

Tabela 1 Metody obniżania stężenia radonu w budynkach.

Metoda	Opis problemu	Ograniczenia	Jak to wykonać?
<p>Pokrycie gruntu pod budynkiem</p>			<p>Należy wykopać piwnicę z ubitą posadzką i wylać betonową płytę posadzkową. Przed wylaniem betonu na grunt z ubitej ziemi należy nałożyć warstwę żwiru o grubości 10 cm. Następnie należy nałożyć folię geotekstylną oraz folię polietylenową. Wszystkie połączenia muszą być starannie uszczelnione. Grunt z ubitej ziemi może być pokryty warstwą nieprzepuszczającą gazów (z otworami do pasywnej wentylacji wyprowadzonej na zewnątrz) lub betonem.</p>
<p>Zamknięcie pęknięć, szczelin i otworów</p>	<p>Radon przenika do budynku przez każdy otwór, nieważne jak jest mały. Uszczelnienie tych pęknięć i otworów jest często niezbędnym przygotowaniem przed zastosowaniem innych metod. W budynkach, w których radon jest tylko niewielkim problemem, samo uszczelnienie jest wystarczające. W niektórych budynkach uszczelnienie określonych obszarów jest trudne lub wręcz niemożliwe. Jest to głównie górna część ścian z bloczków</p>	<p>Bardzo trudno jest znaleźć wszystkie pęknięcia i otwory w budynku. Ponadto z biegiem czasu osadzenie budynku i inne naprężenia mogą powodować dodatkowe pęknięcia. Dlatego inspekcję należy przeprowadzać co najmniej raz w roku.</p>	<p>Połączenia między ścianami a podłogą uszczelnić elastyczną folią poliuretanową PU, zaprawą lub pianką izolacyjną. Należy ostrożnie odstąpić pęknięcia i otwory wlotowe rur, aby można je było zamknąć odpowiednimi produktami uszczelniającymi, które nie kurczą się i nie przepuszczają gazu. W przypadku ścian porowatych (zwłaszcza ścian z bloczków betonowych) należy na odpowiednio przygotowanym podłożu nałożyć wodoodporną farbę, cement lub żywicę epoksydową</p>

	betonowych lub cegieł, przestrzeń między ścianą z pustaków a zewnętrzną okładziną ceglana oraz ukryte w murze otwory.		
Wentylacja fundamentu	Naturalna lub mechaniczna wentylacja piwnicy.	Wentylacja naturalna jest najtańsza. Jednak jej wpływ na poziom radonu w pomieszczeniach jest często bardzo ograniczony. Ilość przepływającego powietrza rzeczywiście zależy od pogody i dlatego nie można jej kontrolować. Z biegiem czasu ludzie również zapominają o swoich dobrych intencjach i coraz mniej wietrzą. Wentylacja mechaniczna umożliwia stały przepływ powietrza, niezależny od pogody i gwarantujący stały efekt. Posiada szereg wad, w szczególności zużycie energii (zużycie prądu i straty ciepła) czy zanieczyszczenie hałasem.	Należy wykonać otwory wentylacyjne po dwóch przeciwległych stronach piwnicy lub przestrzeni wentylowanej. Przepływ powietrza przez dwa przeciwległe otwory może być nawet 10 razy silniejszy niż przez otwory w tej samej ścianie. Upewnij się, że żywność, instalacje sanitarne i rury grzewcze są chronione przed mrozem. Zaizoluj podłogę pomiędzy piwnicą lub przestrzenią wentylowaną a wnętrzem budynku, aby uniknąć dużych strat energii. Zapewnij otwory w wewnętrznych ścianach piwnicy lub wentylowanej przestrzeni, aby umożliwić dobrą cyrkulację powietrza. To zalecenie dotyczy przede wszystkim dużych powierzchni.
Poprawa wentylacji budynku	Jeżeli budynek nie posiada systemu wentylacji lub jest niedostatecznie wentylowany, należy rozważyć zainstalowanie odpowiedniego systemu wentylacji. Wentylacja naturalna istnieje we wszystkich budynkach dzięki przepływowi	Ze względu na warunki klimatyczne technika ta nie może być stosowana przez cały rok, ponieważ powoduje niedogodności i/lub wzrost kosztów ogrzewania. Otwarcie okien może również zagrozić bezpieczeństwu budynku.	Wystarczy przewietrzyć najniższą kondygnację budynku, jeśli ma ona bezpośredni kontakt z gruntem. Jeśli budynek ma piwnicę lub wentylowaną pustą przestrzeń, należy ją przewietrzyć. Jeśli nie ma piwnicy obszary zamieszkałe/użytkowane muszą być wentylowane. Zaleca się otwieranie okien na wszystkich kondygnacjach (również

	<p>powietrza przez otwory (okna, szczeliny, pęknięcia), pod wpływem wiatru, różnic temperatur i ciśnień pomiędzy powietrzem wewnątrz a powietrzem na zewnątrz. Nowsze budynki są zwykle bardziej „szczelne”, ich wymiana powietrza jest bardzo niska, o ile nie są wyposażone w systemy wentylacyjne.</p>		<p>tych, na których znajdują się główne pomieszczenia mieszkalne/użytkowe), o ile pozwalają na to warunki zewnętrzne. Radon wnika do budynku, gdy ciśnienie powietrza w piwnicy lub na najniższej kondygnacji jest niższe niż ciśnienie powietrza na sąsiedniej kondygnacji. Dlatego system wentylacyjny w żadnym wypadku nie może dalej obniżać ciśnienia powietrza w budynku, aby nie zwiększać tego „efektu kominowego”. Dlatego należy bardzo uważać, aby okna piwniczne, otwory wentylacyjne lub okna były otwierane równomiernie ze wszystkich stron. Należy podjąć środki ostrożności, aby uniknąć zamarzania rur podczas wietrzenia nieogrzewanych pomieszczeń.</p>
<p>Wentylacja przez cyrkulację powietrza</p>	<p>Zamiast zdawać się na naturalny ruch powietrza do działania można zastosować wentylatory recyrkulacyjne (zwane również systemami wentylacji), aby zapewnić odpowiednią wentylację. Na przykład można zamontować kratki wentylacyjne oraz wentylator, który w sposób ciągły doprowadza świeże powietrze do</p>	<p>Wentylacja recyrkulacyjna, podobnie jak wentylacja naturalna, może być stosowana w większości budynków, jednak w wielu przypadkach obniża komfort i/lub zwiększa koszty ogrzewania. Ta metoda może być stosowana tymczasowo, jeśli poziom radonu jest bardzo wysoki, aż do podjęcia ostatecznych działań.</p>	<p>Konieczne należy przewietrzyć najniższą kondygnację budynku (można też rozważyć zamknięcie piwnicy i zaprzestanie jej używania). Powietrze musi być wdmuchiwane do budynku i mieć możliwość ucieczki przez okna lub otwory wentylacyjne w sąsiednich lub przeciwległych ścianach. W wielu budynkach powietrze może być poprowadzone przez istniejącą instalację centralnego ogrzewania.</p>

	budynku kanałami instalacji centralnego ogrzewania na ciepłe powietrze, jeśli taki jest, przy zamkniętych drzwiach i oknach.		
Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	<p>Ta metoda (czasami nazywana „wymennikiem ciepła powietrze-powietrze”) pozwala na odzyskanie od 50% do 80% ciepła traconego w podobnym systemie wentylacyjnym bez tego urządzenia. Systemy wentylacyjne są opracowywane, instalowane i dostosowywane przez specjalistów z dziedziny techniki grzewczej, wentylacyjnej i klimatyzacyjnej. Mniej skomplikowane jednostki naścienne można zainstalować bezpośrednio. Jeden wentylator służy do doprowadzania powietrza bezpośrednio do budynku, a drugi do wydmuchiwanie go.</p>	<p>Stosowanie systemu wentylacji z odzyskiem ciepła jako jedyne sposobu obniżenia poziomu radonu jest skuteczne tylko wtedy, gdy początkowy poziom radonu nie przekracza 400 do 600 Bq/m³. Większą redukcję można osiągnąć w budynkach szczelnych.</p>	<p>Aby uprościć prowadzenie rurociągów w różnych częściach budynku, w odległej jego części, takiej jak piwnica lub magazyn, można zainstalować system wentylacji z odzyskiem ciepła, składający się z elementu centralnego i kilku wentylatorów. Należy upewnić się, że otwory doprowadzające świeże powietrze znajdują się w wystarczającej odległości od otworów powietrza wywiewanego, instalując wylot powietrza zanieczyszczonego radonem w piwnicy lub w najniższym punkcie budynku. Należy upewnić się, że równowaga pomiędzy wnętrzem i zewnątrz została ustalona bez różnicy ciśnień. Ogólnie rzecz biorąc, systemy wentylacyjne z odzyskiem ciepła są ekonomicznie opłacalne, jeśli działają przy większej różnicy między temperaturą wewnętrzną i zewnętrzną. Jeśli tak nie jest, taką samą wentylację i usuwanie radonu można uzyskać otwierając okna. Przepustowość powietrza tworzona przez otwarcie okna może być znacznie wyższa.</p>

<p>Wentyluj budynek wyciągając powietrze</p>	<p>Niektóre wentylatory wyciągowe i systemy spalania (piece kaflowe na drewno lub wkłady kominkowe) mogą zmniejszać ciśnienie w budynku poprzez zużywanie powietrza i/lub wypuszczanie go na zewnątrz. Im niższe ciśnienie w budynku w stosunku do nacisku gruntu, tym więcej powietrza zanieczyszczonego radonem może dostać się do wnętrza z podłoża.</p>	<p>Skuteczność technik redukcji podciśnienia w celu obniżenia poziomu radonu zależy od pogody.</p>	<p>Jeśli konieczne jest użycie wentylatorów wyciągowych, należy nieco uchylić okna obok nich. Należy zrobić to samo z oknami, które znajdują się w pobliżu pieców kaflowych, źródeł ciepła lub innych systemów spalania. Ułatwia to dopływ świeżego powietrza z zewnątrz. Należy zainstalować system, który będzie stale zasilał domowe spalarnie powietrzem z zewnątrz. W przypadku instalacji centralnego ogrzewania i klimatyzacji na gorące powietrze należy uszczelnić wszystkie kanały powietrzne zimnego powietrza znajdujące się w piwnicy lub w wentylowanej pustej przestrzeni (nie spowoduje to utraty równowagi instalacji). W ten sposób mniej powietrza przedostaje się do rurociągów spod ziemi. Należy zamknąć wszystkie kanały powietrzne (otwory w stropach między piętrami), aby uniemożliwić cyrkulację powietrza w budynku, a także zamknąć otwory wykonane w ścianach budynku na wyższych kondygnacjach, aby mniej powietrza mogło się wydostać.</p>
---	---	--	--

<p>Zasysanie powietrza zawierającego radon pod płytą fundamentową</p>		<p>Metoda ta sprawdza się szczególnie dobrze w przypadkach, gdy fundament został zbudowany na powierzchni skały ziarnistej lub na glebie porowatej. Jeśli przepuszczalność pod płytą fundamentową nie jest zbyt dobra, można zastosować wyciąg powietrza. Może być konieczne zastosowanie większej liczby rur ssących.</p>	<p>Należy użyć wentylatora, aby odprowadzić radon przenikający z ziemi do fundamentów przez sztyby drenażowe lub pojedyncze rury, które są umieszczone pod płytą betonową. Rury można przebić przez płytę fundamentową pionowo od góry do dołu wewnątrz budynku lub poziomo przez ścianę fundamentu poniżej płyty fundamentowej. Rury powinny odprowadzać radon na poziomie dachu, z dala od okien i otworów wentylacyjnych, które mogłyby umożliwić ponowne przedostawanie się gazu do budynku.</p>
<p>Wentylacja ciśnieniowa</p>	<p>Przy najpopularniejszej technologii powietrze z górnej części kierowane jest do piwnicy. W niektórych przypadkach możliwe jest wdmuchiwanie powietrza z górnej części do wentylowanej przestrzeni</p>	<p>Ta technika może być stosowana tylko w budynkach, które mają piwnicę, która jest stosunkowo dobrze uszczelniona w stosunku do zamieszkałych/użytkowanych pomieszczeń. Skuteczność systemu można całkowicie zniwelować otwierając drzwi lub okna piwnicy. Montaż wentylatora na poziomie zajmowanej przestrzeni może powodować hałas i wibracje. Aby temu zaradzić, można zainstalować wentylator w piwnicy lub na strychu i poprowadzić rury przez pomieszczenia mieszkalne / użytkowe.</p>	<p>Należy uszczelnić przegrodę między piwnicą a górną kondygnacją lub między piwnicą a otoczeniem. Należy wprowadzić powietrze z podłóg do piwnicy. Jeśli wymagane są otwory w górnych częściach budynku, nie mogą być one zbyt duże, aby uniknąć większych strat energii.</p>