

dr inż. Jerzy Karyś¹⁾

Mykologiczne skutki wadliwych rozwiązań dachów, tarasów i balkonów

Mycologist results of imperfect design of roofs, terraces and balconies

DOI: 10.15199/33.2015.03.01

Streszczenie. O trwałości obiektów budowlanych decyduje kilka elementów konstrukcyjnych, a wśród nich znajdują się dachy, tarasy i balkony. Przyczyną tego są złożone problemy projektowe, wykonawcze i eksploatacyjne tych konstrukcji, co może powodować tworzenie się ognisk wilgoci, a w konsekwencji powstawanie korozji biologicznej. Procesy mikrobiologiczne wywołują grzyby domowe, pleśniowe, glony i porosty oraz bakterie. Grzyby domowe, glony i porosty są przyczyną poważnych zmian konstrukcyjnych, a pozostałe czynniki biologiczne implikują problemy zdrowotne rozpatrywane jako element syndromu SBS (*Sick Building Syndrome*).

Słowa kluczowe: dach, taras, balkon, korozja biologiczna.

Abstract. About building object durability some structure elements decide, first of all the roofs, terraces and balconies. Reasons of these are the complicated design, executive and utilization problems, that give occasion to produce some moisture centres and as a consequence biological corrosion. The microbiological processes are produced by house fungi and moulds, algae, lichens and bacteria. House fungi, algae and lichens are the cause serious structure change and remaining biological agents imply the sanitary problems, investigated as SBS (*Sick Building Syndrome*).

Keywords: roof, terrace, balcony, biological corrosion.

Dachy, tarasy i balkony należą do trudnych z punktu widzenia technicznego elementów budynków i to zarówno w odniesieniu do projektantów, wykonawców robót budowlanych, jak i użytkowników obiektów, ponieważ wymagają dużych umiejętności zawodowych. Skutki wszelkich nieprawidłowych rozwiązań są widoczne nawet w trakcie wykonywania robót, a eksploatacja pomieszczeń, szczególnie ogrzewanych, obnaża wszelkie błędy, nawet te, które można traktować jako mniej istotne. Dzięki postępowi technicznemu mamy do dyspozycji wciąż nowe doskonałe rozwiązania techniczne izolacji wodochronnych. W artykule omówię podstawowe, przykładowe zasady techniczne odnoszące się do prawidłowej realizacji przedmiotowych konstrukcji.

Zasady techniczne decydujące o prawidłowej realizacji dachów, tarasów i balkonów

Dachy. Popularnie stosowane obecnie warstwowe dachy strome stwarzają ogromne problemy wilgotnościowe i mikrobiologiczne. Usterki techniczne można wprawdzie skorygować za pomocą wentylacji o uzupełniającym charakterze, ale rozwiązania korygujące jedynie odprowadzanie wilgoci bywają skuteczne dosyć krótko [1, 2, 3].

Wilgoć w strefie dachu. Ilość pary wodnej w budynku pozostaje w ścisłej korelacji z wilgotnością masową przegród budowlanych i wilgotnością względną powietrza w pomieszczeniach. Niebezpieczna staje się para wodna o ciśnieniu cząstkowym powyżej 13,0 – 14,0 hPa, co przy temperaturze 20 °C daje wilgotność względną powietrza większą niż 55%, a więc dotyczy to wartości maksymalnej dopuszczalnej w budynkach mieszkalnych. Pierwsze symptomy kondensacji pojawiają się już przy temperaturze powietrza zewnętrznego < 12 °C.

Wilgoć może pojawić się również jako woda przeciekająca z dachu lub śnieg wiewiany pod pokrycie. W celu uniknięcia takich przypadków stosuje się folię wstępnego krycia (FWK), a w starszych rozwiązaniach papę, która wprawdzie zabezpiecza przed wnikaniem wody, ale charakteryzuje się dużym oporem dyfuzyjnym, co przy niskiej temperaturze panującej w tym przekroju dachu może wywoływać kondensację pary wodnej. Folia FWK ma dużą zdolność do przepuszczania pary wodnej p (800 – 1300 g/m² 24h; $S_{Dp} = 0,02 - 0,08$ m). Inne folie, o dużym oporze dyfuzyjnym ($S_{Dp} = 100 - 1000$ m) i przepuszczalności pary wodnej mniejszej od 0,5 g/m² 24h, stosowane są jako paroizolacje (PI) i sytuowane od strony sufitowej dachu. W związku z tym, że trudno jest dobrać dokładnie parametry folii przy braku znajomości bilansu wilgotnościowego w przekroju dachu, stosować należy dodatkowo mechanizm usuwania pary wodnej. W dachach stromych umożliwia to ruch wiatru i ssanie w kanale o średnicy co najmniej 2 cm (należy projektować 5 cm), dającym przepływ powietrza od okapu do kalenicy. Niekiedy przy dużym transporcie pary wodnej niezbędny jest kanał górny i dolny. Szczególnie wówczas, gdy mamy do czynienia z folią wiatroizolacyjną o dużym oporze dyfuzyjnym lub z papą na deskowaniu, albo też gdy dolny kanał wentylacyjny jest zbyt wąski. Otwory wentylacyjne w kalenicy powinny mieć powierzchnię, która stanowi 0,5‰ obu połaci dachowych, a otwory przy okapie co najmniej 2‰ powierzchni określonej połaci dachowej i powierzchnię nie mniejszą od 200 cm²/m okapu. Aby kanały były bezpieczne, wprowadza się specjalne siatki albo osiatkowane profile przy okapie lub podbitkach oraz wzmocnione folie i profile wentylacyjne w kalenicy. W przypadku pokryć z gontów powinny być stosowane kanały o średnicy nawet do 10 cm (produkcenci gontów uzależniają tę grubość od długości dachu).

Przyczyny i skutki powstawania zawilgocenia w przekroju dachu. Opisane zalecenia powinny być uwzględnione już w projek-

¹⁾ e-mail: Pozzwroclaw@wp.pl

cie budowlanym lub uzupełnione w trakcie realizacji i ujęte w dokumentacji powykonawczej. Niekiedy o pojawianiu się zawilgoce- nia decyduje nie tylko zbyt mały wymiar kanału wentylacyjnego lub wlotu i wylotu kanału, ale bardzo często przewężenia występujące pomiędzy deskowaniem a wełną mineralną wywołane brakiem ograniczników, przy znanej tendencji wełny do rozprężania się. W takim przypadku lepiej stosować piankę polistyrenową (styropian samoga- snący). W Polsce nagminnie jest używanie papy na deskowaniu, ponieważ umożliwia to wcześniejszą eksploatację budynku. Takie rozwiązanie wymaga jednak stosowania kanałów podwójnych – gór- nego i dolnego. Podobne skutki wywołuje stosowanie blachod- achówki.

Brak kanałów wentylacyjnych stwarza ogromne kłopoty pod- czas eksploatacji dachów warstwowych w przypadku użytkow- anych poddaszy, szczególnie nad łazienkami, w których pod- czas eksploatacji wilgotność względna powietrza przekra- cza 60%, a niekiedy 80%. Wówczas oprócz kanałów wentylacyj- nych należy stosować od dołu paroizolację. W celu polepszenia warunków użytkowania, w pierwszych 2 – 3 latach eksploatacji należy ograniczyć procesy mokre w budynku i kontrolować prze- pływ powietrza przez kratki wentylacyjne za pomocą anemome- tru. Optymalna prędkość przepływu powietrza przez kratki powin- na wynosić 0,4 – 1,1 m/s. Skutkiem finalnym złego wykonywa- nia dachu warstwowego są zawilgocecia i w konsekwencji czyn- niki biologiczne [4].

Taras i balkony. W projektowaniu tarasów i balkonów nale- ży uwzględnić nie tylko obciążenie mechaniczne, ale i cieplne, po- nieważ latem ich powierzchnie nagrzewają się do temperatury na- wet 70 °C, a podczas opadów atmosferycznych oziębiają do 20 °C ($\Delta T = 50$ °C). Natomiast w okresie zimowym powierzchnia osiąga temperaturę –20 °C, aby w wyniku insolacji ogrzać się do +30 °C ($\Delta T = 50$ °C); podobna różnica temperatury dotyczy tara- su jako stropu nad pomieszczeniem ogrzewanym. Stosowane w tych konstrukcjach izolacje wodochronne mają charakter zespo- lonej (podpłytkowej) lub drenażowej. Termoizolacja powinna za- pewniać wartość współczynnika przenikania ciepła mniejszą niż 0,30 W/m² K i nie dopuszczać do kondensacji pary wodnej. Nale- ży również pamiętać o punkcie pleśniowym o ok. 3 °C wyższym od punktu rosy.

Zapewnienie szczelności tarasów ze względu na obciążenia cieplne. Niezbędne jest odpowiednie dylatowanie połączeń oraz do- stosowanie materiałów o odpowiednich parametrach wytrzymało- ściowych i zdolnych do przeniesienia odkształceń poszczegól- nych warstw. W tarasach powinny być stosowane następujące dy- latacje:

- konstrukcyjne budynku;
- brzegowe (obwodowe, skrajne), które oddzielają warstwy kon- strukcji tarasu od ścian, słupów i innych sztywnych elementów;
- strefowe (pośrednie) przebiegające przez całą wysokość ja- strychu (podkładu) i okładziny (warstwy użytkowej), dzieląc te warstwy na niezależne części,
- kontrolne, które ograniczają możliwość tworzenia się rys skurczowych w obrębie pola obrysowanego dylatacjami strefowy- mi, brzegowymi lub konstrukcyjnymi budynku;
- montażowe, np. oddzielające połączyć tarasu lub balkonu od wpustów podłogowych.

Dylatacje brzegowe i strefowe jastrychu (podkładu) muszą wią- zać się z dylatacjami warstwy użytkowej i mieć tę samą szerokość. Zgodnie z zaleceniami ITB rozstaw dylatacji nie powinien przekra- czać 2 x 2 m. Tymczasem niemieckie wytyczne ZDB uzależniają

rozstaw szczylin dylatacyjnych od rodzaju płytek, elastyczności kle- ju oraz lokalizacji konstrukcji i obciążeń na nią działających i po- dają, że powinien wynosić $2 \div 5$ m, a proporcje między bokami nie mogą różnić się więcej niż 2 : 1. Dylatować należy także każdą zmia- nę kierunku pola [1].

Taras naziemne z powierzchniowym odprowadzeniem wo- dy (z uszczelnieniem zespolonym). Spadek połączy tarasu powin- nien wynosić 1,5 – 2%. Paroizolację należy układać nie tylko nad pomieszczeniem ogrzewanym, ale również tam, gdzie kon- strukcja tarasu przechodzi np. w konstrukcję balkonową. Stano- wić ją może papa z folią aluminiową i polimerowa masa bitu- miczna KMB. Zakłady poszczególnych pasów z materiałów rolo- wych powinny wynosić co najmniej 10 cm. Należy wykonywać dwie izolacje wodochronne, tzn. podpłytkową oraz międzywar- stwową. Tę ostatnią funkcję może pełnić także paroizolacja. Izo- lację międzywarstwową wykonuje się z rolowych materiałów bi- tumicznych oraz rolowych wyrobów z tworzyw sztucznych, w tym kauczukowych.

W przypadku stosowania folii polietylenowych (PE) lub polipro- pylenowych (PP), ich grubość nie powinna być mniejsza niż 2 mm, a grubość folii z polichlorku winylu (PVC) 1,5 mm. Izolacja między- warstwową może być wykonana na izolacji termicznej lub na war- stwie spadkowej, płycie konstrukcyjnej wykonanej ze spadkiem. Wówczas zastosować można modyfikowane polimerami bitumicz- ne masy uszczelniające KMB, ewentualnie z wkładką zbrojącą. Gru- bość warstwy po wyschnięciu powinna wynosić min. 3 mm [1, 5, 6]. Do wykonania uszczelnienia zespolonego stosuje się przede wszyst- kim elastyczne szlamy mineralne. Są to jedno- lub dwuskładnikowe wodoodporne powłoki zdolne do przenoszenia rys podłoża o szerokości rozwarcia nie mniejszej niż 0,5 mm. Nie zale- ca się używać tzw. płynnych folii. Stosować należy rozwiązania sys- temowe.

Szerokość dylatacji strefowych i brzegowych powinna wyno- sić co najmniej 8 mm, a rozstaw nie może przekraczać 2 m. Kor- rzystnie jest sprawdzić obliczeniowo, czy zachowana jest zdol- ność do przenoszenia odkształceń przez masę dylatacyjną, tzw. zdolność ruchu [5, 6]. Omawiane dylatacje wypełnia się kitami silikonowymi lub poliuretanowymi, znacznie rzadziej tiokolowy- mi (ze względu na cenę). Powinny one być klasyfikowane jako konstrukcyjne typu F. Niekiedy dylatacje wykonuje się, korzystaj-ąc z gotowych, systemowych profili, ale wówczas podstawowym uszczelnieniem jest taśma uszczelniająca, wklejona w elastyczny szlam. Podobnie materiał dylatacyjny, pomimo że ma właści- wości uszczelniające, jest traktowany jedynie jako wypełnienie dylatacji [1, 5].

Taras naziemne z drenażowym odprowadzeniem wody. Rozwiązanie drenażowe powoduje konieczność opracowania oka- pu połączenia tarasu, a wysokość obróbek blacharskich musi być do- pasowana do grubości warstw konstrukcji. Ponadto warstwa dre- nująca nie powinna ulec zamuleniu, a balustrady nie mogą prze- bijać powłoki wodochronnej.

W przypadku tarasów o układzie odwróconym, do wykonywa- nia termoizolacji należy stosować materiały odporne na stałe działanie wilgoci, np. płyty z polistyrenu ekstrudowanego XPS. W przypadku układu odwróconego, izolacja wodochronna ukła- dana jest bezpośrednio na warstwie spadkowej lub płycie kon- strukcyjnej, wykonanej ze spadkiem, dlatego stosuje się bitu- miczne materiały rolowe (papy, membrany samoprzylepne, po- limerowo-bitumiczne masy uszczelniające KMB z wkładką zbro- jącą oraz folie z tworzyw sztucznych). Można też stosować ela-

styczne szlasy mineralne, ale ze względu na ich relatywnie dużą dyfuzyjność konieczne może być stosowanie dodatkowej paroizolacji.

Arkusze izolacji z folii (grubość identyczna jak w przypadku wariantu z uszczelnieniem zespolonym) muszą być ze sobą zgrzane, sklejone lub zwulkanizowane. Dylatacja brzegowa (przy ścianie) oraz styk z obróbką powinny być uszczelnione. Oznacza to, że projekt musi podawać sposób szczelnego połączenia hydroizolacji z podłożem (zazwyczaj stosuje się dodatkowo specjalne taśmy, np. butylowe).

Płyty warstwy użytkowej mogą być układane na systemowych podstawkach dystansowych, bezpośrednio na warstwie hydroizolacji lub termoizolacji. Warstwy te muszą być odporne na punktowe obciążenie (alternatywnie można stosować odpowiednie podkładki lub warstwy ochronne) [6]. Jeżeli warstwa użytkowa wykonana jest z płyt lub kostki, układanych luzem na warstwie drenującej, to do jej wykonania stosuje się płukany żwir o uziarnieniu 6 – 8 mm. To ostatnie rozwiązanie pozwala na uzyskanie poziomej powierzchni tarasu. Konieczne jest wtedy zwiększenie spadku powłoki wodochronnej. Jeżeli warstwą użytkową jest okładzina ceramiczna, to do wykonania warstwy drenującej stosuje się materiały wodoprzepuszczalne, takie jak:

- jastrychy cementowe klasy minimum C20, grubości przynajmniej 5,5 cm;

- betony klasy co najmniej C20/C25, grubości przynajmniej 7 cm, wykonane z zastosowaniem kruszywa jamistego o grubym uziarnieniu, np. 16/22 mm.

Pod warstwą drenującą układa się specjalną matę (membranę) z otworami z tworzywa sztucznego, chroniącą izolację przed uszkodzeniem mechanicznym. W zależności od przyjętego rozwiązania konstrukcyjnego, do wykonania warstwy ochronnej lub filtrującej stosuje się geowłókninę oraz membrany kubełkowe lub systemowe maty ochronne (ochronno-filtrujące). Membrana kubełkowa nie może być układana na warstwie wodochronnej z masy KMB [1, 5, 6].

Rozwiązania techniczne balkonów i tarasów naziemnych. W przypadku **balkonów** – mostek cieplny powstający na styku ze ścianą można wyeliminować za pomocą specjalnych łączników izotermicznych lub przez wykonanie balkonu jako osobnej konstrukcji, ewentualnie kompletnego ocieplenia od góry i od spodu. Podobnie jak w przypadku tarasów, istnieją dwa rozwiązania, tzn. z uszczelnieniem zespolonym lub z drenażowym odprowadzeniem wody. Rodzaj i wymagania stawiane materiałom do wykonania warstwy spadkowej, uszczelnienia zespolonego i warstw użytkowych są takie same, jak w przypadku tarasów. Warstwy spadkowej na ogół nie dylatuje się, natomiast należy dylatować powierzchnię okładziny ceramicznej. W rozwiązaniu z drenażowym odprowadzeniem wody, w podobny sposób należy dylatować jastrych wodoprzepuszczalny.

Taras naziemny wykonuje się najczęściej w postaci płyty umieszczonej na gruncie. Z tego powodu na odpowiednio przygotowanym podłożu gruntowym należy wykonać warstwę uniemożliwiającą kapilarne podciąganie wody, grubości 25 – 30 cm z płukanego żwiru o uziarnieniu 8/16 mm lub 16/32 mm, a na żwirze ułożyć membranę kubełkową lub grubą folię z tworzywa sztucznego i dopiero wówczas wykonać płytę betonową, zbrojoną przeciwskurczowo. Trzeba także zadbać o zabezpieczenie boków płyty przed zawilgoceniem, np. przez wykonanie izolacji z elastycznego szlamu, jednocześnie hydroizolacyjnego i dyfuzyjnego [1, 5].

Czynniki biologiczne pojawiające się w pomieszczeniach w wyniku nieprawidłowo wykonanych dachów, tarasów i balkonów

Proces korozji konstrukcji wywołany przez czynniki biologiczne uzależniony jest od ich metabolizmu pierwotnego (materiał jako źródło pożywienia) i wtórnego (materiał jako środowisko narażone na wydzieliny czynników biologicznych) oraz od warunków sprzyjających życiu biologicznemu. Zespół degradacyjnych czynników biologicznych w ujęciu etiologicznym przedstawiono w tabeli. Czynniki biologiczne dominujące w obiektach budowlanych to grzyby domowe, należące do podstawczaków (*Basidiomycota*), grzyby pleśniowe, glony, porosty, mszaki oraz bakterie.

Skutki działania grzybów domowych na konstrukcje budowlane wykonane z materiałów organicznych, to zmniejszenie nośności, a co najmniej przydatności do użytkowania konstrukcji. Największe zniszczenia notowane są w przypadku grzyba domowego właściwego (*Serpula lacrymans*), który może powodować w skrajnych przypadkach całkowitą utratę wytrzymałości mechanicznej drewna po półrocznym okresie ekspozycji. Zbliżone skutki wywołuje grzyb domowy biały (*Poria vaporaria*) i grzyb piwniczny (*Coniophora puteana*), jakkolwiek relatywnie rzecz biorąc, rzadziej spotykane są przypadki tak dużych zniszczeń powodowanych przez te ostatnie dwa gatunki.

Infekcja materiałów nieorganicznych. Produkty metabolizmu wtórnego grzybów, bakterii, glonów i mszaków działają również negatywnie na materiały nieorganiczne w środowisku o podwyższonej wilgotności podłoża lub mokrym. Korozję biologiczną wzmocnia korozja mrozowa i lugująca, związana z działaniem wody opadającej.

Biologiczne czynniki degradacji drewna. Klasyfikacja etiologiczna
Biological agents of wood degradation. Etiological classification

Rodzaj czynnika	Typ środowiska* i zagrożenie degradacyjne**			
	1	2	3	4
1. Bakterie (Bacteria)	±	+	++	+++
2. Glony (Algae)				
2.1. Zielonice (Chlorophyta)	+	+	+++	+++
2.2. Brunatnice (Chrysophyta)	-	+	+++	+++
3. Grzyby (Fungi), typy (phylum), np.				
3.1. Sprzężniaki (Zygomycota)	+	+	++	+
3.2. Workowce (Ascomycota)	+++	+++	+++	+
3.3. Podstawczaki (Basidiomycota)	+++	+++	+++	-
4. Porosty (Lichenes)	-	+	++	-
5. Mchy (Musci)	-	++	+++	+
6. Paprocie (Filicinae)	-	++	+++	+
7. Rośliny nasienne (Spermatophyta)	-	+	++	+
8. Owady (Insekta)				
8.1. Chrząszcze (Coleoptera)	+++	+++	+++	-
8.2. Motyle (Lepidoptera)	-	++	++	-
8.3. Błonkóвки (Hymenoptera)	-	++	++	-
8.4. Termity (Isoptera)	+++	+++	+++	-
9. Inne organizmy zwierzęce				
9.1. Małże (Mollusca)	-	-	-	+++
9.2. Skorupiaki (Crustacea)	-	-	-	+++
9.3. Nicienice (Nematoda)	-	+	++	+
9.4. Roztocza (Acaroidea)	+	+	+++	+

* Typ środowiska [7]: 1) pod dachem; 2) na otwartej przestrzeni bez kontaktu z gruntem; 3) na otwartej przestrzeni w kontakcie z gruntem; 4) w wodzie lub w mokrym gruncie; ** zagrożenie degradacyjne: - nie występuje; + słabe występowanie; ++ średnie występowanie; +++ silne występowanie

dowej. Grzyby wytwarzają takie metabolity, które powodują korozję węglanową i kwasową.

Identyfikacja grzybów domowych na podstawie „Atlasów grzybów domowych” jest wystarczająca. W przypadku zaistnienia wątpliwości można uciec się do badań laboratoryjnych. Po szczególne gatunki grzybów domowych najczęściej występujących w obiektach budowlanych podzielono na 4 grupy:

- grupa I – grzyby pojawiające się łatwo, przy niskiej wilgotności masowej materiałów, działające intensywnie i na dużej powierzchni, np. grzyb domowy właściwy (*Serpula lacrymans*);

- grupa II – grzyby pojawiające się przy wysokiej wilgotności podłoża, wywołujące silną i rozległą degradację podłoża: grzyb piwniczny (*Coniophora puteana*), grzyb domowy biały (*Poria vaporaria*), grzyb kopalniany (*Paxillus panoides*);

- grupa III – grzyby pojawiające się przy wysokiej wilgotności podłoża, np. na drewnie niezadaszonym, wywołujące silną, ale lokalną degradację podłoża: grzyb podkładowy (*Lentinus lepideus*); grzyb słupowy (*Gloephyllum sepiarium*); wrosłak rzędowy (*Trametes serialis*); gmatwek dębowy (*Dedalea quercina*); hubczak różnobarwny (*Coriolus versicolor*);

- grupa IV – grzyby słabo działające na dużej powierzchni, przy znacznej wilgotności podłoża i osłabiające swoje działanie po obniżeniu tej wilgotności: grzyb składowy (*Pentophora gigantea*); powłocznik gładki (*Corticium laeve*).

Wśród **grzybów pleśniowych** występujących w obiektach budowlanych dominują gatunki z rodzajów *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Acremonium*, *Fusarium*, *Trichoderma*. Sam rodzaj grzyba pleśniowego nie świadczy o jego aktywnym stanie, potrzebna jest bowiem ocena ilościowa. O istnieniu zagrożeń świadczy wyższa ilość grzybów w powietrzu wewnętrznym niż na zewnątrz budynku (tzw. tło). Prowadzone pomiary dotyczą powierzchni przegrody budowlanej i powietrza. Wartość poniżej 10^3 jtk/100 cm² wskazuje na normalny stan zanieczyszczenia powierzchni, natomiast powyżej 10^5 jtk/100 cm² o aktywnym stanie rozwoju grzybów.

Działanie grzybów na organizm człowieka. Działanie grzybów domowych na człowieka nie jest tak niebezpieczne jak grzybów pleśniowych. Działanie grzybów może mieć charakter pierwotny (bezpośredni), jak i wtórny (pośredni). Działanie pierwotne polega na wpływie na człowieka elementów grzyba i stworzonego przez grzyb środowiska (nadmierna wilgotność), natomiast działanie wtórne związane jest z metabolizmem grzybów i rozkładem substancji budowlanej. Odporność organizmu człowieka na negatywne działanie grzybów jest zróżnicowana i ma charakter odporności osobniczej (indywidualnej).

W Polsce nie ma norm określających dopuszczalne zanieczyszczenie powietrza w pomieszczeniach, dlatego też najczęściej stosuje zalecenia doc. B. Krzysztofika, wg których ilość grzybów w sypialniach nie powinna przekraczać 100 jtk/m³, w pokoju dziennym – 200 jtk/m³, a w kuchni – 300 jtk/m³. Wartości te nie są skorelowane z rodzajem i właściwościami grzybów, a więc nie mają bezpośredniego odniesienia do organizmu ludzkiego. Tymczasem według WHO w powietrzu wewnętrznym niedopuszczalna jest obecność takich gatunków jak *Aspergillus fumigatus*, *Stachybotrys atra*. Całkowita liczba innych gatunków nie powinna przekraczać 150 jtk/m³, natomiast liczba pojedynczego gatunku 50 jtk/m³. Natomiast jeśli w powietrzu dominują grzyby należące do rodzajów *Alternaria* i *Cladosporium*, to dopuszczalna ich ilość nie może przekraczać 500 jtk/m³. Intensywność działania grzybów zależy od rodzaju czynników etiologicznych oraz dawki i czasu eks-

pozycji. Warto podkreślić, że tylko nieliczne grzyby wywołują poważne choroby u osób zdrowych, natomiast większość działa jedynie na osoby z osłabionym układem immunologicznym. Ciągłe przebywanie w środowisku zagzybionym może jednak wywoływać skutki opóźnione w czasie, nawet u osób zdrowych.

Grzyby pleśniowe mogą być przyczyną mikoz, alergii, mikotoksykoz oraz innych zespołów chorobowych, mających związek z obiektami budowlanymi (*Building Related Illnesses*), które wraz z dodatkowymi czynnikami mieszczą się w syndromie chorego budynku (SBS – *Sick Building Syndrome*). Budynek uznaje się za chory, jeżeli 70% użytkowników skarży się, że ich zły stan zdrowia wynika z przebywania w tym obiekcie. Potencjalnym stymulatorem chorób są zarówno zarodniki konidialne, jak i fragmenty strzępek grzybni, będące nośnikiem białek alergicznych i mikotoksyn, składniki strukturalne komórek, np. glukany, jak i wydzielane do środowiska enzymy lub metabolity, w tym związki lotne (Voc).

W ocenie stopnia zagrożenia człowieka przez grzyby pleśniowe korzysta się również z oceny bezpieczeństwa biologicznego przyjętej przez Europejską Konfederację Mykologii Lekarskiej (*European Confederation of Medical Mycology*). W tej ocenie grzyby podzielono na trzy klasy BSL (*Bio Safety Levels*). Do klasy BSL-1 należą saprofity i patogeny roślin występujące w tzw. niszach ekologicznych niekręgowców lub grzyby utylizujące szczątki roślinne i zwierzęce. Porażenia powodowane przez te grzyby są powierzchniowe i mało inwazyjne. Do tej klasy należą najczęściej występujące w obiektach budowlanych grzyby pleśniowe. Klasa BSL-2 obejmuje gatunki zajmujące nisze ekologiczne niekręgowców z dużą zdolnością do przeżycia w tkankach kręgowców, natomiast u osób z zaburzeniami odporności mogą wywołać głębokie porażenia. Do tej grupy zalicza się: *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus terreus*, *Aspergillus flavus*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium verticillioides* i *Paecilomyces variotii*. Trzecia klasa BSL, to grzyby zdolne do wywoływania ciężkich porażen u zdrowych ludzi. W tej grupie nie ma grzybów, które najczęściej występują w obiektach budowlanych. Niestety, w klasyfikacji BSL nie uwzględniono wielu grzybów pleśniowych, które często występują na powierzchni i w powietrzu zagzybionych obiektów, a wymienione zostały w poprzednich klasyfikacjach, np. *Stachybotrys atra*.

W ocenie zagrożenia grzybami pleśniowymi na stanowiskach pracy wykorzystuje się klasyfikację sprowadzającą się do 4 klas zagrożenia, wg Dz.U. nr 48, poz. 288, w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki. Podstawowe zespoły chorób wywołane przez grzyby pleśniowe to alergie, mikozy i mikotoksykozy. Grzyby pleśniowe to grupa alergenów, głównie inhalacyjnych. Alergogenne są np. grzyby rodzajów *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium*, często występujące w obiektach budowlanych. Typowe, finalne skutki ich działania to nieżyt błony śluzowej nosa, astma oskrzelowa, zapalenia spojówek i zapalenie skóry, zapalenie pęcherzyków płucnych. Natomiast mniejsze ilości alergenów, w dłuższym okresie działania, mogą powodować postać chroniczną chorób, która objawia się dusznością, uporczywym kaszlem i stanami zapalnymi płuc [1]. Inne czynniki związane z grzybami pleśniowymi, takie jak glukany, działają również negatywnie na organizm ludzki, np. β -glukan jest substancją wpływającą na układ odpornościowy organizmu, powodując swędzenie skóry, podrażnienie oczu i gardła oraz kaszel. Grzyby pleśniowe wydzielają również lotne związki organiczne (Voc). Są to pochodne aldehydów, ketonów, terpenów, estrów oraz węglowodorów aromatycznych oraz wielu innych związków akce-

sorycznych. Mają one bardzo niskie progi wyczuwalności i długo utrzymują się w środowisku, tworząc trwałe połączenia z różnymi materiałami i nadając im charakterystyczny stęchły zapach. Dolegliwości z tym związane to zapalenia i podrażnienia gardła, kaszel, trudności w koncentracji, bóle i zawroty głowy, zmęczenie, a nawet stany depresyjne.

Mikozy, nazywane także grzybicami, to choroby wywołane przez grzyby rozwijające się na powierzchni skóry, błon śluzowych, włosów i paznokci (tzw. grzybice powierzchniowe) lub na narządach wewnętrznych organizmu (tzw. grzybice układowe). Odpowiedzialne za grzybice powierzchniowe są dermatofity. Grzyby te rzadko występują na powierzchniach przegród budowlanych, jak i w powietrzu wewnętrznym. Natomiast grzybice układowe atakują płuca, żołądek, oczy, uszy, rzadziej mózg i są szczególnie groźne dla ludzi z obniżoną odpornością immunologiczną. Do tej grupy chorób należą aspergilozy, powodowane przez grzyby pleśniowe rodzaju *Aspergillus*. Jedną z odmian aspergilozy jest inwazyjna aspergiloza płuc. W organizmie ludzi zdrowych reaktywne są mechanizmy obronne i wówczas makrofagi płucne niszczą zarodniki grzybów. W organizmie słabszych dochodzi do tworzenia się metabolitów, a kolejno do zaburzeń w funkcjonowaniu makrofagów i leukocytów oraz do powstawania ognisk martwicy w tkance i naczyniach płucnych. Skutki takie wywołują, np. gatunki: *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus terreus* i *Aspergillus flavus* [1].

Mikotoksykozy powodowane są przez mikotoksyny – metabolity grzybów pleśniowych. Trzeba zaznaczyć, że toksynotwórczość grzybów pleśniowych jest problemem bardzo złożonym, a przede wszystkim nie jest właściwością gatunku, lecz właściwością szczepu, ujawniającą się w określonych warunkach ciepłno-wilgotnościowych środowiska i dostępu do pożywienia. Mikotoksyny wykazują właściwości mutagenne, kancerogenne, dermatotoksyczne, hepatotoksyczne, teratogenne i neurotoksyczne [1]. Dostają się wraz z konidiami do organizmu drogą pokarmową lub częściej inhalacyjną – najbardziej niebezpieczną. Działają wówczas na makrofagi w płucach, niszcząc je. Ponadto hamują syntezę białek, zaburzają aktywność enzymów, osłabiają naturalną odporność przeciwnowotworową, zmniejszają krzepliwość krwi oraz powodują ciągle uczucie zmęczenia. Skutki zdrowotne są zwykle odległe w czasie i bardzo różnorodne. Niektóre mikotoksyny zostały zamieszczone przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem w wykazie związków rakotwórczych. W grupie 1. – kancerogenów ludzkich znalazła się aflatoksyna B₁, natomiast do grupy 2A, która obejmuje związki o potencjalnym działaniu rakotwórczym, zaliczone są: ochratoksyna A; sterigmatocystyna, aflatoksyna M₁; griseofulwina; fumonizyna B₁ i toksyny wytwarzane przez grzyb pleśniowy *Fusarium moniliforme* [1].

Spośród grzybów pleśniowych często spotykanych w starych obiektach budowlanych, a wykrywanych w czasie ekspertyz, szczególnie znaczenie ma gatunek *Stachybotrys atra*, znajdujący na powierzchni płyt gipsowo-kartonowych, tapet, drewna i wielu innych materiałów lignocelulozowych. Gatunek ten, niedopuszczony przez WHO do istnienia w budynkach, powoduje zapalenia skórne, astmopodobne zachowania organizmu, katar, gorączkę, bóle głowy oraz uczucie ustawicznego zmęczenia.

Głony i porosty. Głony (*Algae*) stanowią problem głównie ze względów estetycznych, ale pojawiająca się wraz nimi duża retencja wody w przegrodach budowlanych powoduje ogromne negatywne skutki w postaci korozji mrozowej. Dominują one w budynkach ocieplonych, przy dużym zakrzewieniu występującym w otaczającym środowisku. Na elewacjach budynków przeważają glo-

ny klasy zielenice właściwe (*Chlorophyceae*), a przy większej retencji wody: *Chlorohormidium flaccidum* oraz *Ulothrix oscillarina*, *Ulothrix zonata*. Zauważa się również sinice (*Cyanophyceae*).

Porosty (*Lichenes*) zbudowane są z komórek sinic lub zielenic i grzybów pleśniowych – przeważnie typu *Ascomycota*. W budownictwie najpopularniej występują gatunki rodzaju *Verrucaria* i *Dermatocarpon*. Porosty czule są na zanieczyszczenia, dlatego też stanowią (łącznie z glonami) wskaźnik czystości środowiska naturalnego. W przypadku glonów i grzybów pleśniowych ich metabolitem wtórnym są kwasy (węglowy, szczawiowy), mogące degradować powierzchnię podłoża, które przerastają, podobnie jak glony i grzyby pleśniowe, na głębokość 1 – 2 mm.

Bakterie (*Bacteria*) stanowią grupę organizmów występujących w środowisku o wszystkich stanach skupienia. Największe nagromadzenie znajduje się w glebie i wodach gruntowych, ale również w budynkach o podwyższonym zawilgoceniu lub po działaniu wód powodziowych. Występują w 34 klasach, np. *Deinococci*, *Chloroflexi*, *Alphaproteobacteria*, *Betaproteobacteria*, *Gammaproteobacteria*, *Deltaproteobacteria*.

Podsumowanie

Wpływ na trwałość budynku (głównie przez grzyby domowe), a przede wszystkim na zdrowie użytkowników (przez grzyby pleśniowe i bakterie) dowodzi, że grzyby są niezwykle szkodliwe. Należy więc podejmować zdecydowane kroki, aby zapobiegać ich powstawaniu.

W 1982 r. zespół określonych doznań, odczuwanych przez osoby przebywające w obiektach budowlanych, został nazwany przez WHO syndromem chorego budynku (SBS). Syndrom ten kształtują nie tylko obecne w nim czynniki biologiczne (grzyby i inne czynniki biologiczne, związki lotne pochodzenia mikrobiologicznego – Voc), ale także chemiczne (związki lotne pochodzenia chemicznego), fizyczne (hałas, złe parametry mikroklimatyczne) i psychofizyczne (wiek człowieka, jego płeć). Wszystkie te czynniki, działając dłuższy czas na człowieka, powodują u niego takie objawy, jak bóle głowy, uczucie zmęczenia, zapalenia skóry i błon śluzowych, senność, zaburzenia koncentracji, niekorzystne objawy respiracyjne, których paradygmat przyczynowo-skutkowy nie jest do końca sprecyzowany. Objawy te słabną lub ustępują w różnym czasie po opuszczeniu budynku. Ich działanie może mieć charakter alergiczny. Z wielu przytoczonych przykładów wynika, że metabolity grzybów pleśniowych zawsze wywołują odczucie ustawicznego zmęczenia. Czynniki biologiczne są również patogenami zdolnymi do wywoływania bardzo poważnych chorób w grupach mikoz i mikotoksykoz.

Literatura

- [1] Karyś J., (red.) Ochrona przed wilgocią i korozją biologiczną w budownictwie. Medium, Warszawa 2014.
- [2] Karyś J., Richter Ch., Glony barwiące elewacje budynków. Ochrona przed korozją, nr 9/As/2007.
- [3] Kastien H., Algen und Pilze an mineralischen Fassaden, Applica. 1999.
- [4] Krajewski K. J., Strzelczyk A., Oczekiwanie Unii Europejskiej a ryzyko środowiskowe (cz. II). Gazeta Przemysłu Drzewnego nr 11 (130), 2007.
- [5] Rokieli M., Poradnik Hydroizolacje w budownictwie. Wybrane zagadnienia w praktyce. Wyd. II. Dom Wydawniczy MEDIUM, Warszawa 2009.
- [6] Rokieli M., Projektowanie tarasów nadziemnych (nad pomieszczeniami ogrzewanymi), Izolacje, nr 1 – 3/2011.
- [7] Ważny J., Warunki i mechanizm porażenia budynków przez grzyby. Ochrona przed korozją, 7/S/2007.

Otrzymano 09.02.2015 r.