



WPLYW WARUNKÓW EKSPLOATACYJNYCH NA STAN PRZEDAWARYJNY KONSTRUKCJI DACHU NAD HALĄ BASENOWĄ

JERZY PIENIAŻEK, *jerzypieniazek1@op.pl*
Politechnika Warszawska

Streszczenie: W referacie opisano uszkodzenia jakim uległa konstrukcja dachu znajdującego się nad halą basenową. Uszkodzenia te powstały na skutek złych warunków eksploatacyjnych, spowodowanych niesprawną wentylacją mechaniczną obiektu. Przeanalizowano wpływ warunków eksploatacyjnych, takich jak temperatura wewnętrzna w hali oraz wilgotność względna powietrza, na konstrukcję dachu. Sprawdzono, jak będą oddziaływały na konstrukcję dachu nowe warunki eksploatacyjne jakie docelowo wystąpią po naprawie oraz modernizacji wentylacji mechanicznej.

Słowa kluczowe: dźwigary dachowe, płatwie, świetliki, wilgotność względna, temperatura powietrza, punkt rosy, wentylacja.

1. Wprowadzenie

Każdy obiekt budowlany należy eksploatować w sposób zgodny z jego przeznaczeniem i wymaganiami ochrony środowiska oraz utrzymywać w należytych stanie technicznym i estetycznym, nie dopuszczając do nadmiernego pogorszenia jego właściwości użytkowych i sprawności technicznej.

W halach basenowych podstawą prawidłowej i bezpiecznej ich eksploatacji jest sprawnie działająca wentylacja mechaniczna obiektu. W przypadku uszkodzenia wentylacji, hala powinna być wyłączona z eksploatacji do czasu jej naprawy oraz usunięcia ewentualnych uszkodzeń, jakie mogą się pojawić na elementach konstrukcyjnych obiektu na skutek ich zawilgocenia. Nie dostosowanie się do tych wymogów może doprowadzić do stanu zagrożenia awaryjnego konstrukcji i zagrożenia bezpieczeństwa dla użytkowników obiektu.

2. Opis budynku pływalni

Przedmiotowy budynek pływalni (rys. 1) znajduje się w Warszawie. Jest to wolnostojący budynek jednobryłowy, wykonany na rzucie kwadratu i przykryty dachem o kształcie półokrągłej kolebki z kalenicą będącą przekątną rzutu.

Budynek składa się z hali basenowej podpiwniczonej oraz z dwukondygnacyjnego zaplecza, które jest częściowo podpiwniczone.

W hali basenu (rys. 2) znajduje się sportowa niecka basenowa o wymiarach 25×16 m i głębokości od 1,2 m do 1,8 m, nieregularna niecka basenu rekreacyjnego o głębokości od 0,90 m do 1,35 m oraz brodzik o głębokości od 0,12 m do 0,36 m.

Konstrukcję nośną części halowej obiektu stanowi układ ramowy składający się z żelbetowych słupów monolitycznych utwierdzonych sztywno w monolitycznych żelbetowych stopach fundamentowych i dźwigarów drewnianych, klejonych, połączonych przegubowo ze słupami.



Rys. 1. Budynek pływalni



Rys. 2. Hala basenowa

Ściany nośne osłonowe są żelbetowe monolityczne posadowione na żelbetowych wylewanych ławach fundamentowych. Strop nad piwnicami wykonano jako płytowy żelbetowy. Został on oparty na ścianach podpiwniczenia oraz na ścianach niecki basenowej.

Hala została przykryta dachem o konstrukcji nośnej w postaci dźwigarów drewnianych, klejonych, łukowych i przymocowanym do nich przekryciem z krokwi i płyt OSB-4 oraz płatwi drewnianych. Pokrycie dachu wykonano z blachy tytanowo-cynkowej.

Dach został wykonany z następujących warstw:

- konstrukcja nośna z łukowych dźwigarów klejonych 18×140 cm oraz płatwi z drewna –klejonego o wymiarach 12,0×24,0 cm oraz 14,0×24,0 cm,
- blacha tytan-cynk 0,7 mm,
- mata strukturalna z membraną gr. 0,8 cm,
- płyty OSB-4 gr. 2,5 cm,
- pustka powietrzna 8 cm,
- folia paroprzepuszczalna TYVEK SOFT gr. 0,01 cm,
- wata szklana URSA Komfort 12,0 + 12,0 cm,
- paroizolacja z folii PE gr. 0,1 mm,
- płyty OSB-4 gr. 2,5 cm,
- sufit podwieszony akustyczny ECOPHON

W dachu zamontowano świetliki składające się z następujących elementów:

- zestaw szklany 6 + 16 + 6 PILKINGTON INSULIGHT – 2,8 cm,
- OPTIFLOAT ZIELONY hartowany – 6 mm,
- ramka plus ARGON – 16 mm,
- OPTIHERMTMS (33.1) – 6 mm,
- konstrukcja aluminiowa systemowa SCHUCO – 20,0 cm,
- płatwie z drewna klejonego LILLEHEDEN – 20,0 cm,
- wiązar z drewna klejonego LILLEHEDEN – 140,0 cm.

3. Opis powstałych uszkodzeń

Po siedmioletniej eksploatacji obiektu nastąpiło uszkodzenie wentylacji mechanicznej w hali basenowej. Nie można było utrzymać prawidłowych parametrów powietrza takich jak wilgotność względna oraz temperatura powietrza wewnętrznego. Mimo tych nieprawidłowości, hala basenowa była dalej eksploatowana. Doprowadziło to do powstanie wielu uszkodzeń konstrukcji dachu.

Elementy konstrukcyjne dachu, dźwigary drewniane oraz płatwie, zostały mocno zawilgoczone (rys. 3, 4, 5). Pojawiły się na nich silne zacieki i przebarwienia.



Rys. 3. Zacieki i przebarwienia na dźwigarach i płatwiach



Rys. 4. Zacieki i przebarwienia na dźwigarach i płatwiach. Widoczne elementy sufitu podwieszonego mocowanego do płyt OSB-4



Rys. 5. Zacieki i przebarwienia na dźwigarach

Korozji uległy stalowe elementy mocujące płatwie do dźwigarów (rys. 5). Podczas przeprowadzonych badań makroskopowych stwierdzono, widoczne "gołym okiem", lekkie ugięcie kilku płatwi.

Płyty OSB-4, widoczne od wnętrza hali, zostały również silnie zawilgocone i częściowo przebarwione.

Elementy sufitu podwieszonego (rys. 4) zostały przymocowane do płyt OSB wkrętami ze stali ocynkowanej (rys. 6). Z powodu silnego zawilgocenia sufitu, z niektórych wkrętów "zszedł" ocynk i pojawiły się na nich ślady korozji. Tak wykonane mocowania, dość ciężkich płyt sufitu podwieszonego, do zawilgoconych płyt OSB, spowodowało zagrożenie bezpieczeństwa użytkowania pływalni, z powodu możliwości ich oderwania się od stropu. Podczas przeprowadzonych oględzin stwierdzono, w kilku możliwych do sprawdzenia miejscach, poluzowanie łączników mocujących stwarzające duże niebezpieczeństwo oderwania się od podłoża płyty sufitu podwieszonego (rys. 7).



Rys. 6. Mocowanie płyt sufitu podwieszonego do płyt OSB-4



Rys. 7. Elementy sufitu podwieszonego z płyt ECOPHON mocowane wkrętami ocynkowanymi do zawilgoconych płyt OSB-4. Poluzowane mocowania płyt sufitu

4. Analiza ciepłno-wilgotnościowa

Wszystkie przegrody budynków, włącznie z wewnętrznymi, są poddawane oddziaływaniu wilgoci związanej z eksploatacją pomieszczeń. Szczególnie dotyczy to pomieszczeń mokrych, jakimi są hale basenowe. Dlatego wszystkie przegrody pionowe i poziome, na poszczególnych kondygnacjach podziemnych i nadziemnych, powinny być zabezpieczone przed nadmiernym zawilgoceniem i wynikającymi z niego zagrożeniami takimi jak: pogorszeniem mikroklimatu wnętrza, rozwojem pleśni i grzybów, spadkiem izolacyjności termicznej przegród oraz niszczeniem materiałów.

Na skutek różnic klimatycznych pomiędzy środowiskiem wewnętrznym i zewnętrznym dochodzi, w zewnętrznych przegrodach budynku do dyfuzji pary wodnej, tj. do jej przemieszczania ze środowiska o wyższym ciśnieniu do środowiska o ciśnieniu niższym.

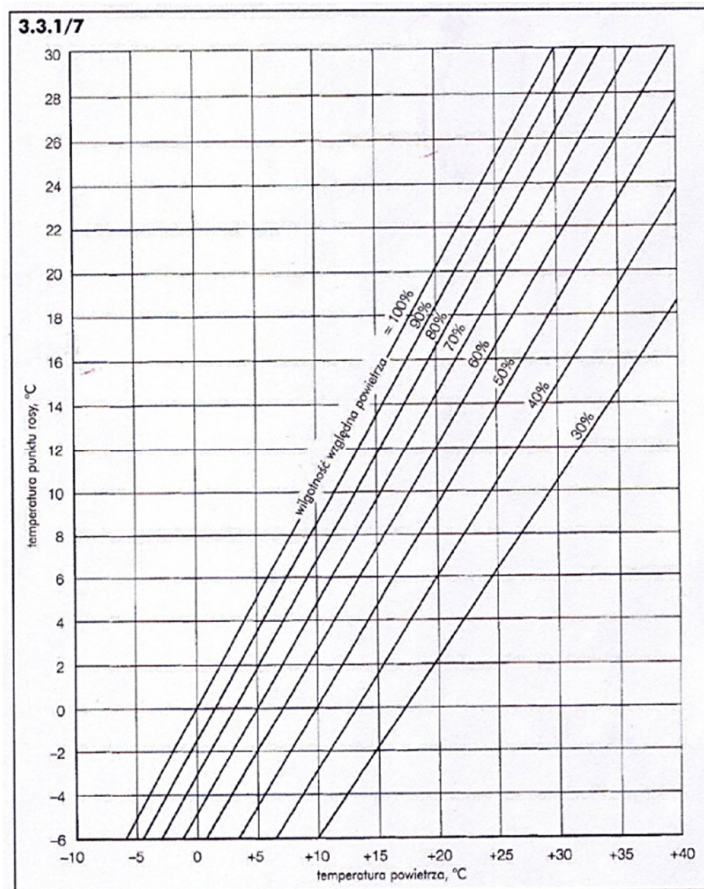
Kondensacja pary wodnej może występować:

- na wewnętrznej powierzchni dachu i ścian zewnętrznych budynku oraz,
- wewnątrz przegrody.

Do kondensacji powierzchniowej pary wodnej dochodzi wówczas, gdy powietrze stykające się z chłodną powierzchnią jest schładzane poniżej temperatury punktu rosy.

Temperatura punktu rosy zależy od temperatury i wilgotności względnej powietrza. Sprawdzenie możliwości wystąpienia kondensacji powierzchniowej polega na porównaniu temperatury powierzchni przegrody i temperatury punktu rosy powietrza w pomieszczeniu.

W celu sprawdzenia możliwości wystąpienia kondensacji pary wodnej na wewnętrznej powierzchni dachu nad halą basenową oraz świetlików w nim zamontowanych, skorzystano z wykresu do określania temperatury punktu rosy (rys. 8).



Rys. 8. Wykres do określania temperatury punktu rosy [3]

Możliwość wystąpienia kondensacji pary wodnej na wewnętrznej powierzchni dachu oraz świetlików sprawdzono dla warunków jakie wystąpiły podczas eksploatacji obiektu przy niesprawnej wentylacji mechanicznej oraz dla warunków, jakie powinny wystąpić po naprawie i modernizacji wentylacji. Trzy pierwsze warianty określają warunki jakie wystąpiły podczas eksploatacji hali przy niesprawnej wentylacji mechanicznej (warunek 1 jest dla minimalnej dopuszczalnej temperatury). Natomiast wariant czwarty jest dla warunków przyjętych docelowo, po naprawie i modernizacji wentylacji mechanicznej. Otrzymane wyniki analizy zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie wyników obliczeń

Warunki eksploatacyjne	Temperatura punktu rosy t_s	Obliczeniowa temp. wew. powierzchni v_i	Sprawdzenie możliwości wystąpienia kondensacji pary wodnej $v_i \geq t_s + 1^\circ\text{C}$
DACH			
Wariant nr 1 $\phi_i = 85\%; t_i = 24^\circ\text{C}$	21,70°C	22,90°C	22,90°C > 21,7 + 1,0 = 22,7°C
Wariant nr 2 $\phi_i = 85\%; t_i = 30^\circ\text{C}$	27,20°C	28,75°C	28,75°C > 27,2 + 1,0 = 28,2°C
Wariant nr 3 $\phi_i = 90\%; t_i = 30^\circ\text{C}$	28,40°C	28,75°C	28,75°C < 28,4 + 1,0 = 29,4°C
Wariant nr 4 $\phi_i = 55\%; t_i = 30^\circ\text{C}$	20,00°C	28,75°C	28,75°C > 20,0 + 1,0 = 21,0°C
ŚWIETLIKI DACHOWE			
Wariant nr 1 $\phi_i = 85\%; t_i = 24^\circ\text{C}$	21,70°C	19,16°C	19,16°C < 21,7 + 1,0 = 22,7°C
Wariant nr 2 $\phi_i = 85\%; t_i = 30^\circ\text{C}$	27,20°C	24,50°C	24,50°C < 27,2 + 1,0 = 28,2°C
Wariant nr 3 $\phi_i = 90\%; t_i = 30^\circ\text{C}$	28,40°C	24,50°C	24,50°C < 28,4 + 1,0 = 29,4°C
Wariant nr 4 $\phi_i = 55\%; t_i = 30^\circ\text{C}$	20,00°C	24,50°C	24,50°C > 20,0 + 1,0 = 21,0°C

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń (tabela 1) można było stwierdzić, iż kondensacja pary wodnej na wewnętrznej powierzchni dachu wystąpiła w wariancie 3. Natomiast kondensacja pary wodnej na wewnętrznej powierzchni świetlików miała miejsce w wariantach 1, 2 i 3.

Kondensacja pary wodnej na wewnętrznych powierzchniach dachu i świetlików nie występuje w wariancie 4 – przy sprawnie działającej wentylacji mechanicznej.

5. Analiza przyczyn powstałych uszkodzeń

Na skutek niesprawnie działającej wentylacji mechanicznej (stan taki trwał około jednego roku), występowała kondensacja pary wodnej na świetlikach dachowych, co doprowadziło do wykrapłania się pary wodnej i powstania zacieków na konstrukcji dachu. W skrajnie niekorzystnych warunkach wilgotności (wilgotność względna mogła dochodzić nawet do 90%) dochodziło również do kondensacji pary wodnej na wewnętrznej powierzchni całego dachu. Stan taki doprowadził do silnego zawilgocenia i powstania zacieków na dźwigarach, płatwiach i płytach OSB-4. Zawilgocenie spowodowało korozję łączników stalowych mocujących płatwie do dźwigarów oraz korozję i poluzowanie wkrętów. Stan powyższy doprowadził również do odkształcenia (ugięcia) kilku płatwi dachowych.

Płyty OSB-4 nie są płytami wodoodpornymi za jakie są uważane. Mogą one być stosowane w pomieszczeniach, w których wilgotność względna powietrza tylko chwilowo będzie w granicach od 55 do 60%. W hali pływalni wilgotność była dużo wyższa (dochodziła do 85%, a nawet 90% z powodu niesprawnej wentylacji mechanicznej) i to przez cały czas jej eksploatacji. Na skutek długotrwałej, podwyższonej wilgotności i w związku z tym wykraplaniu się na wewnętrznej powierzchni dachu pary wodnej, płyty OSB uległy częściowemu spęcznieniu. Doprowadziło to do poluzowania części wkrętów mocujących płyty sufitu podwieszonego do płyt OSB. W dostępnych miejscach, gdzie można było obejrzeć mocowania sufitu podwieszonego stwierdzono, że z wielu wkrętów "zszedł" ocynk. Czy to zjawisko wystąpiło w innych miejscach mocowań nie dało się tego stwierdzić ze względu na brak dostępu do tych miejsc. Osłabione mocowania sufitu podwieszonego spowodowały duże zagrożenie dla bezpieczeństwa ludzi przebywających w hali basenowej.

Na skutek zagrożenia bezpieczeństwa dla życia i zdrowia ludzi przebywających na basenie, hala basenowa została wyłączona z eksploatacji. W celu likwidacji nieprawidłowych zjawisk cieplno-wilgotnościowych, jakie wystąpiły w hali basenowej, nakazano wykonanie naprawy oraz modernizacji wentylacji mechanicznej, zgodnie z wcześniej opracowaną ekspertyzą dotyczącą wentylacji.

Dalsza eksploatacja hali basenowej była możliwa dopiero po usprawnieniu wentylacji i wykonaniu napraw konstrukcji dachu. Zalecono przeprowadzenie następujących robót remontowych dachu:

- demontaż płyt sufitu podwieszonego,
- demontaż płyt OSB-4,
- wymianę uszkodzonych płatwi i krokwi dachowych,
- wymianę uszkodzonych, skorodowanych łączników elementów dachu, a w szczególności skorodowanych wkrętów,
- ewentualną (do rozpatrzenia) likwidację świetlików dachowych,
- w miejsce zdemontowanych płyt OSB-4 zamontowanie, zgodnie z projektem płyt HERAKLIT TRAVERTIN MICRO, które mogą być stosowane wewnątrz pomieszczeń o wilgotności względnej do 85%,
- zamontowanie sufitu podwieszonego lub całkowita rezygnacja z jego wykonania (pozostawiono to do decyzji właściciela obiektu).

6. Wnioski

Hala basenowa, pomimo niesprawnie działającej wentylacji mechanicznej, była nadal użytkowana. Stan taki trwał około jednego roku. Zaważyły tu prawdopodobnie względy ekonomiczne. Nie wzięto pod uwagę (przy tak niekorzystnych warunkach eksploatacyjnych) możliwości wystąpienia stanu zagrożenia awaryjnego konstrukcji dachu. Na skutek kondensacji pary wodnej, na drewnianych dźwigarach dachowych oraz płatwiach, powstały silne zawilgocenia. Silnemu zawilgoceniu uległy również płyty OSB, do których zostały przymocowane dość ciężkie (o wadze ok. $4,0 \text{ kg/m}^2$) elementy sufitu podwieszonego. Mocowanie płyt sufitu podwieszonego, na skutek zawilgocenia, zostało osłabione, co mogło w każdej chwili doprowadzić do oderwania się ich od podłoża.

W dźwigarach klejonych, klej jest materiałem odpornym na działanie wilgoci i innych agresywnych czynników, natomiast warstwy sklejonego ze sobą drewna mogą ulec przy tych czynnikach rozkładowi, co może doprowadzić do katastrofy budowlanej.

Reasumując stwierdza się, iż osłabione mocowania sufitu podwieszonego spowodowały zagrożenie oderwania się ich od płyt OSB. Stan taki stworzył zagrożenie bezpieczeństwa dla zdrowia i życia ludzi przebywających w hali basenowej. Również spływający z konstrukcji

dachu, wypłukiwany z drewna impregnat, spowodował zagrożenie dla osób przebywających w hali basenowej.

Konstrukcja dachu, na skutek złych warunków eksploatacyjnych, znalazła się w stanie przedawaryjnym. Zmusiło to właściciela obiektu do wyłączenia hali basenowej z eksploatacji na dwa lata i przeprowadzenia koniecznych napraw i remontów.

Literatura

1. Pieniżek J. Ekspertyza techniczna dotycząca oceny stanu technicznego budynku pływalni na terenie OSiR w Warszawie, Warszawa 2011.
2. PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku – Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metody obliczania.
3. Izolacje styropianowe w budownictwie. Poradnik dla projektantów. Wydawnictwo: Stowarzyszenie Producentów Styropianu, ul. Chemików 1, Oświęcim, 2005 r.

THE INFLUENCE OF SERVICE CONDITIONS ON PRE-DAMAGE STATE OF SWIMMING POOL ROOF

Abstract: This paper describes damages of swimming pool roof caused by wrong service conditions connected with inefficient mechanical ventilation. The influence of service conditions on roof structure such as air relative humidity and temperature have been examined. The influence on roof structure new conditions due to repair and modernization of mechanical ventilation has been checked.

Keywords: crane of roof, girders, purlins, skylights, relative humidity, air temperature, saturation point, ventilation.