terenach, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu w znacznej liczbie budynków może przekroczyć poziom odniesienia¹³.

¹² Dyrektywa Rady 1313/59/Euratom z dnia 5 grudnia 2013 r. ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego oraz uchylająca dyrektywy 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom (Dz. U. UE. L. z 2014 r. Nr 13, str. 1 z późn. zm.)

¹³ Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 1277)

Tereny, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń w znacznej liczbie budynków może przekraczać poziom odniesienia (tj. 300 Bq/m^3) w celu konieczności zapewnienia odpowiedniej ochrony radiologicznej pracowników wykonujących pracę w warunkach zwiększonego narażenia na radon zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie terenów, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń w znacznej liczbie budynków może przekraczać poziom odniesienia (Dz. U. poz. 1139). Jedynie w sześciu województwach (w wybranych powiatach) zostały określone ww. tereny¹⁴.

Kierownicy jednostek organizacyjnych wykonujących działalność, w których występują ww. miejsca pracy, powinni także zapewnić optymalizację narażenia pracowników wykonujących pracę w tych miejscach pracy. Istnieje konieczność informowania pisemnego pracowników m.in. o zwiększonym narażeniu na radon, wynikach pomiarów stężenia radonu stężenia energii potencjalnej alfa krótkożyciowych produktów rozpadu radonu, otrzymanych przez nich dawkach promieniowania oraz działaniach podejmowanych w celu ograniczenia narażenia na radon w miejscu pracy. W przypadku gdy wynik pomiaru przekroczy poziom odniesienia (300 Bq/m^3), kierownicy mają obowiązek podjęcia działań zapewniających ograniczenie narażenia pracowników na radon⁸.

Zbywca budynku, lokalu lub pomieszczenia przeznaczonego na pobyt ludzi oraz wynajmujący budynek, lokal lub pomieszczenie, przeznaczone na pobyt ludzi, przekazuje na żądanie nabywcy lub najemcy takiego budynku, lokalu lub pomieszczenia informację o wartości średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu odpowiednio w budynku, lokalu lub pomieszczeniu. Ww. zapis nie ma zastosowania do wynajmujących nieprowadzących działalności gospodarczej w zakresie wynajmu budynków, lokali lub pomieszczeń⁸.

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. poz. 2294) reguluje kwestie związane z jakością wody pitnej, w tym także obecnością radonu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi. W odniesieniu do radonu, rozporządzenie wprowadza obowiązki dotyczące monitorowania stężenia tego izotopu w wodzie pitnej oraz ustala limity jego obecności. W ten sposób rozporządzenie to stanowi część regulacji mających na celu ochronę zdrowia ludzi poprzez kontrolowanie jakości wody pitnej i zapewnienie, że nie będzie ona źródłem narażenia na promieniowanie jonizujące, w tym radon¹⁵.

W ustawie Prawo atomowe opisana została również rola Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki, która obejmuje m.in.: organizację kampanii promującej stosowanie środków mających na celu zapobieganie przenikaniu radonu do nowych budynków, prowadzenie działań informacyjno-edukacyjnych oraz szkoleniowych o dostępnych środkach zapobiegania

¹⁴ Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie terenów, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń w znacznej liczbie budynków może przekraczać poziom odniesienia (Dz. U. poz. 1139)

¹⁵ Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. poz. 2294)

przenikaniu radonu do nowych budynków, monitorowanie stosowania środków mających na celu zapobieganie przenikaniu radonu do nowych budynków czy określanie dobrych praktyk dotyczących technik i środków zapobiegających przenikaniu radonu do nowych budynków. Główny Inspektor Sanitarny jest zobowiązany natomiast do m.in. organizowania kampanii promujących stosowanie środków mających na celu ograniczenie średniorocznego stężenia radonu w budynkach, lokalach i pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi, prowadzenia działań informacyjno-edukacyjnych oraz szkoleniowych o dostępnych środkach ograniczenia stężenia radonu w budynkach, lokalach i pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi. Główny Inspektor Sanitarny określa ponadto dobre praktyki dotyczące sposobu pomiarów stężenia radonu w glebie i w pomieszczeniach⁸.

Jednym z najważniejszych obecnie dokumentów jest Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 22 stycznia 2021 r. w sprawie ogłoszenia Krajowego planu działania w przypadku długoterminowych zagrożeń wynikających z narażenia na radon w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi oraz w miejscach pracy (M. P. z 2021 r. poz. 169). Krajowy plan stanowi kluczowy element polityki ochrony zdrowia publicznego w Polsce, mający na celu zminimalizowanie ryzyka związanego z ekspozycją na radon. Plan ten opiera się na przepisach unijnych i krajowych. Krajowy plan działania w zakresie radonu ma na celu ograniczenie narażenia na radon, monitorowanie i pomiar radonu, edukację i informowanie społeczeństwa. W ramach Krajowego planu działania przewiduje się także bliską współpracę z instytucjami odpowiedzialnymi za nadzór nad przestrzeganiem przepisów dotyczących ochrony przed radonem. Plan działania uwzględnia również aktywności związane z podnoszeniem świadomości społeczeństwa na temat zagrożeń zdrowotnych wynikających z ekspozycji na radon. W ramach planu działania określa się również odpowiedzialność instytucji, takich jak Ministerstwo Zdrowia, Państwowa Inspekcja Sanitarna oraz inne odpowiednie służby, za wdrażanie, monitorowanie i egzekwowanie przepisów dotyczących narażenia na radon¹⁶.

5. EDUKACJA I ŚWIADOMOŚĆ SPOŁECZNA

Kampanie informacyjne i edukacyjne na temat radonu odgrywają kluczową rolę w ochronie zdrowia publicznego, szczególnie w kontekście zwiększania świadomości na temat zagrożeń związanych z tym gazem. Radon jest niewidzialnym, bezwonny gazem radioaktywnym, który może być obecny w powietrzu w budynkach, szczególnie w rejonach o podwyższonym ryzyku geologicznym. Długotrwałe narażenie na wysokie stężenie radonu może prowadzić do poważnych chorób, w tym raka płuc, co sprawia, że konieczne jest podjęcie działań mających na celu zmniejszenie tego ryzyka. Edukacja społeczeństwa w zakresie radonu jest kluczowa, ponieważ wiedza na temat tego gazu, jego źródeł oraz możliwych skutków zdrowotnych jest nadal ograniczona, zwłaszcza w krajach, w których problem radonu jest

¹⁶ Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 22 stycznia 2021 r. w sprawie ogłoszenia Krajowego planu działania w przypadku długoterminowych zagrożeń wynikających z narażenia na radon w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi oraz w miejscach pracy (M. P. z 2021 r. poz. 169).

stosunkowo nowy. W Polsce i wielu innych krajach konieczne jest kontynuowanie działań mających na celu zwiększenie świadomości na temat zagrożenia radonowego.

Zrozumienie zagrożenia, jakie niesie ze sobą radon, jest podstawą skutecznej edukacji. Istotne jest, aby społeczeństwo rozumiało, czym jest radon, jakie są jego źródła (grunt, materiały budowlane czy woda) oraz jakie mogą być skutki zdrowotne związane z długotrwałym narażeniem na jego działanie. Ważnym elementem edukacyjnym jest również rozpowszechnianie informacji o pomiarach stężenia radonu, szczególnie w domach, szkołach i miejscach pracy, zwłaszcza w regionach geologicznie predysponowanych do wyższych stężeń tego gazu. Ponadto istotnym celem edukacyjnym jest promowanie działań prewencyjnych, takich jak uszczelnianie pęknięć w fundamentach, poprawa wentylacji czy stosowanie barier przeciwradonowych w nowo budowanych budynkach, które mogą pomóc w ograniczeniu narażenia na radon.

W Polsce kampanie edukacyjne prowadzone są przez Państwową Agencję Atomistyki (PAA). Do jej działań należą publikacje i raporty dotyczące ryzyka związanego z radonem czy informowanie o obowiązkach prawnych związanych z monitorowaniem stężenia radonu w budynkach użyteczności publicznej i mieszkalnych.

Zwiększenie świadomości na temat radonu jest niezbędne dla ograniczenia zagrożeń związanych z tym gazem. Efektywna edukacja, wsparta odpowiednimi regulacjami i technologiami, może znacznie przyczynić się do zmniejszenia narażenia ludzi na ten czynnik ryzyka, co w konsekwencji wpłynie na poprawę zdrowia publicznego.

6. PODSUMOWANIE

Narażenie na radon stanowi istotne zagrożenie zdrowotne, szczególnie w kontekście rozwoju nowotworów płuc. Radon jest gazem szlachetnym, bezwonny i bezbarwny, który powstaje w wyniku szeregu przemian naturalnych pierwiastków promieniotwórczych w glebie, wodzie i skałach. W wyniku tego procesu radon może przedostać się do budynków, zwłaszcza tych, które są słabo wentylowane. Narażenie na radon jest szczególnie niebezpieczne, gdy dochodzi do długotrwałego wdychania tego gazu, ponieważ radon i jego pochodne (produkty rozpadu) emitują promieniowanie alfa, które może uszkadzać komórki w płucach, prowadząc do mutacji genetycznych i zwiększając ryzyko rozwoju raka płuc. W wielu krajach, zwłaszcza w Europie, Ameryce Północnej oraz Azji, przeprowadzono liczne badania epidemiologiczne dotyczące wpływu radonu na zdrowie, zwłaszcza w kontekście narażenia zawodowego, jak w przypadku górników. Badania te wykazały, że zwiększone stężenia radonu w miejscu pracy, a także w warunkach domowych, mogą prowadzić do znacznego wzrostu ryzyka raka płuc. Osoby, które palą papierosy, są szczególnie narażone na negatywne skutki działania radonu, ponieważ efekty jego działania oraz dymu tytoniowego nakładają się, co oznacza, że ryzyko nowotworu u palaczy narażonych na radon jest znacznie wyższe niż u osób niepalących.

Ponadto, stężenia radonu mogą się znacznie różnić w zależności od regionu, konstrukcji budynków, a także rodzaju gleby, na której są one wznoszone. W miejscach o wyższej

zawartości uranu w glebie, stężenia radonu mogą być znacznie wyższe, a ryzyko zdrowotne większe.

W obliczu tych zagrożeń, kluczowe jest podejmowanie działań mających na celu redukcję narażenia na radon. Istnieje wiele metod, które pozwalają na obniżenie stężenia radonu w pomieszczeniach mieszkalnych, takich jak poprawa wentylacji, uszczelnianie szczelin w fundamentach budynków, czy instalowanie systemów odprowadzających radon z podziemnych pomieszczeń. W przypadku istniejących budynków, te metody są stosunkowo niedrogie, a w nowych budynkach można łatwiej wdrożyć odpowiednie rozwiązania już na etapie budowy.

Wiedza na temat zagrożeń związanych z radonem powinna być zwiększana, aby ludzie byli bardziej świadomi ryzyka oraz dostępnych metod jego ograniczenia. Pomimo dużych postępów w zrozumieniu ryzyka związanego z narażeniem na radon, wciąż istnieje potrzeba dalszych badań, które pozwolą lepiej zrozumieć mechanizmy wpływu radonu na zdrowie, zwłaszcza w kontekście narażenia w warunkach mieszkalnych i narażenia zawodowym.