

Wprowadzenie

„Syndrom chorego budynku”

„... tak należałoby dobrać materiał, aby sztuka budowania była sztuką umiejętnego ich stosowania ...” (Witruwiusz „O architekturze ksiąg dziesięć” - 27 p.n.e.)

Dyrektywa Rady Wspólnot Europejskich 89/106/EWG z 21 grudnia 1988 w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych formułuje wymagania podstawowe dla obiektów budowlanych jako konieczność spełnienia warunków w zakresie:

Bezpieczeństwa konstrukcji - obiekty budowlane powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby obciążenia mogące na nie działać w trakcie wznoszenia i użytkowania nie prowadziły do:

- zawalenia się całego obiektu lub jego części,
- znacznych odkształceń o niedopuszczalnej wielkości,
- uszkodzenia części obiektów, instalacji lub zamontowanego wyposażenia w wyniku znacznych odkształceń nośnych elementów konstrukcji,
- uszkodzenia na skutek wypadku w stopniu nieproporcjonalnym do wywołującej go przyczyny.

Bezpieczeństwa pożarowego - obiekty budowlane powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby w przypadku pożaru:

- nośność konstrukcji mogła być zapewniona przez założony okres czasu;
- powstawanie i rozprzestrzenianie się ognia i dymu w obiektach było ograniczone;
- rozprzestrzenianie się ognia, na sąsiednie obiekty było ograniczone;
- mieszkańcy mogli opuścić obiekt lub być uratowani w inny sposób;
- uwzględnione było bezpieczeństwo ekip ratowniczych.

Higieny, zdrowia i ochrony środowiska - obiekty budowlane powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby nie stanowiły zagrożenia dla higieny lub zdrowia mieszkańców lub sąsiadów, w szczególności w wyniku:

- wydzielania się gazów toksycznych;
- obecności szkodliwych cząstek lub gazów w powietrzu;
- emisji niebezpiecznego promieniowania;
- zanieczyszczenia lub zatrucia wody lub gleby;
- nieprawidłowego usuwania ścieków, dymu lub odpadów w postaci stałej lub ciekłej;
- obecności wilgoci w częściach obiektów lub na powierzchniach wewnętrznych obiektów.

Bezpieczeństwa użytkowania - obiekty budowlane powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby w trakcie użytkowania nie stwarzały ryzyka wypadków takich jak: poślizgnięcia, upadki, zderzenia, oparzenia, porażenia prądem elektrycznym, obrażenia w wyniku eksplozji.

Ochrony przed hałasem - obiekty budowlane powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby hałas, na który narażeni są mieszkańcy lub ludzie znajdujący się w pobliżu obiektów, nie przekraczał poziomu stanowiącego zagrożenie dla ich zdrowia oraz pozwalał im spać, odpoczywać i pracować w zadowalających warunkach.

Oszczędności energii i izolacji cieplnej - obiekty budowlane i ich instalacje grzewcze, chłodzące

i wentylacyjne powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby utrzymać na niskim poziomie ilość energii wymaganej do ich użytkowania przy uwzględnieniu miejscowych warunków klimatycznych i potrzeb użytkowników.

Obiekt budowlany powinien spełniać wymagania podstawowe przez ekonomicznie uzasadniony okres użytkowania, przy właściwej jego konserwacji. W celu uwzględnienia możliwych różnic geograficznych, klimatycznych, sposobie życia oraz stosowanych poziomach zabezpieczeń mogących występować w skali kraju, regionu lub lokalnie dla każdego z wymagań podstawowych można ustalać klasy, dotyczące przestrzegania tego wymagania.

Dokument Interpretacyjny nr 3 do Dyrektywy 89/106/EEC określający sposób realizacji wymagania podstawowego „Higiena, zdrowie i środowisko” od systemu wentylacji budynku oczekuje współdziałania w zakresie zapewnienia mieszkańcom i użytkownikom obiektów zdrowego środowiska wewnętrznego (środowisko ciepłe, jakość powietrza, wilgoć) wymaga aby przy ustalaniu metod służących zapewnieniu czystości powietrza, np. poprzez wentylację, uwzględniać wszystkie zanieczyszczenia powodujące ujemne oddziaływanie powietrza wewnątrz budynków na zdrowie, pochodzące z takich źródeł, jak:

- materiały budowlane,
- wyposażenie budynku, w tym urządzenia z paleniskami,
- umeblowanie i wykończenie,
- powietrze zewnętrzne,
- grunt pod budynkiem,
- procesy i czynności wykonane w budynku, takie jak np.: czyszczenie, konserwacja, malowanie, szlifowanie, usuwanie szkodników, gotowanie,
- przebywanie ludzi, zwierząt, obecność roślin,
- instalacja ciepłej wody.

Dokument Interpretacyjny nr 6 do Dyrektywy 89/106/EEC określający sposób realizacji wymagania podstawowego „Oszczędność energii i ochrona cieplna” w odniesieniu do wentylacji stwierdza, że: Wymagana krotność wymian powietrza wynika głównie z wymagania podstawowego nr 3. Wiatr i efekt kominowy mogą wywoływać dodatkowo niepożądaną wentylację. Wentylacja jest przyczyną znacznej części obciążeń ogrzewczych i klimatyzacyjnych, które można ograniczyć przez:

- wymagania w zakresie szczelności budynków na przenikanie powietrza,
- odpowiednie projektowanie i wymiarowanie instalacji wentylacyjnych, zgodnie z wymaganiami jakości powietrza,
- odpowiednie zasady obsługi i regulacji systemów wentylacji,
- urządzenia do odzysku ciepła.

Najistotniejszymi, związanymi z tym cechami budowli są:

- projektowa krotność wymian powietrza,
- przepuszczalność powietrza przez obudowę budynku, w powiązaniu z różnicą ciśnienia wewnętrznego i zewnętrznego,
- pole powierzchni otwieralnej okien, drzwi, itp.

Oba powyższe wymagania powinny być spełniane z akceptowalnym prawdopodobieństwem przez cały ekonomicznie uzasadniony okres użytkowania obiektu, przez powiązane z sobą działania dotyczące w szczególności:

- projektowania, wykonywania i niezbędnej konserwacji obiektu,
- cech, właściwości użytkowych i stosowania wyrobów budowlanych.

Teoretycznie, realizacja prawidłowo zdefiniowanych wymagań technicznych dla budynków powinna spowodować, że zanieczyszczenia powietrza pochodzące z konstrukcji budynku, zastosowanych materiałów, z otoczenia zewnętrznego (powietrze, grunt), z działalności użytkowników (wykończenie wnętrz, wyposażenie, gotowanie, pranie, suszenie, spalanie gazu, itd.) nie powinny wywoływać żadnych ujemnych skutków zdrowotnych dla użytkowników. Co więcej cechą zdrowych, przyjaznych człowiekowi budynków powinno być to, że nawet ewentualne odstępstwa od założeń powinny powodować jedynie czasowe pogorszenie ogólnego komfortu i samopoczucia ludzi, a nie zagrażając ich zdrowiu. Rzeczywistość w istotnym stopniu odbiega od takich założeń.

Zgodnie ze wskazówkami Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), budynki, w których ponad 30% użytkowników jest niezadowolonych z warunków klimatu wewnętrznego, klasyfikuje się jako „budynki chore” (Sick Building Syndrome - SBS).

Ocenia się, że od 10 do 30% obiektów może być zaliczonych do tej grupy.

Ocena elementów chorobotwórczych, wynikających ze szkodliwości różnych czynników środowiskowych jest generalnie procesem bardzo złożonym, między innymi ze względu na wielkość źródeł, zróżnicowany czas ich działania, zróżnicowane stężenie lub natężenia oddziaływań, czy indywidualną wrażliwość organizmu ludzkiego; pod warunkiem zidentyfikowania wszystkich działających czynników.

Mamy generalnie bardzo zróżnicowany mechanizm biologiczny działania czynników szkodliwych, często objawiających się znacznym przesunięciem w czasie między działaniem a skutkiem. Wzajemne oddziaływanie czynników szkodliwych może mieć z punktu widzenia medycznego różny charakter:

- synergistyczny (efekt szkodliwy jest większy od sumy poszczególnych czynników),
- addytywny (sumują się w sposób rzeczywisty czynniki szkodliwe),
- antagonistyczny (skutek jest mniejszy niż suma poszczególnych czynników),
- czynniki szkodliwe działają niezależnie od siebie.

Z punktu widzenia medycznego najczęściej przy syndromie chorego domu (SBS) próbuje się definiować zespół chorób przez syndrom spowodowanych (BRI - Building Related Illness) w aspekcie:

- wieloczynnikowej nadwrażliwości chemicznej (MSC - multiple chemical sensitivity),
- zespołu przewlekłego zmęczenia (CFS - chronic fatigue syndrome).

Podstawowe objawy to najczęściej:

- objawy neurotoksyczne, w tym:
- zmęczenie,
- nudności,
- bóle i zawroty głowy,
- podwyższona drażliwość,
- obniżenie zdolności koncentracji,
- zaburzenia pamięci,
- podrażnienie błon śluzowych,
- zaczerwienienie skóry,
- objawy typu astmatycznego (ucisk w klatce piersiowej, duszności, nieżyty dróg oddechowych,

- napady kaszlu),
 - bezsenność,
 - spadek poziomu wydajności wysiłkowej (w niektórych przypadkach nawet do 50%),
 - bóle i osłabienie mięśniowe,
 - a nawet podwyższenie temperatury ciała,
- często powyższe objawy przechodzą w stan przewlekły.

Schorzenia związane z budownictwem (Building Related Illnesses).

Schorzenie	Czynnik Etiologiczny / Źródło	Objawy kliniczne / Uwagi
Przewlekłe, nieswoiste choroby układu oddechowego (zapalenie krtani, oskrzeli, tchawicy)	Pleśnie, związki chemiczne, fotopowielanie, urządzenia wentylacyjne	Schorzenia o podłożu alergicznym; przewlekły kaszel, wzmożona produkcja śluzu, duszności, świszczący oddech (niezależnie od innych chorób gorączkowych), upośledzenie sprawności wentylacyjnej płuc
Astma oskrzelowa	Pleśnie, związki chemiczne, systemy wentylacyjne, nawilzacze, papier do kopiowania (zawierający formaldehyd i ftalany)	Brak możliwości rozpoznania, czy zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego mają zasadnicze znaczenie etiologiczne, czy powodują jedynie zaostrzenie objawów u osób z atopią
Gorączka „nawilzaczowa”	Bakterie, pleśnie (bioaerozol), związki chemiczne, urządzenia klimatyzacyjne, nawilzacze	Schorzenie na tle alergicznym, gorączka utrzymująca się 4 – 12 h po ekspozycji, kaszel, dreszcze, objawy grypopodobne
Zapalenie płuc z nadwrażliwości	Pył drzewny, bakterie (bioaerozol), związki chemiczne urządzenia klimatyzacyjne	Schorzenie na tle alergicznym, objawy zbliżone do odoskrzelowego zapalenia płuc: kaszel, dreszcze, gorączka, świsty, bóle mięśniowe rozwija się w wyniku długotrwałej ekspozycji na patogenny biologiczne; może mieć charakter ostry lub przewlekły
Legionelloza	Legionella pneumophila ciągi ciepłej wody, nawilzacze	Choroba infekcyjna zapalenie płuc, niekiedy o ciężkim przebiegu
Gorączka z Pontiac	Legionellaceae	Schorzenie na podłożu alergicznym gorączka po ekspozycji na bioaerozol
fotodermatoza	Światło monochromatyczne	Rumień dłoni i twarzy
Kontaktowe zapalenie skóry	Papier do kopiowania (światłoczuły, bez kalki)	Pokrzywka, plamica

Sprowadzając przedstawione ogólnie problemy do aspektów technicznych związanych obiektami budowlanymi, można stwierdzić, że mogą wystąpić na różnych etapach „działalności budowlanej”:

- na etapie projektowania (dobór materiałów i technologii wykonawstwa),
- na etapie wykonawstwa (na skutek decyzji etapu projektowania oraz ewentualnych zmian materiałowo-technologicznych w czasie wznoszenia obiektu),
- na etapie eksploatacji (w wyniku zróżnicowanych „zachowań ludzkich”, działania urządzeń i wyposażenia),
- na etapie zaawansowanej - wieloletniej eksploatacji (w wyniku naturalnego i nadmiernego zużycia, oddziaływań zróżnicowanych czynników często „korozyjnych”, środowiska, zjawisk i oddziaływań naturalnych (grunt, woda, gazy...) w tym np. zużycia się izolacji p/wilgociowych, powstania rys i pęknięć.

Dotychczasowe doświadczenia, w aspektach zdrowotności materiałów i obiektów budowlanych wskazują na najczęściej występujące przyczyny problemów zdrowotnych użytkowników:

- zagrożenie zdrowia przez czynniki chemiczne na skutek emisji szkodliwych substancji, w tym ze środowiska zewnętrznego,
- zagrożenie zdrowia przez zjawiska radiacyjne obejmujące także jonizację powietrza przez

promieniowanie radioaktywne,

- zagrożenia wynikające ze zjawisk elektrostatycznych w tym jonizacja powietrza na skutek elektryzacji,
- zagrożenia zdrowia przez czynniki biologiczne - grzyby, pleśnie i drobnoustroje w wyniku warunków materiałowych i eksploatacyjnych w tym zjawisk ciepłno-wilgotnościowych,
- zagrożenia wynikające z ograniczonej wymiany powietrza wewnętrznego,
- zagrożenia wynikające z oddziaływań wibracyjnych i hałasu,
- zagrożenia wynikające ze stylu życia człowieka.

Wielkość zagrożeń zdrowotnych, jak się wydaje, jest funkcją intensywności ich oddziaływania, oraz czasu spędzanego w tym środowisku przez człowieka, oraz jego indywidualnych predyspozycji zdrowotnych w przedmiotowych oddziaływaniach.

Większość oddziaływań wynika z przebywania ludzi w obiektach budowlanych, w pomieszczeniach zamkniętych, gdzie wg literaturowych szacunków człowiek z krajów rozwiniętych spędza ok. 80% czasu (dom mieszkalny, miejsce pracy, rozrywki i rekreacji).

Czynniki biologiczne

Zanieczyszczenia biologiczne występujące w zamkniętych pomieszczeniach to praktycznie skażenia wywołane przez grzyby, pleśnie i drobnoustroje, które rozwijać się mogą na podłożu jakim są materiały budowlane. Stwarzają one same zagrożenie zdrowia lub produkują substancje szkodliwe dla zdrowia w postaci różnego typu toksycznych metabolitów - mykotoksyny. Występują one najczęściej na powierzchniach zastosowanych materiałów budowlanych, szczególnie chętnie w przypadku ich zawilgocenia (powierzchniowego i wglębnego) przy podwyższonej temperaturze powietrza (rzędu 20÷25°C) oraz braku lub ograniczeniu wymiany powietrza wewnętrznego przy wilgotności względnej powietrza powyżej 60%.

Szacuje się, że ok. 30% problemów zdrowotnych związanych z jakością powietrza wewnętrznego wiąże się z narażeniem na grzyby pleśniowe.

Skutki zdrowotne narażeń na obecność i oddziaływanie grzybów pleśniowych mogą objawiać się w postaci:

- infekcji (grzybic) - powierzchniowych i narządowych,
- alergii - nosa, spojówek, błon śluzowych, astmy oskrzelowej i alergicznego zapalenia płuc,
- mykotoksykozy.

Mykotoksyny jako produkty metaboliczne grzybów dają wielokierunkowe działania toksyczne w tym:

- kancerogenne,
- immunotoksyczne,
- neurotoksyczne,
- mutogenne,
- teratogenne.

Dla oceny zanieczyszczenia środowiska wewnętrznego grzybami pleśniowymi dużego znaczenia nabiera określenie poziomu zanieczyszczenia aerozolem grzybowym.

Grzyby pleśniowe mają bardzo małe wymagania żywieniowe i dla ich rozwoju wystarczają nawet minimalne ilości substancji organicznych. Zarodniki grzybów pleśniowych charakteryzu-

je długa żywotność (np. zarodniki *Aspergillus* i *Penicillium*) przechowywane w tych samych warunkach utrzymują zdolność do wzrostu nawet ponad 12 lat.

Szczególnymi miejscami szybkiego rozwoju grzybów są powierzchnie zawilgoconych ścian, stropów i podłóg, w narożach pomieszczeń gdzie występuje zmniejszona cyrkulacja powietrza, przy podwyższonej wilgotności względnej powietrza, oraz wykraplającej się na powierzchniach parze wodnej (temperatura punktu rosy). Pleśnie rozwijają się również na przedmiotach stanowiących wyposażenie pomieszczeń.

Rozwojowi grzybów często towarzyszy obecność roztoczy w pomieszczeniach, oraz charakterystyczny a uważany za nieprzyjemny zapach, oraz efekty estetyczne w postaci widocznych plam koloni grzybów a nawet „zaroińców” fragmentów powierzchni (o kolorze zielonkawym i brunatnym a nawet czarnym).

Zupełnie osobnym problemem, który pojawił się w ostatnich latach jest utrzymanie we właściwym stanie higienicznym instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych stanowiących techniczne wyposażenie budynków, w których rozwijać się mogą kolonie mikroorganizmów, a tą drogą (przepływu powietrza) intensywnie być przemieszczane i rozpraszane.

Emisja substancji chemicznych

Szczególnie ważnym jest zagrożenie zdrowia w wyniku emisji substancji szkodliwych z materiałów budowlanych do wewnętrznych przestrzeni, w których przez wiele godzin w ciągu doby przebywają ludzie. Dotyczy to w znacznym stopniu również meblowego wyposażenia mieszkań i biur.

Wpływ różnego rodzaju substancji na zdrowie, obserwowano na przestrzeni lat, a do pewnych wniosków jak np. dotyczących szkodliwości a w związku z tym zakazu stosowania w budownictwie azbestu doszło dopiero w latach 90-tych XX w. a zakaz stosowania ołowiu i kadmu jako stabilizatora do PCV w tworzywowych profilach okiennych wprowadziła dopiero w roku 2001 tyłko Dania.

Zestawienie najczęściej występujących zanieczyszczeń chemicznych oraz ich możliwy wpływ na zdrowie

Substancja szkodliwa	Pochodzenie	Wpływ na zdrowie	Możliwe stężenia w pomieszczeniach
Rozpuszczalniki (benzen, dwuchloroetan, toluen, ksylen)	Farby, lakiery, żywice, polimery, środki czyszczące, kleje, lepiki, papy	Bóle głowy, podrażnienie błon śluzowych, zaburzenia układu nerwowego, uszkodzenia wątroby i nerek, działania rakotwórcze	Niebezpieczne
Formaldehid	Kleje, lepiki, lakiery, płyty paździerzowe, pianki, meble, papy	Podrażnieniami błon śluzowych, stany zapalne dróg oddechowych, bóle głowy, działania rakotwórcze	Niebezpieczne
Dwutlenek węgla (CO ₂)	Urządzenia grzewcze, piec gazowy powietrze wydechowe i atmosferyczne	Bóle głowy, zawroty naciśnienie	W normalnych warunkach nie jest niebezpieczne
Tlenek węgla (CO)	Powietrze atmosferyczne (pojazdy) paleniska urządzenia grzewcze	Zablokowanie transportu tlenu zaburzenia krążeniowo - oddechowe	W normalnych warunkach nie jest niebezpieczne
Tlenki azotu (NO _x)	Urządzenia grzewcze, piec gazowy, dym tytoniowy, powietrze zewnętrzne	Kaszel, ślimotok, katar nosa, zaburzenia w oddychaniu	Niebezpieczne
Dwutlenek siarki (SO ₂)	Urządzenia grzewcze, piec gazowy, dym tytoniowy,	Podrażnienia błon śluzowych, stany zapalne dróg oddechowych i tkanki łącznej, zapalenie oskrzeli, duszność	W normalnych warunkach nie jest niebezpieczne
Wielochlorowe dwufenylole, fenol, styren itp.	Plastyfikatory, kleje, lepiki, materiały izolacyjne, papy	Bóle głowy, zawroty, senność, uszkodzenia wątroby i nerek, działania rakotwórcze	Niebezpieczne
Radon	Cegły, kamienie naturalne, gaz ziemny, żużlobeton	Nudności, zaburzenia żołądkowe, jelitowe, osłabienie, wszystkie inne skutki typowe dla napromieniowania promieniami jonizującymi	Niebezpieczne

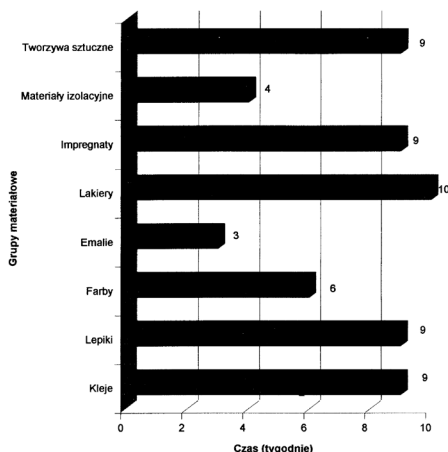
Można powiedzieć, że substancje szkodliwe występują w zróżnicowanych ilościach i stężeniach w różnych typach materiałów, do najczęściej występujących zaliczyć należy: toluen, ksylen, formaldehyd, benzen i styren.

Szkodliwe dla zdrowia substancje przedostające się z materiałów budowlanych do powietrza w największej liczbie występują w takich grupach materiałowych jak kleje, tworzywa sztuczne, materiały izolacyjne, lakiery, lepiki i impregnaty.

Istotnie ważnym jest wymagany czas sezonowania (karencji) wyrobów - czas niezbędny do wyemitowania poszczególnych substancji do poziomu właściwych dla nich wskaźników najwyższego dopuszczalnego stężenia - NSD. Dla poszczególnych grup materiałowych wynosić może od 3 tygodni (dla emalii) do 9÷10 tygodni dla tworzyw sztucznych impregnatów, lepików, klejów oraz lakierów.

Niektóre z materiałów nie mogą być generalnie zastosowane w pomieszczeniach zamkniętych, czy przeznaczonych dla stałego pobytu ludzi.

Poniżej wykres przedstawiający okres sezonowania wyrobów w poszczególnych grupach materiałowych wynikający z badań higienicznych



Uznaje się, że zawartości związków organicznych w powietrzu w budynku w ilościach:

- mniejszych od $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nie dają szkodliwych warunków dla organizmu,
- w ilościach $200\div 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mogą już być szkodliwe,
- w ilości $3000\div 5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ powodują, że powietrze ma nieprzyjemny zapach, oraz szkodliwe działanie na ludzki organizm.

Z punktu budowy chemicznej do grupy związków organicznych należy przynajmniej kilkaset różnych związków chemicznych, należących do takich jak:

- węglowodory alifatyczne i aromatyczne,
- związki halonowe,
- aldehydy,
- ketony,
- estry,
- terpeny.

Do powietrza emitować mogą szkodliwe związki (w bardzo zróżnicowanych ilościach zależnych od technologii i procesów produkcyjnych) także popularne i często stosowane materiały budowlane jak:

- drewnopochodne i izolacje termiczne - formaldehyd,
- niektóre kleje - formaldehyd, toluen, fenole,
- płyty pilśniowe - ksylomit,
- żywiczne materiały posadzkowe - toluen, styren, butanol, cykloheksan,
- wyroby z PCV - toluen, dekan, dwuetyloheksanol.

Najczęściej identyfikowaną substancją podczas badań higienicznych był toluen, występujący w: emalii, lepikach, lakierach, klejach, farbach, impregnatkach, materiałach izolacyjnych i innych.

W celu oceny wielkości problemów związanych z szkodliwymi substancjami w powietrzu, stworzona została Centralna Baza Danych HIGMAT dotycząca substancji chemicznych, których zawartość w materiałach budowlanych podlega szczególnym ograniczeniom. Baza ta o otwartym charakterze stanowi zbiór danych zarówno o charakterze informacyjnym oraz oświatowym.

W omawianych zakresach, podstawowym elementem poprawnego stosowania są dokumenty dopuszczające do stosowania państwowego Zakładu Higieny, informacja producenta o testowanych składnikach, oraz przestrzeganie informacji technicznych dotyczących uwarunkowań stosowania i użytkowania (środki ochronne przy stosowaniu, karencje, wietrzenie, ...).

Promieniowanie - zjawiska radiacyjne

Podstawowe źródło promieniowania stanowią naturalne pierwiastki promieniotwórcze zawarte w materiałach budowlanych, a także promieniowanie kosmiczne przenikające do atmosfery z przestrzeni kosmicznej. Niektóre z materiałów budowlanych, pochodzenia mineralnego mogą zawierać pierwiastki promieniotwórcze Th (tor), U (uran), oraz promieniotwórczy izotop K (potas).

Największy udział w ogólnym bilansie promieniowania ma gaz szlachetny Ra (radon) oraz produkty jego rozpadu.

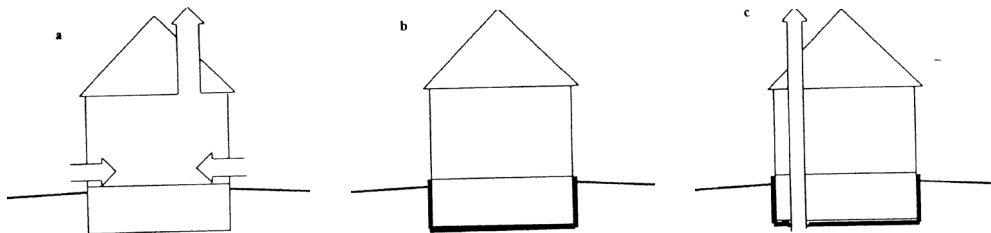
Generalnie krajowe wyroby budowlane można podzielić na następujące grupy wg zawartości w nich naturalnych pierwiastków promieniotwórczych:

- niską zawartość (współczynnik f_1 do 0,35) to materiały budowlane i wyroby jak: z betonu komórkowego z zastosowaniem piasku, z betonu zwykłego, wapienno-piaskowe, z niskoaktywnych surowców mineralnych jak gips i wapno,
- średnią zawartością (współczynnik f_1 do 0,60) jak wyroby z betonów lekkich na kruszywach spiekanych typu keramzytowego,
- podwyższonej zawartości (współczynnik f_1 do 1,0) jak wyroby z ceramiki wypalanej, z betonu komórkowego z udziałem popiołów lotnych (pyłów dymnicowych), żużlobetony, fosfogipsy, materiały kamienne - magmowe głębinowe.

Znacznie większe zagrożenie występuje w powodzie gazu szlachetnego jakim jest znajdujący się w skorupie ziemskiej radon - Ra.

Geograficznie w Polsce radon w większym stopniu występuje na terenach południowo-zachodnich kraju, gdzie występuje nawet kilkuprocentowe prawdopodobieństwo przekroczenia dopuszczalnego stężenia w obiektach budowlanych.

Zmniejszenie infiltracji Ra-226 jest możliwe dzięki zastosowaniu odpowiedniej wentylacji, izolacji gazoszczelnej i usunięciu części radonu z podłoża (**Rys. 2**), ewentualnie zastosowanie kombinacji przedstawionych metod.



Rys. 2. Podstawowe sposoby obniżenia stężenia radonu w powietrzu wewnątrz budynku: **a** - przez zastosowanie specjalnego systemu wentylacji, **b** - za pomocą izolacji gazoszczelnej (bateria mechaniczna), **c** - przez usuwanie części radonu z podłoża (wytwarzanie podciśnienia pod obiektem)

Możliwym i skutecznym jest również zastosowanie kombinacji przedstawionych metod.

Za graniczną wielkość rocznego stężenia Ra-222 w budynkach oddanych do użytku po 1.01.1998 uznaje się wielkość 200 Bq/m³ co jest wielkością zbliżoną do wymogów światowych.

Pole elektromagnetyczne i elektryczność statyczna

Zjawiska dotyczące pól elektromagnetycznych związanych z przepływem prądu mogą wywierać istotny wpływ na zdrowie człowieka. Dotyczy to najczęściej stref w pobliżu urządzeń elektroenergetycznych o wysokim napięciu.

Pole magnetyczne wytwarzane jest przez prądy w przewodach a pole elektryczne powstaje w wyniku przyłożenia napięcia do przewodów. Zjawiska te praktycznie dotyczą stref w bezpośredniej bliskości linii wysokiego napięcia, oraz stacji transformatorowych.

Znacznie częściej na człowieka oddziałują zjawiska związane z elektrycznością statyczną. Miejsca o szczególnym stopniu ochrony przed elektrycznością statyczną to środowiska z mediami łatwo zapalnymi i wybuchowymi, oraz takie gdzie występuje nagromadzenie sprzętu i urządzeń elektronicznych w tym narażonych na wyładowania elektrostatyczne jak szpitalne sale operacyjne, urządzenia komputerowe w bankach lub poligrafii itd.

Elektryzacja statyczna materiałów budowlanych (najczęściej ale nie tylko, z grupy tworzyw sztucznych) następuje na drodze kontaktowo-tarciowej, czyli praktycznie w wyniku różnych form ruchu przy którym występuje kontakt, tarcie lub rozdzielanie materiałów, umożliwiające rozdział ładunków.

Na zdrowie człowieka bezpośrednio oddziałuje wytwarzane pole elektryczne, oraz zmiany jonizacji powietrza, przez zaburzenia indywidualnych bioprądów organizmu.

Zjonizowane powietrze (w zachwianej dysproporcji jonów dodatnich i ujemnych) może oddziaływać na zdrowie na drodze:

- nerwowej (odruchowej) w wyniku pobudzania receptorów oskrzelowych i płucnych,
- zmiany potencjału w tym krwi kontaktującej się ze zjonizowanym powietrzem w pęcherzykach płucnych dając w efekcie wpływ na układ wewnętrzwydzielniczy,
- zmian błon śluzowych dróg oddechowych dających zmiany w ruchach rzęskowych płuc.

Wzrost jonizacji powietrza prowadzi również do wzmocnienia toksyczności ze względu na ułatwio-

ne przenikanie gazów i aerozoli do dróg oddechowych.

Elektryzujące się tworzywa sztuczne przyciągają na swą powierzchnię między innymi kurz, co prowadzi do pogorszenia warunków higienicznych i zdrowotnych i może podwyższyć stopień zagrożenia biologicznego.

Według aktualnych wymogów normowych za materiał antystatyczny uznaje się materiał budowlany, którego rezystywność skrośna jest mniejsza od $1 \div 10^8 \Omega m$ czyli, że ograniczone są mechanizmy generowania ładunków, oraz istnieje naturalny odpływ ładunków z urządzeń kontaktujących się a takim materiałem.

Współczesny człowiek żyje wśród mnóstwa urządzeń elektronicznych, emitujących różnego typu promieniowanie, takich jak telefony komórkowe, radiofonia cyfrowa, radary lotnicze. Wszystkie te urządzenia wytwarzają fale typu elektromagnetycznego o wysokiej częstotliwości o działaniu ciągłym i impulsowym.

Na dzień dzisiejszy nierozpoznane jest ich oddziaływanie na organizm ludzki.

Czasami dzisiaj jakby na „wszelki wypadek” stosuje się zabezpieczenia przed tymi zjawiskami nazywanymi „smogiem elektromagnetycznym”.

W przypadku docieplenia budynków za pomocą bezspoinowego systemu ociepleń - BSO (uprzednio nazywanym metodą lekką - mokrą) w niektórych z krajów wysoko rozwiniętych w strefach takich oddziaływań (np. radarowo sterowany korytarz dolotowy do lotniska) proponuje się stosowanie specjalnej siatki zbrojącej. Siatka zbrojąca z dodatkowym wplecionym włóknem metalowym, staje się elementem przewodzącym ładunki elektryczne do systemu uziomów.

Ten rodzaj ekranowania wg niektórych danych, redukuje natężenie zmiennych pól o niskiej częstotliwości i tłumi w bardzo dużym stopniu promieniowanie wysokiej częstotliwości.

Zagadnienia ciepłno-wilgotnościowe

Problemy wilgotnościowe pomieszczeń mieszkalnych i biurowych wynikać mogą z następujących czynników:

- zawilgocenia materiałów tworzących przegrody w wyniku nieskutecznego działania odpowiedniej izolacji p/wodnej i p/wilgociowej czy ewentualnego jej uszkodzenia, a w obiektach o kilkudziesięcioletnim okresie użytkowania nawet jej braku (izolacje tego typu stosuje się powszechnie dopiero po I wojnie światowej) czy technicznego zużycia,
- parametrów technicznych przegrody - współczynnik przenikania ciepła przegrody - „k” = „U”, rozkład ciśnienia pary wodnej w przegrodzie (wskazujący na ewentualne wystąpienie strefy kondensacji),
- zawilgocenia w wyniku działań życiowych użytkowników (jeden człowiek wytwarza ok. $8 \div 10$ l wody/dobę).

Zjawiska ewentualnej kondensacji w przegrodzie, mają istotny związek z warunkami użytkowania pomieszczeń tj. utrzymaniem na odpowiednim poziomie zarówno temperatury powietrza - $+20^{\circ}C$, oraz wilgotności względnej powietrza - 55%.

Parametry termiczne przegrody (jej temperatura) mają wpływ na możliwość wystąpienia oraz wielkość zjawisk wykroplenia wody z pary wodnej na powierzchni przegrody oraz przedmiotów wyposażenia - tzw. temperatura punktu rosy. Praktyczne obserwacje wskazują często na obniżenie przez użytkowników temperatury wewnętrznej, ze względów oszczędnościowych, a nawet czasami na

zjawisko „kradzieży ciepła” od sąsiada.

Zawartość pary wodnej w powietrzu może się zmieniać, przy czym maksymalna zawartość wilgoci w powietrzu zależy od ciśnienia atmosferycznego i temperatury.

Przy kontakcie powietrza wilgotnego z chłodnymi powierzchniami, po ochłodzeniu powietrza w warstwie przyściennej poniżej temperatury punktu rosy, następuje wykroplenie się pary wodnej na powierzchni ścian.

W typowym mieszkaniu lat 1950/80-tych, w wielu miejscach występowały stosunkowo chłodne powierzchnie ścian i okien (w wyniku wysokiego „k” i mostków termicznych).

Nieszczelne okna powodowały stosunkowo intensywną wymianę powietrza, a przez to wyprowadzenie nadmiaru pary wodnej na zewnątrz.

Program modernizacji (ociepleń ścian, stropów nadpiwnicznych, stropodachów) spowodował polepszenie termoizolacyjności przegród, podnosząc temperaturę na wewnętrznych powierzchniach przegród.

Przy równoczesnej wymianie stolarki, co często się dzieje, na znacznie bardziej szczelną, zmniejszyły się przepływy powietrza co zwiększyło wilgotność powietrza.

Wprowadzenie indywidualnego rozliczenia energii cieplnej („podzielniki ciepła”, termozawory) spowodowało przez oszczędności, obniżenie temperatury powietrza wewnętrznego, zwiększając jeszcze bardziej wilgotność względną powietrza. Można by praktycznie powiedzieć, że modernizacja energetyczna mieszkań stworzyła warunki sprzyjające do wystąpienia kondensacji wilgoci w miejscach lokalnego zmniejszonego oporu cieplnego na powierzchniach tzw. „mostków cieplnych”.

Dla wykrycia mostków cieplnych praktycznie stosuje się badania przegród za pomocą kamer termowizyjnych. Na dzień dzisiejszy technicznie stosowane i sprawdzone eksploatacyjnie są materiały i technologie dla wytworzenia zarówno poziomych jak i pionowych izolacji p/wilgociowych w istniejących przegrodach eksploatowanych obiektów bez konieczności ich naruszenia (nacinanie) oraz prowadzenia odkopów.

Wentylacja

Niezwykle istotnym w świetle przedstawionych problemów cieplnych i wilgotnościowych jest poprawna wentylacja poszczególnych pomieszczeń. Dobra wentylacja pomieszczeń wynika z wielkości napływu świeżego powietrza i wyprowadzenia zużytego.

Napływ powietrza realizuje się przez okna (kiedyś ich nieszczelności) oraz specjalne otwory napływu świeżego powietrza zarówno w przekrojach okiennych jak i umieszczone w ścianach. Jako podstawową wartość strumienia powietrza przyjmuje się 20 m³/h na osobę lub odpowiednią krotność wymiany powietrza w pomieszczeniu.

W związku z częstą wymianą okien na współczesne, bardzo szczelne istotnego znaczenia nabiera wielkość współczynnika infiltracji przez okna na minimalnym poziomie 0,5 m³/h•m daPa^{2/3}.

Spełnienie tegoż wymogu osiąga się przez rozszczelnienie szczelnego okna początkowo robiono to przez wycięcie ok. 10÷20 cm odcinka uszczelki w górnej części okna, aktualnie przez zamontowanie specjalnych uszczelki płaskich, karbowanych czy czasami perforowanych.

Powszechną stała się funkcja rozszczelnienia w okuciach okien, w ostatnich latach za granicą

z funkcją przepływu powietrza przy dużych różnicach ciśnień przystosowana do montażu w oknach z profili PCV.

Elementem w znacznym stopniu zapewniającym napływ powietrza są różnego typu nawiewniki:

- o stałym przekroju otworu wlotowego,
- o ręcznie regulowanym przesłonięciu tegoż otworu,
- o automatycznie regulowanym przesłonięciu otworu wlotowego (sterowane zmienną różnicą ciśnień, wilgotnością względną powietrza wewnętrznego).

Niektóre z nawiewników powietrza dodatkowo są wyposażone w elementy do tłumienia dźwięków. Drugim elementem skutecznie działającej wentylacji są elementy wyprowadzenia powietrza z pomieszczeń w postaci kanałów wentylacyjnych, dla działania wentylacji grawitacyjnej czy wspomaganie mechanicznie. Odpowiednia wielkość przekrojów kanałów, ich ilość i wysokość - różnica poziomów, nie zasłanianie - zmniejszenie powierzchni otworów wlotowych, nie przyłączanie do nich indywidualnych wentylatorów, to niezbędne warunki skutecznego działania.

Specjalnego znaczenia nabiera skuteczność działania wentylacji w pomieszczeniach gdzie występują procesy spalania jak kuchnie, łazienki z gazowymi grzejnikami przepływowymi wody, z kominkami, ze względu na powstawanie CO₂ w wyniku spalania.

Rocznie w Polsce w ostatnich latach notowano nawet 300 zatruć śmiertelnych tlenkiem węgla, przy kilkukrotnie większej liczbie zatruć (sam proces spalania 1m³ gazu ziemnego wymaga 10 m³ powietrza, które musi dopłynąć do pomieszczenia).

Badania statystyczne wskazują na dużą szkodliwość dymów ze spalania drewna (wolne rodniki z takiego spalania wykazują aktywność chemiczną 40 x dłuższą od dymu tytoniowego) w znacznym stopniu wydaje się być prawdziwe stwierdzenie: „... wygrywamy bitwę o energię - przegrywamy wojnę o jakość powietrza”.

Podstawową zasadą praktycznej wentylacji, jest po prostu wietrzenie pomieszczeń przez otwieranie okien.

Problemy budynków nowo wzniesionych

Zupełnie oddzielnym zagadnieniem jest problem doboru materiałów i technologii na etapie projektowania i realizacji, szczególnie przy szybkim tempie robót, często w jednym roku - sezonie klimatycznym. Znaczne ilości tzw. „procesów mokrych” z użyciem materiałów i technologii wykorzystujących duże ilości wody, to na dzień dzisiejszy typowy standard wykonawczy. Wykończenie tynkowe ścian, samopoziomujące podkłady podłogowe to typowe przykłady „procesów” budowlanych z dużą ilością wody. Dla chemicznego związania spoiw potrzeba do 20% wody dodawanej w procesach przygotowania produktów.

Według różnych szacunków, w zależności od zastosowanych materiałów, można mówić że w 1m³ kubatury budynku znajduje się od 80 do 200 l wody, która musi odparować.

Stąd specjalnego znaczenia nabiera pierwszy okres użytkowania pomieszczeń po procesie budowy, w którym odparowuje zbędna wilgoć technologiczna. Na tym etapie wentylacja pomieszczeń poprzez otwieranie okien, możliwie na przestrzał w celu intensyfikacji procesów wymiany powietrza jest absolutnie konieczna.

Czasami pojawiają się naglenia ścianach, sufitach, wyłącznikach, gniazdkach, powierzchniach z tworzyw sztucznych, szaro-czarne plamy podobne do sadzy. Dotyczy to często obiektów nowo

zbudowanych, remontowanych, w pierwszym lub drugim sezonie grzewczym.

Zjawiska te nazywane są „magic dust” lub efektem foggingu (magiczny kurz lub efekt mgły).

Powstawanie ich, aktualnie się wiąże z mostkami cieplnymi, wilgotnością powietrza, jonizacją powietrza, wydzielaniem się gazów z półlotnych związków organicznych znanych jako plastyfikatory i ciecze wysokowrzące. Stosowane są one w farbach, lakierach, tapetach winylowych, klejach, wykładzinach (szczególnie na gąbce), piankach, laminatach ... oraz w świecach czy lampkach oliwnych.

Zjawiska te na dzień dzisiejszy nie zostały do końca rozpoznane, oraz brak jest rozwiązań ochronnych o pełnej skuteczności.

Podsumowanie

W związku z przedstawionymi wcześniej zagadnieniami dotyczącymi problemów „sick building syndrom” coraz częściej mówi się o konieczności tworzenia obiektów budowlanych o harmonijnym połączeniu funkcji, trwałości, stosowania dobrych, niezagrażających zdrowiu człowieka podlegających recydingowi materiałów budowlanych i technologii, niewywierających negatywnego wpływu na środowisko, a przy tym o niskich „globalnych” kosztach (inwestycja, eksploatacja, unicestwienie) czyli „green building” GB (zielony budynek).

O domy użytkowane od lat, dbamy ze względów technicznych i ekonomicznych, a oprócz tego „... wiele z domów jest nasiąkniętych emocjami ludzi, którzy w nich żyli ...” a to stanowi często wartość niewymierną, dlatego prowadzi się stosowne prace renowacyjno-remontowe przy pomocy specjalnie dobranych, wysoce specjalistycznych materiałów budowlanych i technologii.

dr inż. Błażej Zgoła

