
Radon w budynkach

CZĘŚĆ 1 / 3

AUTOR

Łukasz Koszuk

Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej

Wprowadzenie do
problematyki radonu

Materiał informacyjno-edukacyjny przygotowany
został przez Państwową Agencję Atomistyki



PAŃSTWOWA
AGENCJA
ATOMISTYKI

Zadania i działalność Państwowej Agencji Atomistki

01 Państwowa Agencja Atomistyki (PAA) jest **centralnym organem administracji publicznej**, którego nadrzędnym celem jest **zapewnienie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce**.

02 **Działania PAA obejmują szeroki zakres obowiązków** – od nadzoru nad wykorzystaniem promieniowania jonizującego, po prowadzenie działań edukacyjnych i kontrolnych związanych z ochroną ludności i środowiska przed skutkami promieniowania.

03 **Agencja działa na podstawie ustawy Prawo atomowe**, która szczegółowo reguluje zakres jej kompetencji i odpowiedzialności.

04 **PAA dokonuje systematycznej oceny sytuacji radiacyjnej kraju**. Podstawą do takiej oceny są dane pozyskiwane z monitoringu radiacyjnego, informacje na temat zdarzeń radiacyjnych w kraju oraz informacje pozyskiwane od innych państw i organizacji międzynarodowych.

Zadania i działalność Państwowej Agencji Atomistyki w zakresie radonu

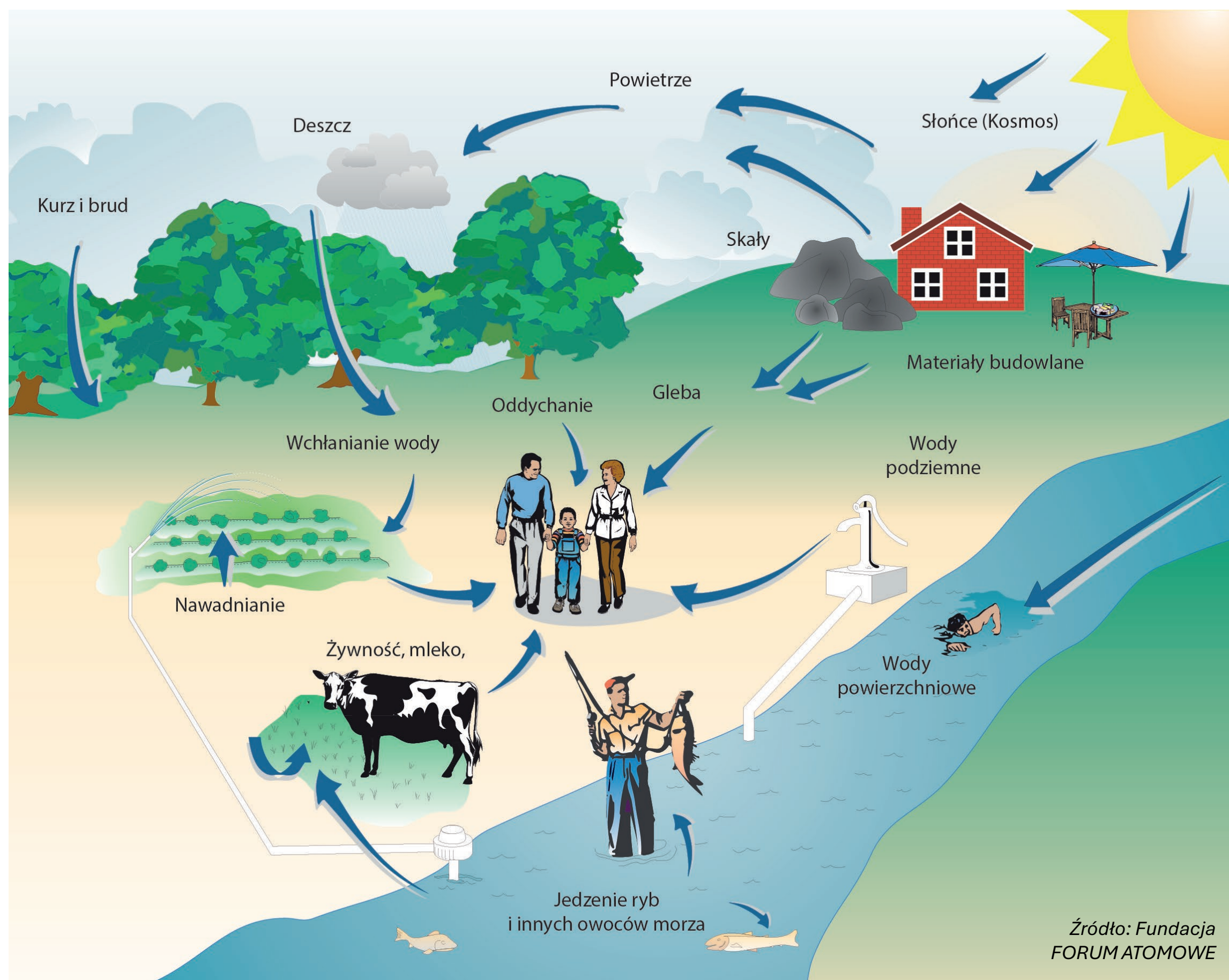
W artykule 23g ustawy Prawo atomowe opisana została szczegółowo rola Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki w zakresie radonu, obejmuje ona m.in.:

- 01** organizację kampanii promującej stosowanie środków mających na celu zapobieganie przenikaniu radonu do nowych budynków.
- 02** prowadzenie działań informacyjno-edukacyjnych oraz szkoleniowych o dostępnych środkach zapobiegania przenikaniu radonu do nowych budynków.
- 03** monitorowanie stosowania środków mających na celu zapobieganie przenikaniu radonu do nowych budynków.
- 04** określanie dobrych praktyk dotyczących technik i środków zapobiegających przenikaniu radonu do nowych budynków.
- 05** zamieszczanie w Biuletynie Informacji Publicznej informacji o instrumentach służących finansowaniu środków mających na celu zapobieganie przenikaniu radonu do nowych budynków.

Naturalne źródła promieniowania jonizującego

Promieniowanie jonizujące jest wszechobecnym zjawiskiem, którego źródła możemy podzielić na naturalne i sztuczne. W niniejszym opracowaniu koncentrujemy się na naturalnych źródłach promieniowania, które otaczają nas od zarania dziejów.

Główne źródła naturalnego promieniowania jonizującego (ilustracja) to: przestrzeń kosmiczna, radionuklidy w skorupie ziemskiej oraz organizm człowieka i żywność.



Naturalne źródła promieniowania jonizującego

- **Promieniowanie kosmiczne:**
 - odkryte w 1912 r. przez Viktora Hessa;
 - pochodzi ze Słońca i odległych obszarów kosmosu;
 - tworzy promieniowanie wtórne w atmosferze: elektrony, miony, gamma, neutrony.
- **Radionuklidy w skorupie ziemskiej:** potas-40, uran-235, uran-238, tor-232.
- **Promieniotwórczość w organizmie człowieka:** potas-40 – aktywność ok. 3700 Bq (bekereli) w przeciętnym organizmie (ok. 60 kg).
- **Radon:**
 - powstaje z rozpadu uranu-238;
 - odpowiada za 47% dawki od naturalnych źródeł promieniowania jonizującego w Polsce;
 - kumuluje się w zamkniętych przestrzeniach.

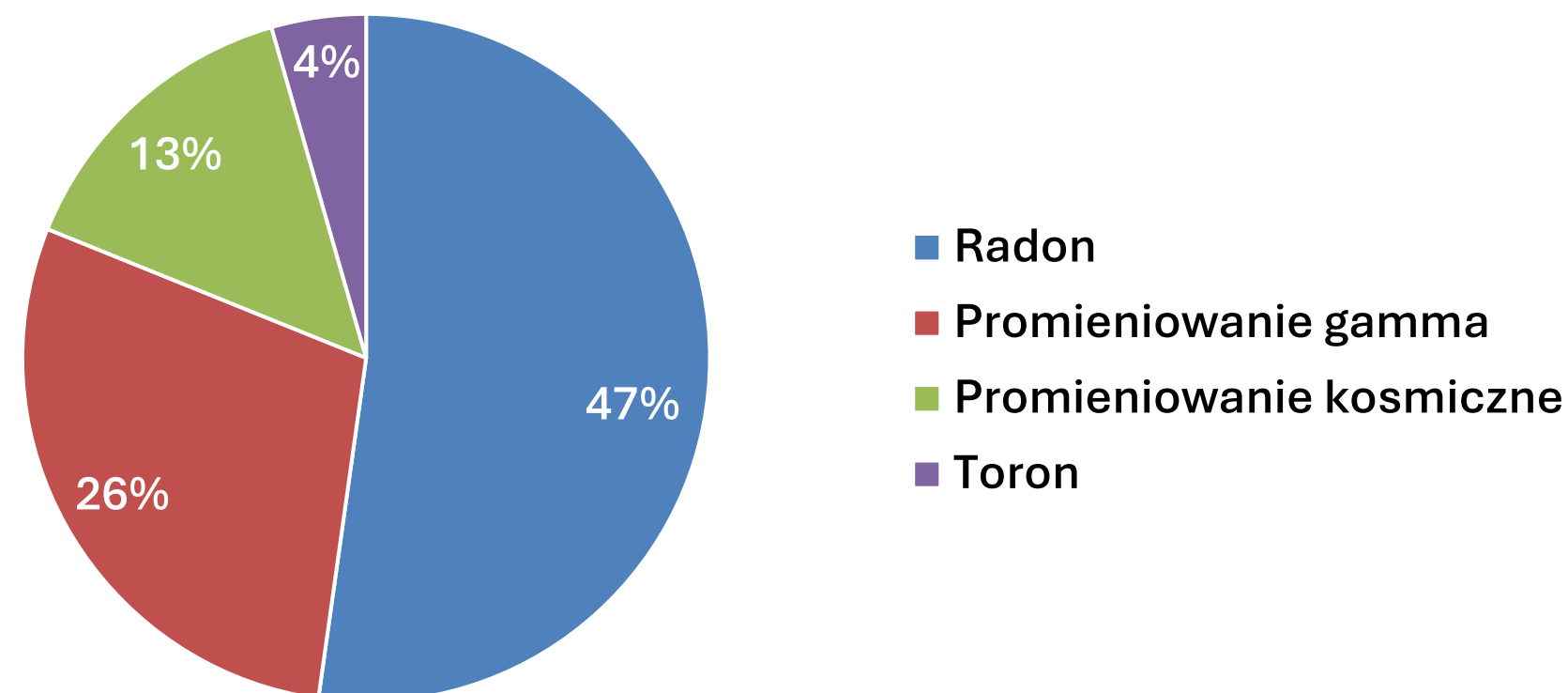
Naturalne źródła promieniowania jonizującego

Całkowita dawka promieniowania jonizującego od źródeł naturalnych otrzymywana przez statystycznego mieszkańca Polski w 2023 roku wyniosła 2,55 mSv.

W szczególności radon i jego produkty rozpadu przyczyniły się do dawki na poziomie 1,2 mSv (Raport roczny Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki za 2023 rok, Państwowa Agencja Atomistyki).

Składowa	Średnia roczna dawka skuteczna [mSv]	Udział w całkowitej rocznej dawce skutecznej od źródeł naturalnych
Radon	1,2	47%
Promieniowanie gamma	0,67	26%
Promieniowanie kosmiczne	0,32	13%
Ciało człowieka	0,26	10%
Toron	0,1	4%

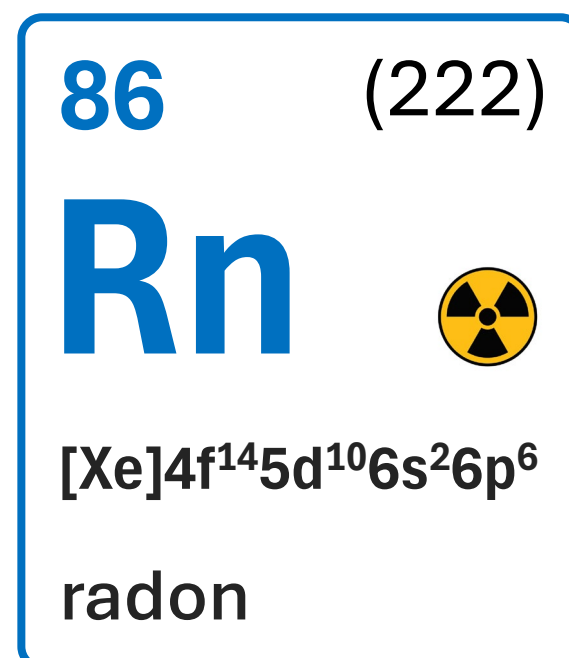
Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej rocznej dawce skutecznej w Polsce w 2023 roku



← ↑ Źródło: Raport roczny Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki za 2023 rok, Państwowa Agencja Atomistyki

Radon – promieniotwórczy gaz szlachetny

Ważną składową naturalnego promieniowania jonizującego jest **radon** – gaz powstający w wyniku rozpadu uranu-238 obecnego w skorupie ziemskiej



Radon-222, będący jego najistotniejszym izotopem, przenika do atmosfery przez szczeliny w podłożu i fundamentach budynków, kumulując się w zamkniętych pomieszczeniach.

W efekcie radon odpowiada za około 47% całkowitej dawki promieniowania dla mieszkańca Polski ze źródeł naturalnych.

01

Radon to naturalnie występujący, radioaktywny gaz szlachetny o symbolu chemicznym Rn i liczbie atomowej 86.

02

Radon został odkryty w 1900 roku przez niemieckiego fizyka Friedricha Ernsta Dorna, który początkowo nazwał go „emanacją”.

03

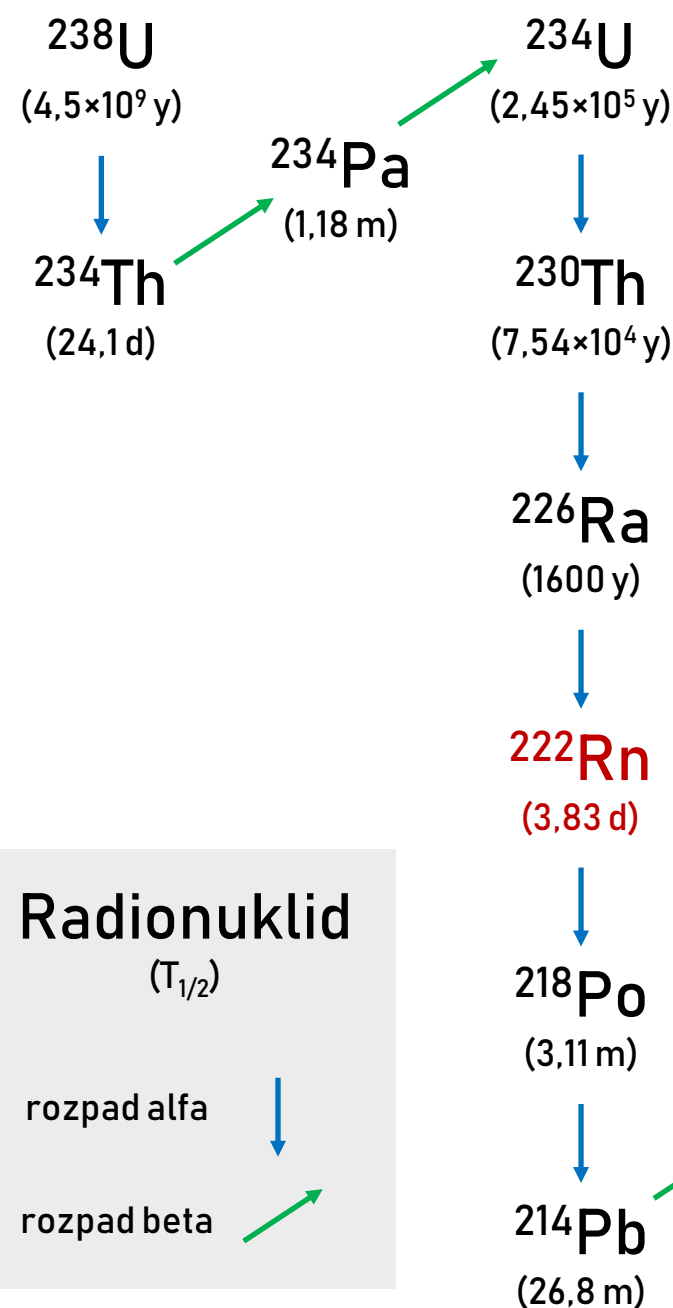
W układzie okresowym pierwiastków znajduje się w grupie gazów szlachetnych, co oznacza, że jest chemicznie obojętny i rzadko tworzy związki z innymi substancjami.

Radon – promieniotwórczy gaz szlachetny

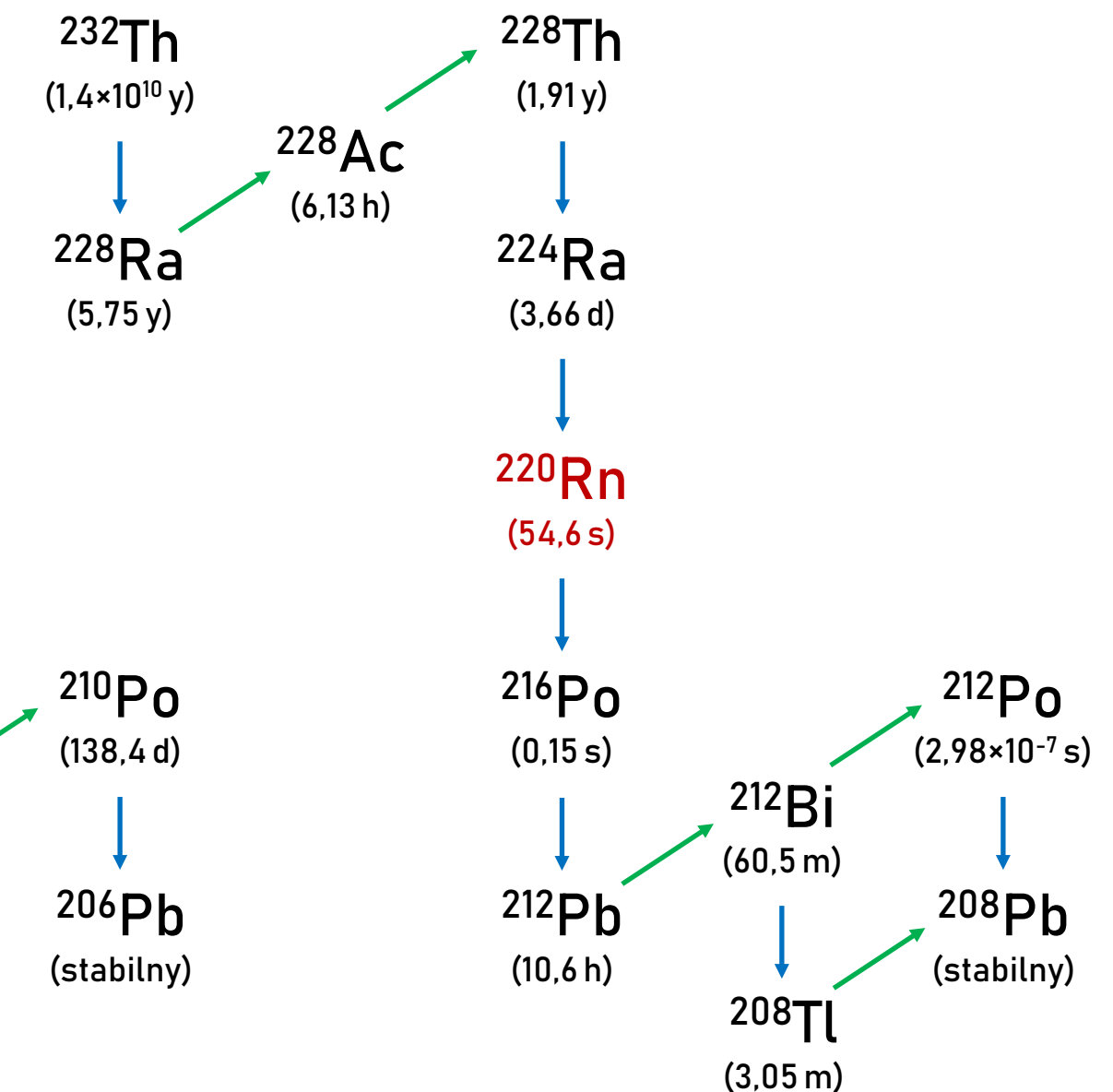
Radon występuje w postaci izotopu radonu-222, który powstaje w łańcuchu rozpadów uranu (tzw. szereg uranowo-radowy) oraz w postaci izotopu radonu-220, powstającego w łańcuchu rozpadu toru (tzw. szereg torowy).

Radon-222 jest bardziej znaczący od radonu-220, ponieważ jego okres połowicznego rozpadu wynosi **3,83 dnia** i jest najdłuższy w porównaniu do pozostałych izotopów radonu, dla których czas ten jest liczony w sekundach.

Szereg uranowo-radowy



Szereg torowy



s – sekundy, m – minuty, h – godziny d – dni, y – lata

Właściwości radonu

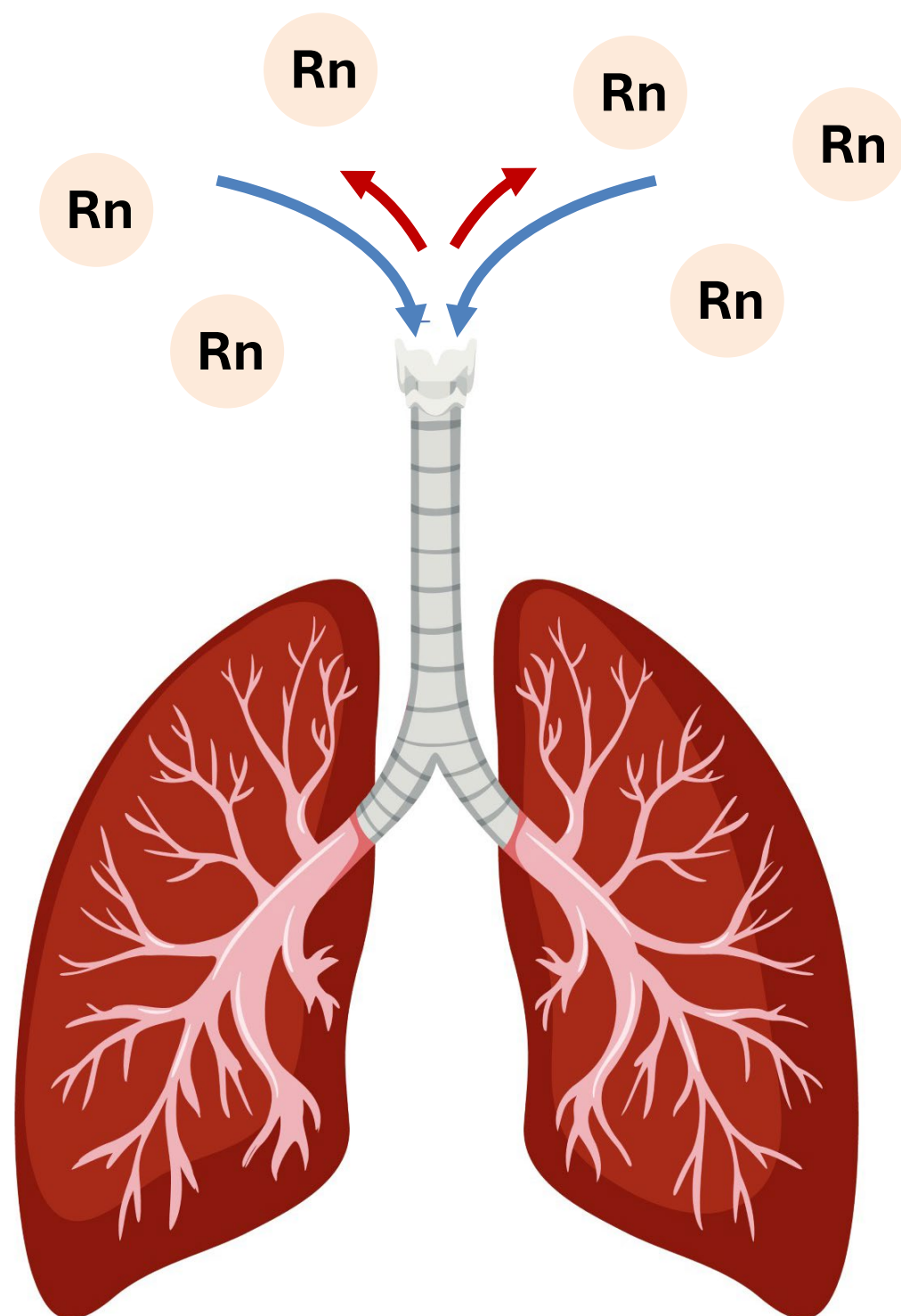
- gaz szlachetny
 - jedyny naturalny gazowy pierwiastek promieniotwórczy w przyrodzie
 - okres połowicznego rozpadu 3,83 dnia
 - dobrze rozpuszcza się w wodzie
 - bezwonny, bezbarwny, niepalny
 - 8 razy cięższy od powietrza
-

W wyniku promieniotwórczego rozpadu radonu-222 emitowane jest promieniowanie alfa (jądro atomu helu-4) i powstają niebezpieczne dla organizmu człowieka produkty rozpadu radonu stanowiące metale ciężkie takie jak polon, bizmut i ołów. Poniżej przedstawiono schemat rozpadu radonu-222 (Rn-222):



Cząstka alfa, czyli jądro atomu helu-4, składa się z dwóch protonów i dwóch neutronów i ma dużą zdolność jonizacji materii przy jednocześnie bardzo małym zasięgu, co daje największą skuteczność biologiczną spośród wszystkich cząstek jonizujących.

Wpływ na zdrowie



Dlaczego zajmujemy się radonem?

Emisja wysoce jonizującej cząstki alfa w połączeniu z produktami jego rozpadu, którymi są izotopy metali ciężkich (to także są izotopy promieniotwórcze), a dodatkowo uwzględniając stan skupienia radonu, umożliwiającą jego łatwe przemieszczanie się, powoduje, że **radon stanowi potencjalne zagrożenie dla ludzkiego organizmu.**

Najbardziej narażone są drogi oddechowe, ponieważ powietrze z radonem jest wdychane i wydychane z płuc. Szczególnie niebezpieczne jest osadzanie się w drogach oddechowych radioaktywnych produktów rozpadu radonu, które ulegają kolejnym procesom rozpadów, w tym alfapromieniotwórczym. **Według Światowej Organizacji Zdrowia (ang. World Health Organization, WHO) radon jest odpowiedzialny za 3–14% przypadków zachorowań na nowotwór płuc i zaraz po paleniu papierosów jest głównym czynnikiem narażenia.**

Naturalne źródła radonu

01 Pochodzenie radonu i jego źródła

- **Proces powstawania radonu:** radon powstaje w wyniku rozpadu uranu (U-238) i toru (Th-232), naturalnie występujących w skorupie ziemskiej.
- **Główne źródła radonu:** skały (granit, piaskowiec), gleby (gliniaste), wody gruntowe.
- **Rozpowszechnienie:** ze względu na obecność uranu i toru praktycznie w każdym rodzaju podłoża, radon może uwalniać się w różnych warunkach geologicznych.
- **Obszary o wysokim ryzyku:** skały granitowe i gleby gliniaste zawierające wysokie ilości uranu i toru są najbardziej narażone na emisję radonu.

02 Mechanizmy uwalniania radonu

- **Dyfuzja i przepływ gazów:** radon uwalnia się z gleby przez pory, szczeliny i uskoki w podłożu.
- **Transport wodny i gazowy:** radon może być przenoszony w roztworze wodnym lub przez gazy glebowe, prowadząc do lokalnych wzrostów stężenia w miejscach takich jak granice różnych rodzajów skał czy obszary osiadań górskich.
- **Intensywność emisji:** zależy od geologii podłoża (porowatość, wilgotność gleby) oraz obecności naturalnych barier (np. warstwy gliny ograniczające migrację gazu).

Obszary o wysokim potencjale radonowym w Polsce

Rozporządzenie
Ministra Zdrowia z 2020
roku definiuje obszary,
gdzie średnioroczne
stężenie radonu
w powietrzu może
przekraczać **300 Bq/m³**.

01**Województwo dolnośląskie**

powiaty: dzierzoniowski, karkonoski, kamiennogórski, kłodzki, lubański, lwówecki, polkowicki, trzebnicki, wałbrzyski, ząbkowicki, zgorzelecki i złotoryjski oraz dwa miasta na prawach powiatu: Jelenia Góra i Wałbrzych

02**Województwo lubelskie**

powiat tomaszowski

03**Województwo opolskie**

powiaty: nyski i prudnicki

04**Województwo podkarpackie**

powiaty: bieszczadzki, jasielski, krośnieński, leski, mielecki i sanocki

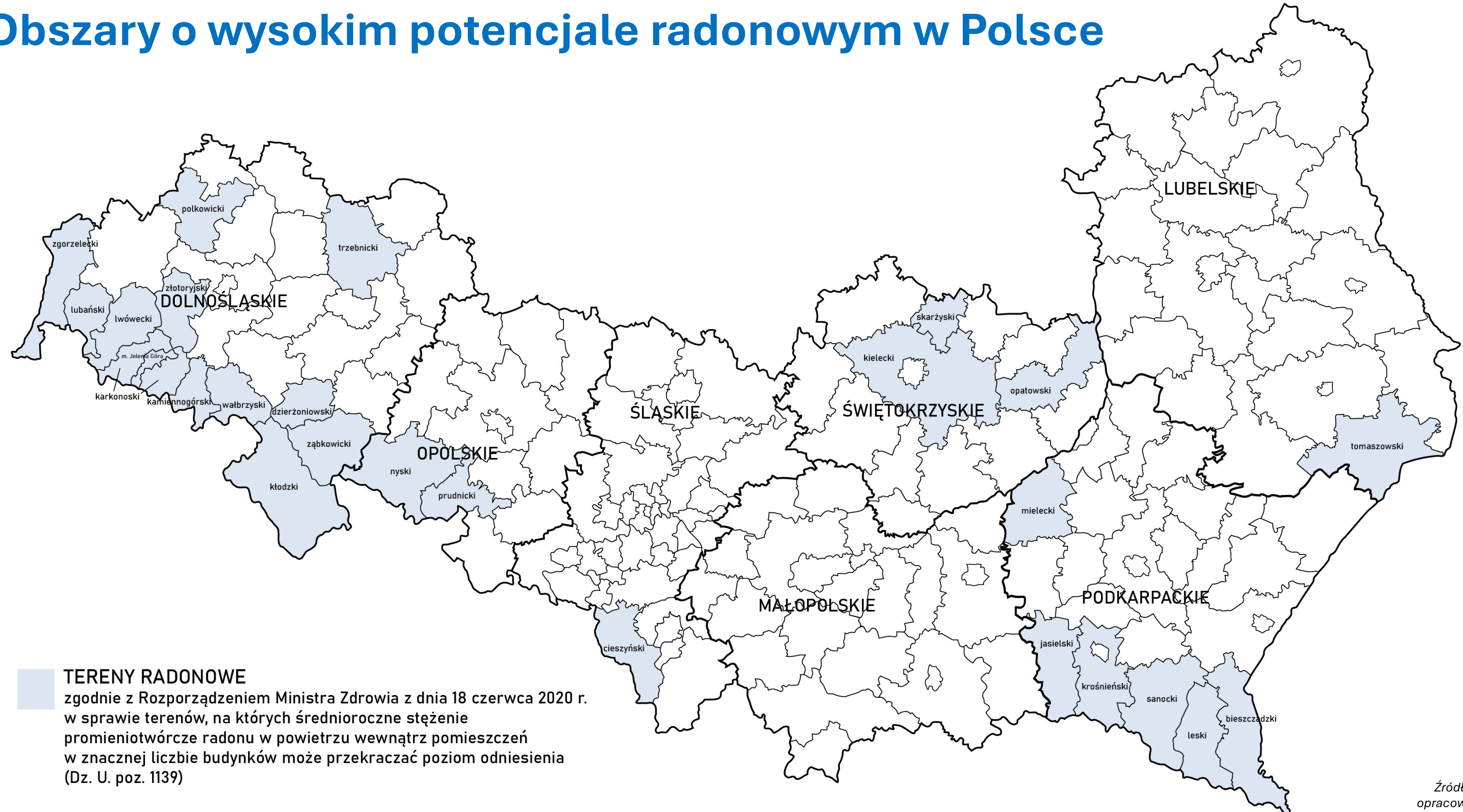
05**Województwo śląskie**

powiat cieszyński

06**Województwo świętokrzyskie**

powiaty: kielecki, opatowski i skarżyski

Obszary o wysokim potencjale radonowym w Polsce



Jak radon przenika do wnętrza budynków?

Radon w atmosferze i zamkniętych przestrzeniach

- **Mieszanie z powietrzem atmosferycznym:** na otwartych przestrzeniach radon szybko ulega rozcieńczeniu, dlatego jego stężenie jest bardzo niskie.
- **Problem zamkniętych przestrzeni:** radon kumuluje się w pomieszczeniach o słabej wentylacji, takich jak piwnice, szkoły czy miejsca pracy.
- **Drogi przenikania do budynków:** szczeliny w fundamentach, rury instalacyjne i materiały budowlane, brak izolacji przeciwwilgociowej w podłogach piwnic.

Radon w materiałach budowlanych

- **Źródła radonu w materiałach budowlanych:** rad powstały z naturalnych minerałów uwalnia radon do powietrza.
- **Wpływ materiałów budowlanych:** emisja radonu z mineralnych materiałów budowlanych może zwiększać jego stężenie w pomieszczeniach o maksymalnie 15 Bq/m³.
- **Struktura geologiczna Polski:** obszary górskie zawierają więcej naturalnie promieniotwórczych minerałów niż rejony centralne.

Radon w wodach gruntowych

- **Obszary występowania:** szczególnie w głębszych warstwach wodonośnych na terenach granitowych i ze złożami rudy uranu.
- **Emisja w budynkach:** uwalnianie radonu do powietrza podczas gotowania, prania i kąpieli.
- **Wpływ na stężenie w powietrzu:** wody z dużą zawartością radonu mogą przyczyniać się do jego podwyższonego poziomu w pomieszczeniach.

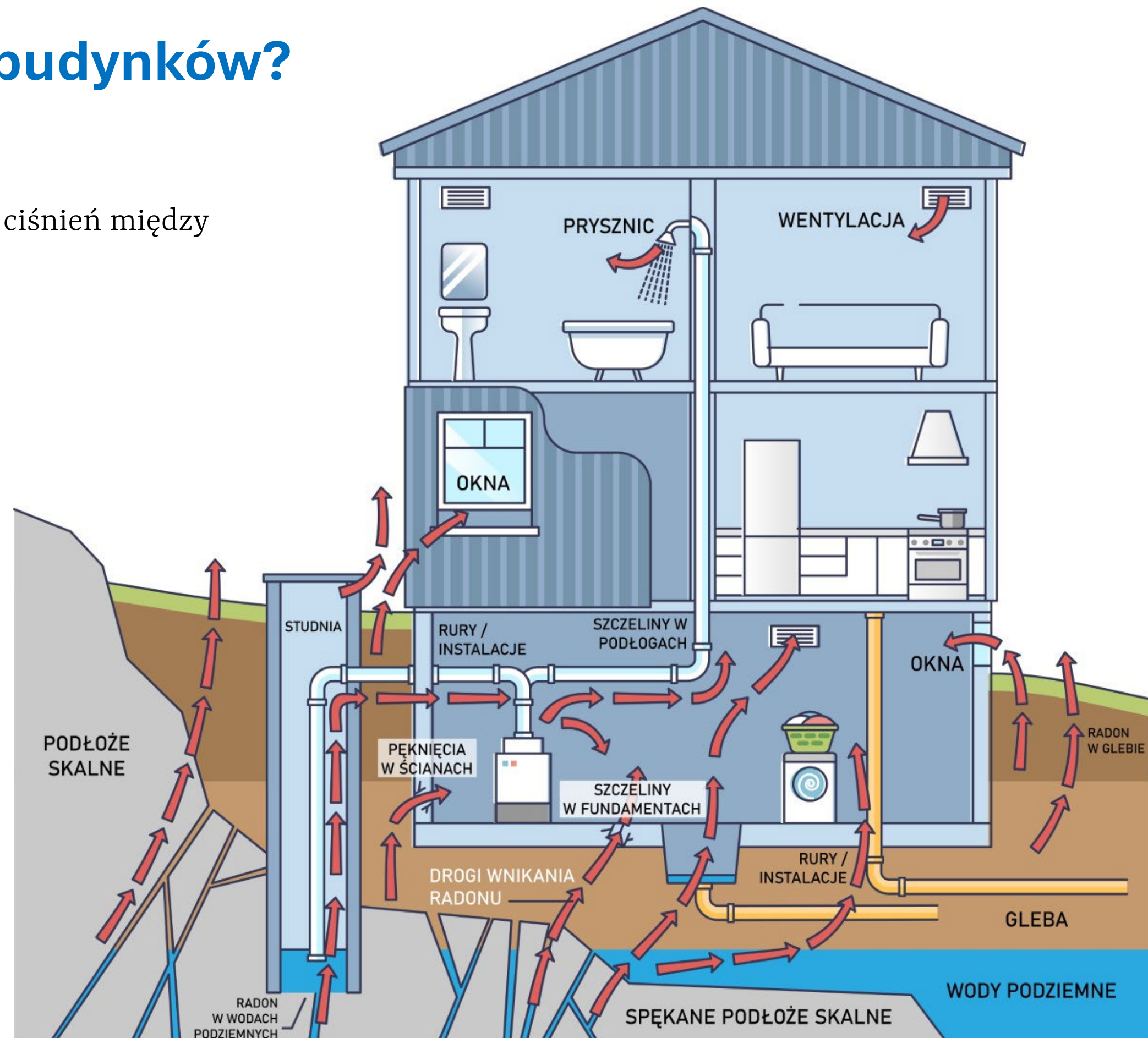
Jak radon przenika do wnętrza budynków?

Mechanizmy przenikania radonu do budynków

- **Konwekcja (efekt kominowy):** powstaje na skutek różnicy ciśnień między wnętrzem budynku a glebą.
- **Dyfuzja:** przenikanie gazu przez fundamenty i ściany.

Drogi przenikania radonu do budynków

- Nieszczelności w fundamentach, takie jak pęknięcia, szczeliny i otwory technologiczne.
- Nieszczelności wokół rur wodociągowych, gazowych, kanalizacyjnych czy przewodów instalacji elektrycznej.
- Przewody kominowe i wentylacyjne.
- Przepływ radonu przez szczeliny między podłogą a ścianą, płyty podłogowe czy otwory dylatacyjne.
- Woda czerpana z ujęć podziemnych, która zawiera rozpuszczony radon, może uwalniać ten gaz podczas użytkowania (np. podczas gotowania, mycia czy korzystania z prysznica).
- Nieszczelności w oknach.
- Emisja radonu z materiałów budowlanych.



Czynniki wpływające na przenikanie radonu do budynków

01**geologia podłoża:**

rodzaj skał i gleby ma decydujące znaczenie. Obszary z granitami, pegmatytami i łupkami mają wyższy potencjał radonowy. Przepuszczalne gleby, takie jak piaski i żwiry, umożliwiają szybszą migrację gazu, podczas gdy gleby gliniaste stanowią naturalną barierę.

02**stan techniczny fundamentów:**

nieszczelności, takie jak pęknięcia i szczeliny w fundamentach oraz przepusty instalacyjne, znacząco zwiększają możliwość przenikania radonu.

03**materiały budowlane:**

współczesne materiały budowlane mają niewielki wpływ na stężenie radonu, jednak w przeszłości stosowano materiały o podwyższonej promieniotwórczości (np. fosfogipsy).

04**konstrukcja budynku:**

budynki z piwnicami lub bez odpowiedniej izolacji przeciwwilgociowej są bardziej narażone na przenikanie radonu. Również strefa zakłócona, czyli wypełnienie wokół fundamentów luźnym materiałem budowlanym, zwiększa ryzyko.

05**warunki atmosferyczne:**

zimą różnice temperatur między wnętrzem a otoczeniem budynku zwiększają efekt kominowy. Ruchy powietrza wokół budynku oraz brak wietrzenia w nocy również sprzyjają kumulacji radonu.

Podsumowanie – najważniejsze informacje

- Radon to naturalny, radioaktywny gaz szlachetny, powstający w wyniku rozpadu uranu i toru w skorupie ziemskiej. Jest bezbarwny, bezwonny i bez smaku, co czyni go trudnym do wykrycia bez specjalistycznych narzędzi.
- Najważniejszym izotopem jest radon-222, którego okres połowicznego rozpadu wynosi 3,83 dnia. Powstaje w łańcuchu rozpadu uranu-238.
- Radon emituje promieniowanie alfa, które charakteryzuje się dużą zdolnością jonizacji, ale krótkim zasięgiem. Produkty rozpadu radonu, takie jak polon, bizmut i ołów, również są radioaktywne.
- Radon uwalnia się z podłoża (gleba, skały, woda gruntowa) oraz materiałów budowlanych zawierających śladowe ilości uranu i toru.
- Radon odpowiada za 3–14% przypadków raka płuc na świecie. Jest drugim po paleniu tytoniu czynnikiem ryzyka.
- Radon przedostaje się przez szczeliny w fundamentach, nieszczelności instalacyjne, a także przez materiały budowlane i wodę gruntową.
- Na otwartej przestrzeni stężenie radonu wynosi 5–15 Bq/m³, ale w zamkniętych pomieszczeniach może osiągać wielu setek Bq/m³.
- Czynniki wpływające na stężenie radonu to: geologia podłoża, stan techniczny fundamentów, konstrukcja budynku, rodzaj materiałów budowlanych i warunki atmosferyczne.
- Najwyższe stężenia radonu występują zimą i wiosną, a najniższe latem i jesienią, co wynika z różnic w wymianie powietrza i warunków geologicznych.
- W Polsce istnieją regiony o podwyższonym potencjale radonowym, szczególnie w Sudetach, na Podkarpaciu i w województwie dolnośląskim.
- Państwowa Agencja Atomistyki monitoruje, prowadzi działania edukacyjne i promuje dobre praktyki budowlane, aby ograniczyć dawkę pochodzącą od radonu.