

## SYNDROM NIEZDROWEGO DOMU

Władysław Walkowiak

Politechnika Wrocławska, Instytut Chemii Nieorganicznej i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich,  
50-370 Wrocław, Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
walkowiak@ichn.ch.pwr.wroc.pl

### ABSTRAKT

Omówiono tzw. Syndrom (Zespół) Niezdrowego Domu (ang.: Sick Building Syndrome- SBS). Scharakteryzowano zanieczyszczenia chemiczne i biologiczne wewnątrz domu a także promieniowanie jonizujące (w tym pochodzące od radonu) oraz niejonizujące (w tym pochodzące od komputerów, sprzętu RTV i telefonów komórkowych). Omówiono sposoby zapobiegania SBS w tym wentylację i odkurzanie pomieszczeń oraz rolę roślin doniczkowych.

### DEFINICJA POJĘCIA NIEZDROWEGO DOMU ORAZ POJĘĆ POKREWNYCH

Środowisko, w którym przebywa człowiek podzielić można na:

- środowisko zewnętrzne – w ostatnich latach obserwuje się zmniejszanie zanieczyszczenia powietrza oraz w mniejszym stopniu wód i gleby),
- środowisko wewnątrz domu (mieszkania, budynku) – tu spędzamy ponad trzy czwarte czasu, a poziom zanieczyszczeń jest często wyższy niż na zewnątrz domu.

Według Międzynarodowej Organizacji Zdrowia 30% nowych i wyremontowanych domów powoduje dolegliwości wywołane nieodpowiednią jakością powietrza w budynkach. Syndrom niezdrowego domu objawia się w dwojaki sposób.

Niezdrowy może być dom, mieszkanie lub pomieszczenie:

- u osób przebywających w budynkach występują objawy takie jak: bóle i zawroty głowy, koncentracji, zmęczenie, nadwrażliwość na zapachy;
- przyczyny dolegliwości są nieznanne; większość symptomów zanika po opuszczeniu budynku.

Choroby związane z budynkiem – *Building Relate Illnes* (BRI):

- osoby przebywające w budynkach skarżą się na : kaszel, bóle w klatce piersiowej, gorączkę, dreszcze, bóle mięśni;
- wszystkie objawy mogą być klinicznie stwierdzone, a ich przyczyny dokładnie opisane;

- dolegliwości zanikają dopiero po dłuższym czasie od opuszczenia budynku.

W obu przypadkach może jednocześnie wystąpić tzw. „Syndrom Chronicznego Zmęczenia” - *Chronic Fatigue Syndrome* (CFS). Wszystkie powyższe objawy mogą być też spowodowane innymi czynnikami, tj. zwiększoną wrażliwością (np. alergiami), różnymi chorobami, stresem związanym z pracą i brakiem satysfakcji z pracy zawodowej oraz czynnikami psychicznymi.

## **PRZYCZYNY ZESPOŁU NIEZDROWEGO DOMU**

Przyczyną powstawania *Zespołu Niezdrowego Domu* jest nieodpowiednia wentylacja, zanieczyszczenia chemiczne pochodzące z zewnątrz, zanieczyszczenia chemiczne powstające wewnątrz mieszkania, zanieczyszczenia biologiczne, promieniotwórczość naturalna (w tym radon) – promieniowanie jonizujące, promieniowanie nie jonizujące, zawilgocenie budynków, drobne cząstki pyłów w powietrzu (kurz).

## **ZANIECZYSZCZENIA CHEMICZNE**

### **Z zewnątrz budynku**

Źródłem zanieczyszczeń pochodzących z zewnątrz budynku jest:

- ulica i otoczenie domu,
- zanieczyszczenia z gruntu (np. radonu),
- spaliny samochodowe z garażu,
- wyziewy z ujść rur i otworów wentylacyjnych.

### **Wewnątrz budynków**

Źródłem zanieczyszczeń powietrza wewnątrz budynku są materiały użyte do jego budowy i wyposażenia oraz sposób jego eksploatacji:

- rozwiązania konstrukcyjne,
- rozwiązania materiałowe,
- rodzaj ogrzewania,
- rodzaj podłóg, wykładzin (dywanów), ścian,
- wyposażenie wnętrza w materiały z tworzy sztucznych,
- obecność zwierząt domowych (koty, psy),
- dym tytoniowy,
- proszki do prania, środki czyszczące i odświeżające powietrze, środki przeciw molom oraz innym insektom, dezodoranty, środki biurowe,
- odzież z pralni chemicznych.

Do zanieczyszczeń chemicznych należą lotne substancje organiczne, pestycydy, dioksyne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, polichlorek winylu i azbest.

### Lotne związki organiczne

Do lotnych związków organicznych (*ang. Volatile Organic Compounds - VOC*) obecnych w powietrzu wewnątrz budynku zaliczamy:

- benzen - jako rozpuszczalnik w atramentach, farbach, klejach, benzynie, w dymie papierosowym. Jest rakotwórczy. Średnie stężenie benzenu w powietrzu wewnątrz budynku jest 3-krotnie wyższe niż w powietrzu atmosferycznym. Benzen głównie pochodzi z dymu papierosowego (45%), spalin samochodowych (36%) oraz innych źródeł (16%);
- trichloroetylen – z pralni chemicznych, farb, lakierów, środków przylepnych – powoduje raka wątroby;
- czterochloroetylen – z pralni chemicznych;
- chloroform – wydziela się podczas prania w pralkach, podczas gotowania wody i kabinach prysznicowych – jest rakotwórczy;
- formaldehyd – w piankach do uszczelniania, wyrobach papierniczych, wykładzinach – powoduje raka gardła.

Lotne substancje organiczne wykryte w porze nocnej wewnątrz i na zewnątrz nieruchomości (dane z USA)

Związek	Stężenie związku, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	wewnątrz	na zewnątrz
Benzen	4,2	2,7
Ksylen	9,5	5,7
Trychloroetan	8,5	4,2
Czterochlorek węgla	0,8	0,7
Czterochloroetylen	1,2	1,0

### Pestycydy

Innymi związkami organicznymi powodującymi zanieczyszczenia domów są: pestycydy (środki ochrony roślin) – najbardziej szkodliwy to DDT, który już dawno, tj. od 1984 r. w Wielkiej Brytanii i od 1978 r. w USA) został wycofany z użytku. Jeszcze do dziś wykrywa się DDT w wielu domach amerykańskich. Występuje m.in. w wyrobach z PCW i dywanach.

### Dioksyne

Przykładami dioksyn są takie związki organiczne jak dibenzo-p-dioksyna, lub dibenzofuranu. Związki te są zanieczyszczeniami w przemyśle

produkowanych związkach organicznych zawierającymi atomy chlorowców. Powstają też podczas spalania w niskich temperaturach (200 – 500 °C) w obecności związków chemicznych zawierających chlor, np. PCW. Dioksyny są bardzo toksycznymi związkami organicznymi o okresie półrozpadu w organizmie człowieka 7 lat. Są nierozpuszczalne w wodzie. Obecne są w spalinach samochodowych i dymie papierosowym. Występują też w papierze. 1g dymu papierosowego zawiera 1,0 pg dioksyn a w dymie ze spalania śmieci w domowych piecach zawartość dioksyn wynosi 100 ng/m<sup>3</sup>.

### Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) zawierają od 2 do 13 pierścieni węglowodorowych w cząsteczce. Są silnie rakotwórcze. Powstają podczas niecałkowitego spalania, m.in. podczas spalania węgla i odpadów a także są zawarte w dymie papierosowym. Spośród WWA najbardziej toksycznym jest benzo- $\alpha$ -piren (5 pierścieni benzenowych w cząsteczce). W dymie papierosowym w przeliczeniu na 1 papieros jest 20÷40 ng tego WWA.

Stężenie WWA w domach osób palących i niepalących (dane z USA)

Związek	Stężenie (ng/m <sup>3</sup> ) w domach osób:	
	palących	niepalących
Fenantren	220	75
Antracen	15	pomijalnie małe
Piren	18	5

### Polichlorek winylu (PCW)

Przykładami wyrobów z polichloroku winylu są wykładziny podłogowe, zabawki, opakowania środków spożywczych. Zawierają m.in.: 1,5 ÷ 4 % siarczanu ołowiu jako stabilizatora, 0,5 ÷ 1,5 % stearynianu ołowiu jako środka poślizgowego, ponadto trójbutylcyngkan (pestycyd) jako środek ochronny przed szkodnikami oraz kadm i ołów do barwienia PCW (chromian ołowiu i kadmu). W pomieszczeniach zamkniętych z podłogami z PCW w 1 m<sup>3</sup> powietrza znajduje się do 2 mg trujących związków ftalowych. Szczególnie niebezpieczeństwo występuje w czasie pożarów obiektów, w których znajduje się PCW ze względu na wydzielające się trujące gazy palne i żrące pary kwasu solnego.

### Azbest

Jest to grupa minerałów o wzorze 3MgO·2SiO<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, która posiada budowę włóknistą. Oddychanie powietrzem, w którym unoszą się azbestowe pyły powoduje, że człowiek jest narażony na azbestozę i w konsekwencji na raka płuc. Struktura włóknista azbestu sprawia, że system oddechowy człowieka

sobie z nim nie radzi. Do lat 80-tych azbest był powszechnie stosowany w budownictwie, materiałach ciernych, w produkcji rur kanalizacyjnych i wodociągowych. Również zagrożeniem jest "zielony piasek", tj. serpentynitowy grys. Nie stanowi natomiast zagrożenia azbest zalegający w postaci "żył" przecinających różne skały. Od 1998 r. w Polsce obowiązuje zakaz produkcji i sprzedaży wyrobów azbestowych.

## ZANIECZYSZCZENIA BIOLOGICZNE

Przykładem zanieczyszczeń biologicznych są bakterie, pleśń, roztocze, pyłki, wirusy, grzyby domowe. Źródłem ich są rury kanalizacyjne, nawilżacze, dachówki i inne pokrycia dachowe, izolacja, owady, ptasie odchody, zwierzęta domowe (psy, koty). Podstawowe przyczyny powstawania zanieczyszczeń biologicznych to zawilgocenie budynku (mieszkania) oraz nieprawidłowa eksploatacja domu.

## PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE (RADON) i NIEJONIZUJĄCE

### Definicja promieniowania jonizującego

Jest to taki rodzaj promieniowania elektromagnetycznego, który powoduje jonizację materii. Jest to:

- promieniowanie korpuskularne a więc typu  $\alpha$  (jądra He-4) i  $\beta$  (elektrony),
- promieniowanie typu gamma ( $\gamma$ ), które stanowi wysoko-energetyczne promieniowanie elektromagnetyczne, tj. o częstotliwości  $\geq 10^{21}$  Hz,
- promieniowanie rentgenowskie, które stanowi promieniowanie elektromagnetyczne o częstotliwości rzędu  $\approx 10^{17}$ - $10^{20}$  Hz W zależności od częstotliwości wyróżniamy promieniowanie rentgenowskie twarde, średnie i miękkie,
- promieniowanie nadfioletowe o częstotliwości rzędu  $10^{16}$  Hz.

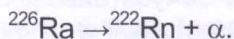
### Radon

Stwierdzono, że największe zagrożenie spośród naturalnych źródeł promieniowania stanowi radon. Jest on odpowiedzialny za 3/4 równoważnika dawki z ziemskich źródeł promieniowania.

Znane są następujące naturalne izotopy promieniotwórcze radonu:

		<u>Okres półtrwania</u>
Rn-222	z szeregu uranowo - radowego	3,6 dnia
Rn-220	z szeregu torowego	56 s
Rn-219	z szeregu uranowego	4 s

Najbardziej niebezpieczny z nich, tj. radon-222 powstaje w wyniku przemiany promieniotwórczej radu:



Najwyższa zawartość radu występuje w granitach, a najniższa zawartość radu w skałach wapiennych. Stężenie radonu-222 w atmosferze ulega bardzo silnym wahaniom i wynosi nad powierzchnią morza 0,15 – 20 Bq/m<sup>3</sup> a we wnętrzu budynku 4 – 600 Bq/m<sup>3</sup>, średnia zawartość radonu to 40 Bq/m<sup>3</sup>.

Właściwości radonu: gaz bezbarwny, bezwonny, 8 razy cięższy od powietrza. Radon wydostaje się ze skorupy ziemskiej w strefach klimatu umiarkowanego w pomieszczeniach zamkniętych. Stężenie radonu w pomieszczeniach zamkniętych jest ok. 8-krotnie wyższe niż w powietrzu zewnętrznym.!

Dopuszczalne stężenia radonu w nowo budowanych budynkach wyrażone Bq/m<sup>3</sup> wynosi:

Polska	200 Bq/m <sup>3</sup>
USA	150 Bq/m <sup>3</sup>
Niemcy	250 Bq/m <sup>3</sup>

Istnieje więc konieczność pomiaru stężenia radonu w domach. W Polsce pomiary takie prowadzą: m.in. Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie, Instytut Medycyny Pracy w Łodzi, Pracownia Izotopowa Instytutu Chemii Nieorganicznej i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich Politechniki Wrocławskiej. Z tych powodów każdy nowo wybudowany dom powinien mieć atest radonowy. Praktycznie nie jest to realizowane w Polsce.

Główne, potencjalne drogi wnikania radonu do budynku to szczeliny w fundamentach, łącza konstrukcyjne, pory i pęknięcia w fundamentach, łącza podłóg i ścian, luźno osadzone rury, materiały budowlane, woda. Na zawartość radonu w pomieszczeniach mieszkalnych wpływa: hermetyzacja budynku (powoduje zwiększenie stężenia radonu), przewietrzanie w pomieszczeniach mieszkalnych, czynniki konstrukcyjne (budynki niepodpiwniczone mają wyższą zawartość radonu). Radon może też być zawarty w gazie ziemnym, dlatego palniki gazowe i inne urządzenia spalające gaz powinny być zaopatrzone w wyciągi spalin.

Na zawartość radonu w pomieszczeniach mieszkalnych wpływają użyte do jego budowy materiały budowlane. Aby określić promieniotwórczość materiałów budowlanych podaje się zawartość naturalnych izotopów promieniotwórczych, tj.: K-40, Ra-226 i Th-232. Poniżej przedstawiono zawartości tych izotopów w krajowych materiałach (surowcach) budowlanych:

Materiał budowlany	Stężenie w Bq/kg		
	K-40	Ra-226	Th-232
Cegła	629 - 740	52 - 81	37 - 96
Beton	518 - 555	33 - 74	30 - 33
Piasek	262 - 333	22 - 81	18 - 104
Gips	89 - 148	18 - 22	7 - 18
Granit	1036 - 1480	88 - 111	85 - 167
Żużel	225 - 2227	18 - 458	22 - 429
Popiół lotny	384 - 1731	70 - 610	52 - 310
Drewno	znikome	znikome	znikome
Wełna min.	znikome	znikome	znikome

Stosowanie w budownictwie produktów odpadowych przemysłu hutniczego jak i chemicznego takich jak żużel i popioły lotne prowadzi do zwiększania radioaktywności materiałów budowlanych. W roku 1980 Instytut Techniki Budowlanej w Warszawie określił dopuszczalne stężenia radionuklidów oraz metodę wykonywania pomiarów kontrolnych. Warunki te wynikają z porównania dawki promieniowania gamma otrzymanej przez mieszkańca budynku rzeczywistego i tzw. "klarkowego". Budynek "klarkowy" to obiekt zbudowany z materiału zawierającego średnie dla skorupy ziemskiej stężenia substancji promieniotwórczych.

Zawartość radonu w pomieszczeniach mieszkalnych zależy również od sposobu wykańczania ścian, sposobu wentylacji, położenia kondygnacyjnego w budynku, warunków terenowych. W procesie oddychania powietrze, wraz z radonem i produktami jego rozpadu i zawieszonymi w nim pyłami jest zasysane poprzez usta lub nos do płuc gdzie następuje osadzanie i rozpad radonu oraz jego pochodnych. Wynikiem pochłaniania promieniowania pochodzącego od radonu są więc skutki ujawniające się głównie w postaci raka płuc i występują one po kilkunastu latach ekspozycji.

Szkodliwe działanie pochodnych radonu na układ oddechowy potęguje dym tytoniowy. W przypadku równoczesnego działania produktów spalania tytoniu i wdychania pochodnych radonu stwierdzono efekt wyraźnego zwiększenia liczby zachorowań. Jest to tzw. efekt synergetyczny.

Zestawienie poniżej pokazuje prawdopodobieństwo zgonu na nowotwór płuc w ciągu całego życia (w procentach), dla palących (jedną paczkę dziennie) i niepalących narażonych na ekspozycje radonu w budynkach mieszkalnych.

Stężenie radonu [Bq/m <sup>3</sup> ]	100	400	1100
niepalący	0,5	0,6	1,0
palący	6	8	12

## Promieniowanie niejonizujące

Promieniowanie niejonizujące jest to promieniowanie elektromagnetyczne o częstotliwości mniejszej od  $10^{16}$  Hz. Jest ono najmniej rozpoznane. Źródłami promieniowania niejonizującego mogą być m.in. kuchenki mikrofalowe, monitory komputerów, telefony komórkowe i linie wysokiego napięcia prądu elektrycznego.

### Kuchenki mikrofalowe

Kuchenki mikrofalowe wykorzystują promieniowanie o częstotliwości 2450 MHz a ich moc kuchenek wynosi 500-700 W. Strefa ochronna kuchenek mikrofalowych odpowiada gęstości mocy powyżej  $0,1 \text{ W/m}^2$  i występuje w odległości do 45 cm od powierzchni drzwi kuchenki mikrofalowej. Umieszczenie w odległości do 1 m od kuchenki mikrofalowej np. kaloryfera, lodówki czy pieca gazowego powoduje znaczny wzrost wartości pola elektromagnetycznego w przestrzeni pomiędzy kuchenką a w/w urządzeniami. W Niemczech i USA wymaga się aby poziom emisji nie przekraczał  $10 \text{ W/m}^2$  w odległości 5 cm od płaszczyzny drzwi kuchenki. W Polsce tego typu uregulowań prawnych nie ustalono.

### Komputery

Pomiary wykonane w Instytucie Medycyny Pracy w Łodzi wykazały występowanie zespołu następujących czynników w pobliżu monitorów ekranowych:

- szerokopasmowe pole elektromagnetyczne w zakresie 10-1000MHz,
- pole elektrostatyczne o natężeniu do 300 V/m,
- słabe promieniowanie rentgenowskie w odległości do 5 cm od ekranu.

Zmierzone poziomy okazały się znacznie poniżej limitów przyjętych za progi szkodliwego działania na zdrowie człowieka.

### Telefony komórkowe

Moc szczytowa telefonów komórkowych GSM wynosi 2 W, a ich częstotliwość 900 i 1800 MHz. Aparaty cyfrowe pracują tak, iż nadajnik pracuje tylko przez 1/7 czasu rozmowy, natomiast w telefonach analogowych (np. dawny Centertel) nadajnik pracuje przez cały czas rozmowy. Co zrobić aby otrzymać jak najmniejsze dawki promieniowania elektromagnetycznego? Podstawowe rady to rozmawiać krótko, antena odbiorcza powinna być jak najbardziej oddalona od ciała (mózgu) człowieka – zestaw głośno mówiący, przy rozmowach w pomieszczeniach zamkniętych należy podejść do okna (w kierunku nadajnika) - im mocniejszy sygnał tym z mniejszą mocą pracuje nadajnik.



## Prąd elektryczny

Oddziaływanie pól elektromagnetycznych o częstotliwości 50 Hz nie jest dziś normowane w żadnym kraju. Szkodliwe dla zdrowia człowieka jest przebywanie w domach (mieszkaniach) w pobliżu linii wysokiego napięcia i stacji transformatorowych.

Szkodliwość promieniowania niejonizującego jak dotychczas nie jest precyzyjnie określona. Wyróżnia się takie objawy chorobowe jak zaburzenia regulacji cieplnej, zaburzenia rytmu serca, zawroty i bóle głowy, syndrom chronicznego zmęczenia, depresje i lęki, bezsenność.

## WENTYLACJA DOMÓW (MIESZKAŃ)

### Zespół niezdrowego domu a szczelność pomieszczeń

Stwierdzono ścisły związek między występowaniem zespołu niezdrowego domu a radykalnym wzrostem izolacyjności cieplnej i szczelności pomieszczeń. Towarzyszy temu tendencja do ograniczania w celach oszczędnościowych wymiany powietrza, ignorująca aspekty higieniczno-zdrowotne. Spowodowane jest to silną presją ekonomiczną wynikającą ze stale rosnących cen paliw i nośników ciepła. Wniosek jest taki, że im bardziej jest szczelny dom tym bardziej należy zapewnić w tym domu skuteczną wentylację.

### Drobne cząstki pyłów, kurz

Szczególnie szkodliwe są cząstki pyłów o średnicy poniżej 10  $\mu\text{m}$ . Podczas chodzenia w mieszkaniu powstaje tzw. „osobista chmura kurzu”. Pyły powstają podczas palenia tytoniu - 1 wypalony papieros to 15 – 40 mg pyłu, gotowania posiłków, palenia świec, palenie w konwencjonalnych piecach węglowych i palenie drewna w nieodpowiednio działających kominkach. Sposoby zapobiegania zjawisku gromadzenia się nadmiernej ilości drobnych pyłów to jak najmniej dywanów i wykładzin w mieszkaniach, stosowanie podłogi drewnianej ew. paneli podłogowych, noszenie zmiennej obuwia domowego, staranne wycieranie butów przy wejściu i prawidłowe i prawidłowe częste odkurzanie. Problemem przy odkurzaniu jest zapewnienie odpowiedniej czystości powietrza wychodzącego z odkurzacza. Osiąga się to przez używanie wysokiej klasy odkurzaczy z odpowiednim systemem filtracji powietrza, np. odkurzaczy wodnych lub tzw. centralnego odkurzacza.

### Rodzaje wentylacji

Wyróżnia się dwa sposoby wentylacji mieszkania: naturalną i sztuczną. Naturalny sposób wentylacji można realizować przy niskich kosztach energii stosując specjalne systemy okienne lub za pomocą rozszczelniania okien.

Jest ona wspomagana przez wentylację mechaniczną wywiewną – wentylatory wyciągające powietrze z pomieszczeń należy instalować w kuchni (nad kuchenką węglową lub gazową), w łazience, garderobie i garażu. Natomiast wentylację sztuczną realizuje się wprowadzając do pomieszczeń oczyszczone powietrze o odpowiedniej temperaturze i wilgotności; jest to tzw. klimatyzacja całego budynku, lub określonych jego pomieszczeń.

## ROŚLINY POKOJOWE

Kwiaty doniczkowe o dużych ciemnozielonych liściach to naturalny filtr powietrza są to np. bluszcz, paprocie, draceny, gerbery doniczkowe, chryzantemy i palmy. Rośliny pokojowe korzystnie wpływają na środowisko w pomieszczeniach mieszkalnych gdyż pochłaniają dwutlenek węgla, wydzielają tlen, nawilżają w sposób kontrolowany pomieszczenia, pochłaniają szkodliwe organiczne substancje chemiczne w tym m.in.: formaldehyd i benzol.

## ŹRÓDŁA LITERATUROWE

1. B. J. Alloway, D. C. Ayres, Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska, *Wydawnictwo Naukowe PWN*, Warszawa 1999.
2. W. R. Ott, J. W. Roberts, Co nam grozi w czterech ścianach, *Świat Nauki*, nr. 4, str. 72-78, 1998.
3. K. Bonenberg, Zespół niezdrowego mieszkania, *Aura*, nr.7, str. 26-27, 1998
4. Internet: np. w wyszukiwarce GOOGLE jest ok. 44000 adresów na hasło „Sick Building Syndrome”, m.in.: [www.epa.gov](http://www.epa.gov). U.S. Environmental Protection Agency „Sick Building Syndrome”