

Zasady i metody wentylacji hal pływalni

Wentylowanie hal pływalni jest potrzebne przede wszystkim do usuwania zysków wilgoci, a przez to zapewnienia ludziom komfortu oraz zabezpieczenia okien i innych przegród budowlanych przed wykropleniem pary wodnej. Powstaje w związku z tym pytanie, w jaki sposób zapewnić odpowiednie uzdatnianie powietrza nawiewanego oraz jaki rozdział powietrza wentylacyjnego jest najkorzystniejszy.

W naszych warunkach klimatycznych baseny kąpielowe są często lokowane w zamkniętych halach, aby była możliwość ich wykorzystania w okresie całego roku. W zależności od przeznaczenia, w celach rekreacyjnych, sportowych, czy leczniczych, różnią się one wymiarami, wyposażeniem wewnętrznym i obecnością atrakcji wodnych. We wszystkich tych obiektach występują duże zyski wilgoci od powierzchni wody w basenie, ludzi, mokrej podłogi itp. Przyczyniają się one do wzrostu zawartości wilgoci w powietrzu wewnętrznym. Oprócz dyskomfortu dla przebywających ludzi może spowodować to wykroplenie pary wodnej na zimnych powierzchniach wewnętrznych. Istotne są również zyski lub straty ciepła, w znacznej mierze przez przegrody zewnętrzne, zwłaszcza zyski od nasłonecznienia przez duże, przeszklone powierzchnie, stosowane w tego typu obiektach. Przyczyniają się one do obniżenia w zimie i wzrostu w lecie temperatury powietrza wewnętrznego. Wydzielają się również związki chloru dodawanego do wody oraz różnego typu zapachy.

W związku z tym hale pływalni muszą być wentylowane, a głównymi zadaniami wentylacji są:

- zapewnienie odpowiednich parametrów powietrza w strefie przebywania ludzi
 - odprowadzenie zysków wilgoci
 - doprowadzanie ciepłego powietrza w celu ogrzewania hali (całkowitego lub częściowego we współpracy z centralnym ogrzewaniem)
 - zabezpieczenie przegród budowlanych (okien, ścian, sufitów) przed wykropleniem pary wodnej.
- Zasady wentylacji basenów pozostają takie same, niezależnie od ich przeznaczenia. W Polsce nie opracowano dotąd szczegółowych wytycznych dotyczących projektowania i działania wentylacji pływalni, a stosowane metody wentylowania tych obiektów wynikają z doświadczeń eksploatacyjnych i badawczych. Projektanci mogą się też posłużyć w tym zakresie normą niemiecką VDI [N1], która jednak nie daje odpowiedzi na wszystkie problemy.

JAKIE PARAMETRY POWIETRZA POWINNY BYĆ UTRZYMANE W HALI I DLACZEGO?

Prędkość przepływu powietrza, szczególnie w strefie przebywania ludzi i nad powierzchnią wody, nie powinna być zbyt duża (0,1–0,15 m/s), aby nie powodować uczucia przeciągów u rozebranych i mokrych osób oraz nie wzmacniać odparowania wody z powierzchni basenu.

Dla zapewnienia odczucia komfortu przebywającym ludziom temperatura powietrza w zimie i w okresie przejściowym powinna być o 2 do 4 stopni wyższa od temperatury wody w basenie [N1]. Wartość tej temperatury zazwyczaj zawiera się pomiędzy +23 a +32°C w zależności od przeznaczenia obiektu [1]. W okresie letnim w przypadku działania wentylacji temperatura powietrza w hali zależy od temperatury i strumienia objętości nawiewanego powietrza zewnętrznego. Wilgotność względna powietrza wewnętrznego zgodnie z krzywą duszności Lancastera-Cartensa-Ruge [1] dla pływalni powinna być tak dobrana, aby zawartość wilgoci wynosiła od 15 do 16 g H₂O/kg powietrza suchego. Przykładowo dla temperatury powietrza +30°C wilgotność względna powinna optymalnie wynosić około 55%, a w zasadzie nie przekraczać 65%. Taka wartość nie tylko zapewnia odczucie komfortu ludziom, ale jednocześnie jest najkorzystniejsza z punktu widzenia problemów wilgotnościowych hali. Zbyt suche powietrze powoduje bowiem intensyfikację emisji wilgoci z powierzchni basenu. Zbyt duża zawartość wilgoci w powietrzu sprzyja natomiast kondensacji pary wodnej na powierzchni wewnętrznej zewnętrznych przegród budowlanych w hali, co jest zjawiskiem ze wszech miar niekorzystnym. Jest to skutek podwyższenia wartości temperatury punktu rosy powietrza wewnętrznego, która staje się równa lub nawet większa od temperatury powierzchni wewnętrznej okien, ścian, czy sufitu.

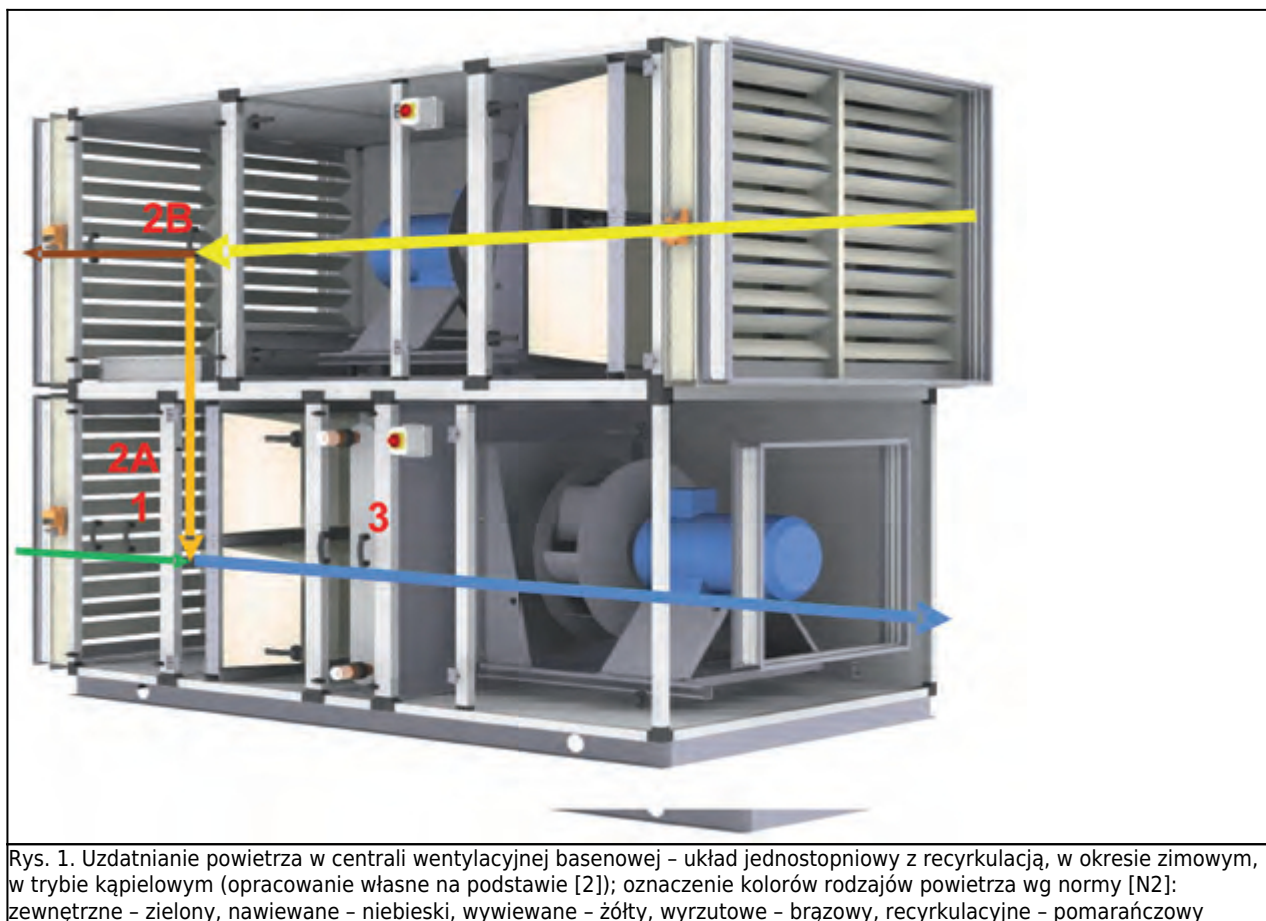
Jeśli chodzi o związki chloru przedostające się do powietrza, to praktyka basenowa wskazuje, że stosowane obecnie środki do dezynfekcji wody minimalizują to wydzielanie i problem ten nie jest istotny z punktu

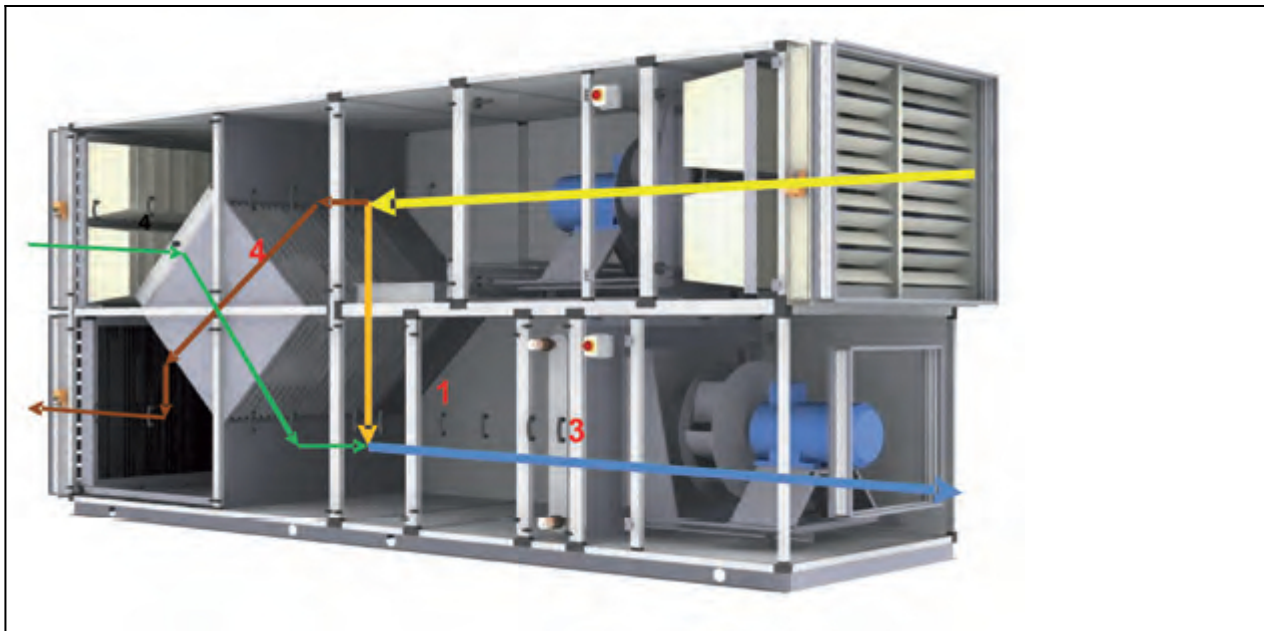
widzenia warunków panujących w hali pływalni. Podwyższone stężenie tego związku może występować jedynie w powietrzu wywiewnym.

SPOSOBY UZDATNIANIA POWIETRZA NA PŁYWALNIACH

Dla uzyskania wymaganej temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnętrznego konieczne jest odpowiednie przygotowanie powietrza nawiewanego do pomieszczenia. Sposoby uzdatniania powietrza dzieli się w zależności od pory roku, na stosowane w okresie zimowym, przejściowym i letnim. Również w ciągu doby najczęściej występuje zróżnicowanie przygotowania powietrza z podziałem na tryb dzienny, kąpielowy, gdy w hali przebywają ludzie oraz tryb nocny, niekąpielowy, gdy obiekt jest zamknięty i nie ma w nim ludzi.

W okresie zimowym ze względu na panujące warunki zewnętrzne w hali występują zazwyczaj straty ciepła. W trybie kąpielowym nawiewane powietrze zewnętrzne musi być zatem doprowadzone do odpowiednio wysokiej temperatury, aby było w stanie ogrzać powietrze wewnętrzne do wymaganej temperatury, co wiąże się z dużym nakładem energii. Gdy jest ono na ogół suche i nawiewane bezpośrednio do pomieszczenia, nie byłoby w stanie zapewnić wymaganej wilgotności względnej powietrza wewnętrznego, pomimo dużych zysków wilgoci w hali. Zatem powietrze nawiewane w okresie zimowym powinno być przed doprowadzeniem do hali ogrzane i nawilżone. Najłatwiej to uczynić stosując recyrkulację powietrza usuwanego z hali, które po zmieszaniu z powietrzem zewnętrznym powoduje wzrost jego temperatury i zawartości wilgoci.

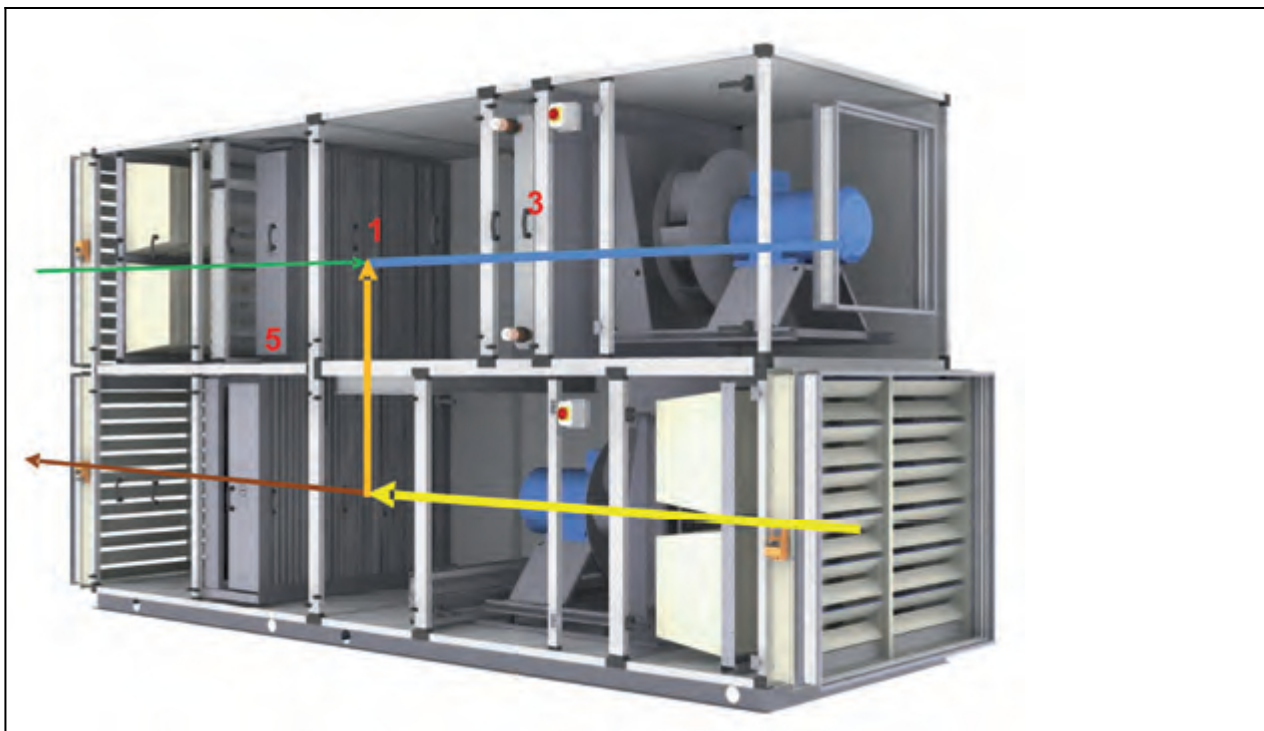




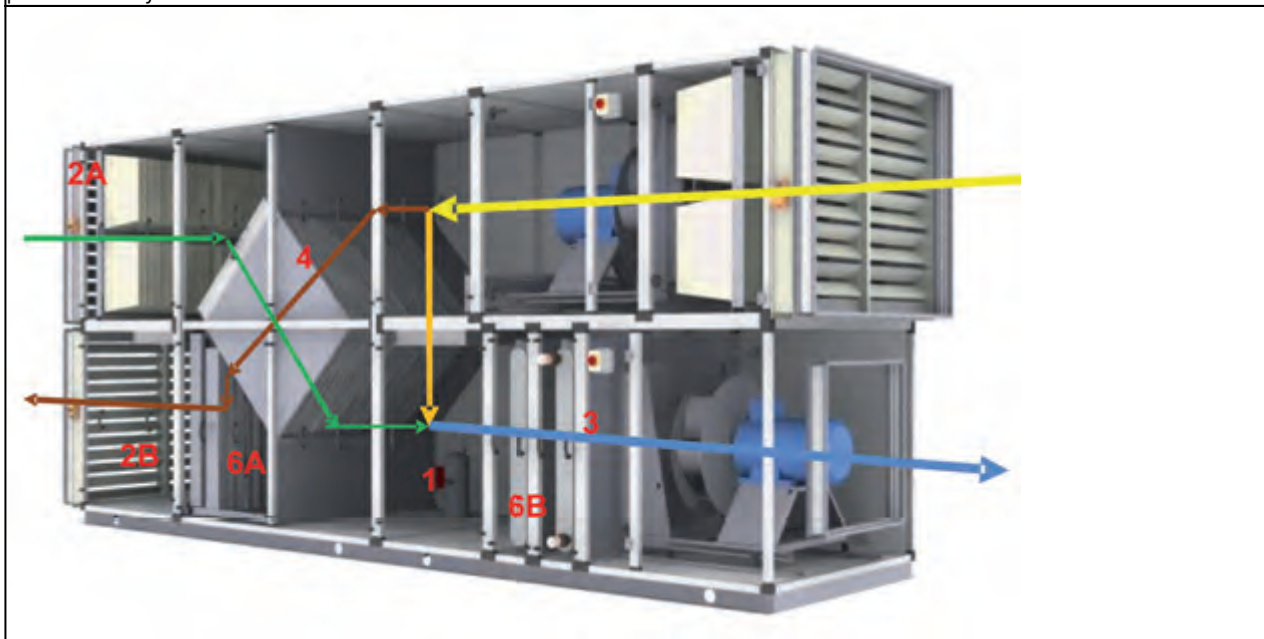
Rys. 2. Uzdatanie powietrza w centrali wentylacyjnej basenowej – układ dwustopniowy z recyrkulacją i wymiennikiem płytowym krzyżowym, w okresie zimowym, w trybie kąpielowym (opracowanie własne na podstawie [2]); oznaczenie kolorów rodzajów powietrza wg normy [N2]: zewnętrzne – zielony, nawiewane – niebieski, wywiewane – żółty, wyrzutowe – brązowy, recyrkulacyjne – pomarańczowy

Na rys. 1 przedstawiono taki proces uzdatniania powietrza przy wykorzystaniu centrali wentylacyjnej basenowej w układzie jednostopniowym z recyrkulacją. Powietrze zewnętrzne mieszane jest w komorze mieszania (1) z powietrzem recyrkulacyjnym, stanowiącym część powietrza usuwanego z hali. Pozostała część powietrza usuwanego staje się powietrzem wyrzutowym i jest wyrzucana na zewnątrz. Wymagana wilgotność względna powietrza wewnętrznego jest utrzymywana poprzez regulację udziału powietrza zewnętrznego w mieszaninie, dzięki odpowiedniemu ustawieniu przepustnic powietrza zewnętrznego (2A) i wyrzutowego (2B). Nie jest to jednak niewystarczające do otrzymania powietrza o pożądanej temperaturze, więc powietrze kierowane jest następnie do nagrzewnicy (3), a stamtąd do instalacji nawiewnej.

Ponieważ w takim układzie część ciepła jest usuwana wraz z powietrzem wyrzutowym, wskazane jest zastosowanie układu dwustopniowego z urządzeniem do odzysku ciepła z tego powietrza. Najczęściej do tego celu wykorzystuje się wymiennik płytowy krzyżowy (4, rys. 2) lub zamiennie wymienniki: podwójny krzyżowy [3], przeciwprądowy [3], asymetryczny płytowy [4], glikolowy [3], czy typu rurka cieplna (5, rys. 3). Powietrze zewnętrzne przechodzi przez taki wymiennik, gdzie się ogrzewa (rys. 2). Następnie w komorze mieszania (1) miesza się z powietrzem recyrkulacyjnym, dzięki czemu ulega dalszemu ogrzaniu i nawilżeniu. Powietrze wyrzutowe, zanim zostanie usunięte na zewnątrz, przepływa przez wymiennik (4), w którym oddaje ciepło do powietrza zewnętrznego. Jeśli nadal zachodzi potrzeba dogrzania powietrza nawiewanego, to służy do tego celu nagrzewnica (3). Następnie tak uzdatnione powietrze jest doprowadzane do przewodów wentylacyjnych nawiewnych. Podobny przebieg ma uzdatnianie powietrza w układzie z wymiennikiem typu rurka cieplna (5, rys. 3), który charakteryzuje się dużą sprawnością cieplną i niską temperaturą szronienia.



Rys. 3. Uzdatnianie powietrza w centrali wentylacyjnej basenowej – układ dwustopniowy z recyrkulacją i rurkami ciepłymi, w okresie zimowym, w trybie kąpielowym (opracowanie własne na podstawie [2]); oznaczenie kolorów rodzajów powietrza wg normy [N2]: zewnętrzne – zielony, nawiewane – niebieski, wywiewane – żółty, wyrzutowe – brązowy, recyrkulacyjne – pomarańczowy



Rys. 4. Uzdatnianie powietrza w centrali wentylacyjnej basenowej – układ trójstopniowy z recyrkulacją, wymiennikiem płytowym krzyżowym i pompą ciepła, w okresie zimowym, w trybie kąpielowym (opracowanie własne na podstawie [2]); oznaczenie kolorów rodzajów powietrza wg normy [N2]: zewnętrzne – zielony, nawiewane – niebieski, wywiewane – żółty, wyrzutowe – brązowy, recyrkulacyjne – pomarańczowy

Analizy energetyczne, przeprowadzone za pomocą programu komputerowego IDA ICE [5] pokazały, że zastosowanie układu dwustopniowego z wymiennikiem przeciwprądowym w porównaniu z układem jednostopniowym skutkuje zmniejszeniem zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną rzędu maksymalnie 7%.

W układzie trójstopniowym (rys. 4) zainstalowana jest dodatkowo pompa ciepła. Jej parownik (6A) znajduje się po stronie powietrza wyrzutowego za wymiennikiem płytowym krzyżowym, co pozwala na maksymalne odzyskanie ciepła zawartego w tym powietrzu. Natomiast skraplacz (6B) jest wykorzystywany do dogrzewania powietrza nawiewanego po zmieszaniu z powietrzem recyrkulacyjnym.

W pracy [6] dokonano porównania jednostkowych kosztów uzdatniania i transportu powietrza nawiewanego dla układu dwustopniowego z wymiennikiem przeciwprądowym i układu trójstopniowego z pompą ciepła. Również w tym przypadku wprowadzenie dodatkowego urządzenia spowodowało zmniejszenie kosztów jedynie o kilka procent. Bierze się to stąd, że wprawdzie nastąpiło zmniejszenie zapotrzebowania na energię cieplną, ale jednocześnie wzrosło zapotrzebowanie na energię elektryczną do zasilania pompy ciepła. Dlatego też w okresie zimowym zastosowanie wymiennika do odzysku ciepła o odpowiednio wysokiej sprawności wystarczająco zastępuje dodatkową inwestycję w postaci pompy ciepła.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że we wszystkich tych układach jest zastosowana recyrkulacja powietrza usuwanego z hali jako sposób na utrzymanie wymaganej wilgotności względnej powietrza wewnętrznego. Zgodnie z zaleceniami REHVA [N3] w obecnych warunkach pandemii COVID-19 korzystanie z recyrkulacji jest niewskazane. Wobec tego nie jest możliwe zapewnienie wymaganej wilgotności względnej powietrza w okresie zimowym za pomocą opisanych uprzednio układów. Dwie drogi do uzyskania oczekiwanych wartości to nawilżanie powietrza zewnętrznego przy użyciu nawilżaczy parowych lub ograniczenie strumienia objętości powietrza nawiewanego do hali, co też nie jest obecnie wskazane.

Działanie instalacji w pozostałych okresach i trybie niekapielowym opisano na przykładzie najbardziej złożonej centrali na rys. 4. W okresie przejściowym, jeśli temperatura powietrza nawiewanego zaczyna wzrastać powyżej wymaganej, kolejno wyłączają się nagrzewnica (3), pompa ciepła (6A i 6B), a następnie powietrze jest kierowane przez obejście wymiennika (4).

W trybie niekapielowym w okresie zimowym i przejściowym centrala działa przy zamkniętych przepustnicach (2A) i (2B). Rola wentylacji sprowadza się do dogrzewania powietrza usuwanego z hali, które w całości przepływa przez komorę mieszania, bez udziału powietrza zewnętrznego, do nagrzewnicy (3) i ponownego nawiewania go do hali. Wystarczające jest, aby była utrzymywana temperatura wewnętrzna o mniej więcej 2 K niższa, niż ta wymagana w trybie kapielowym.

W okresie letnim najczęściej instalacja pracuje tylko na powietrzu zewnętrznym, przy w pełni otwartych przepustnicach (2A) i (2B). Pompa ciepła (6A i 6B) i nagrzewnica (3) są wyłączone. Jeśli mimo to temperatura powietrza nawiewanego nadal jest za wysoka, część bądź całość powietrza zewnętrznego przepływa przez obejście wymiennika (4). Jeśli centrala jest wyposażona w dodatkowy wymiennik do odzysku ciepła skraplania, istnieje możliwość uruchomienia pompy ciepła i podgrzewania wody basenowej lub ciepłej wody użytkowej przy wykorzystaniu ciepła ze skraplacza.



Fot. 1. Skutki działania korozji na elementy instalacji wentylacyjnej basenowej: nagrzewnica i parownik [7]

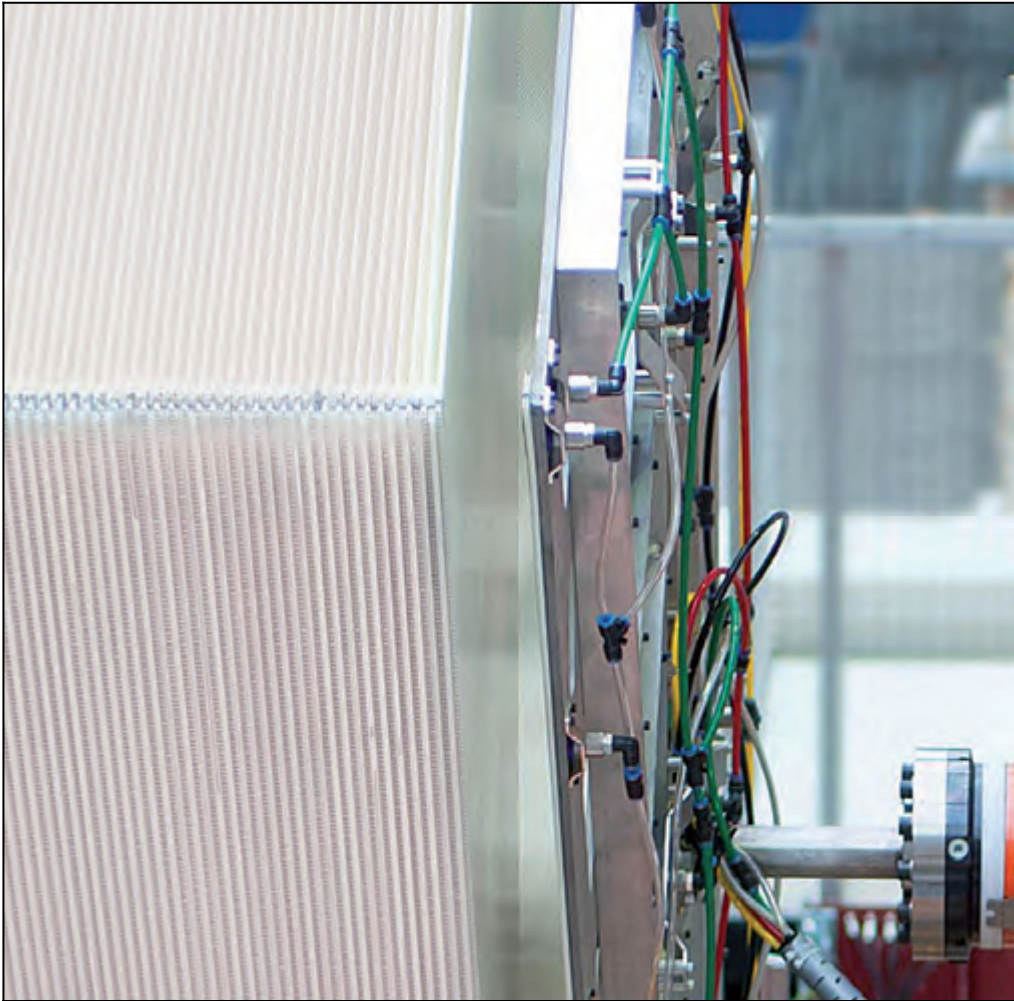
WYMAGANIA STAWIANE URZĄDZENIOM WENTYLACYJNYM STOSOWANYM NA PŁYWALNI

Centrale wentylacyjne basenowe ze względu wilgoć oraz związki chloru zawarte w powietrzu, z którym się kontaktują, zwłaszcza w powietrzu usuwanym, recyrkulacyjnym i wyrzutowym, powinny być wykonane z elementów wykonanych z materiałów odpornych na działanie tych substancji. Na korozję narażone są przede wszystkim te elementy, na których następuje wykroplenie wilgoci, np. wymienniki płytowe krzyżowe, rurki cieplne, parowniki pomp ciepła (fot. 1). Aby uniknąć takich negatywnych zjawisk, w

centralach basenowych zaleca się stosowanie propylenowych wymienników do odzysku ciepła (fot. 2). Cechują się one całkowitą odpornością na korozję, a ich sprawność odzysku ciepła jest porównywalna z urządzeniami aluminiowymi. Wymienniki takie, a także nagrzewnice powietrza, mogą być również epoksydowane. Parowniki pomp ciepła produkują się ze stali kwasoodpornej i sytuuje w sposób zapewniający ich ciągłe omywanie kondensatem [6].

Obudowy central konstruowane są z profili aluminiowych lub innych zabezpieczonych antykorozyjnie. Ich powierzchnia zewnętrzna i wewnętrzna ścian powinna być lakierowana, z powłoką o podwyższonej odporności na korozję, a podłoga wykonana z blachy. Przepustnice zaleca się wykonywać z profili aluminiowych, a koła zębate z tworzywa sztucznego odpornego na działanie chloru.

Wszystko to ma na celu zapewnienie niezawodnej pracy instalacji wentylacyjnych przez wiele lat, czego nie udałoby się uzyskać przy zastosowaniu standardowych central wentylacyjnych.



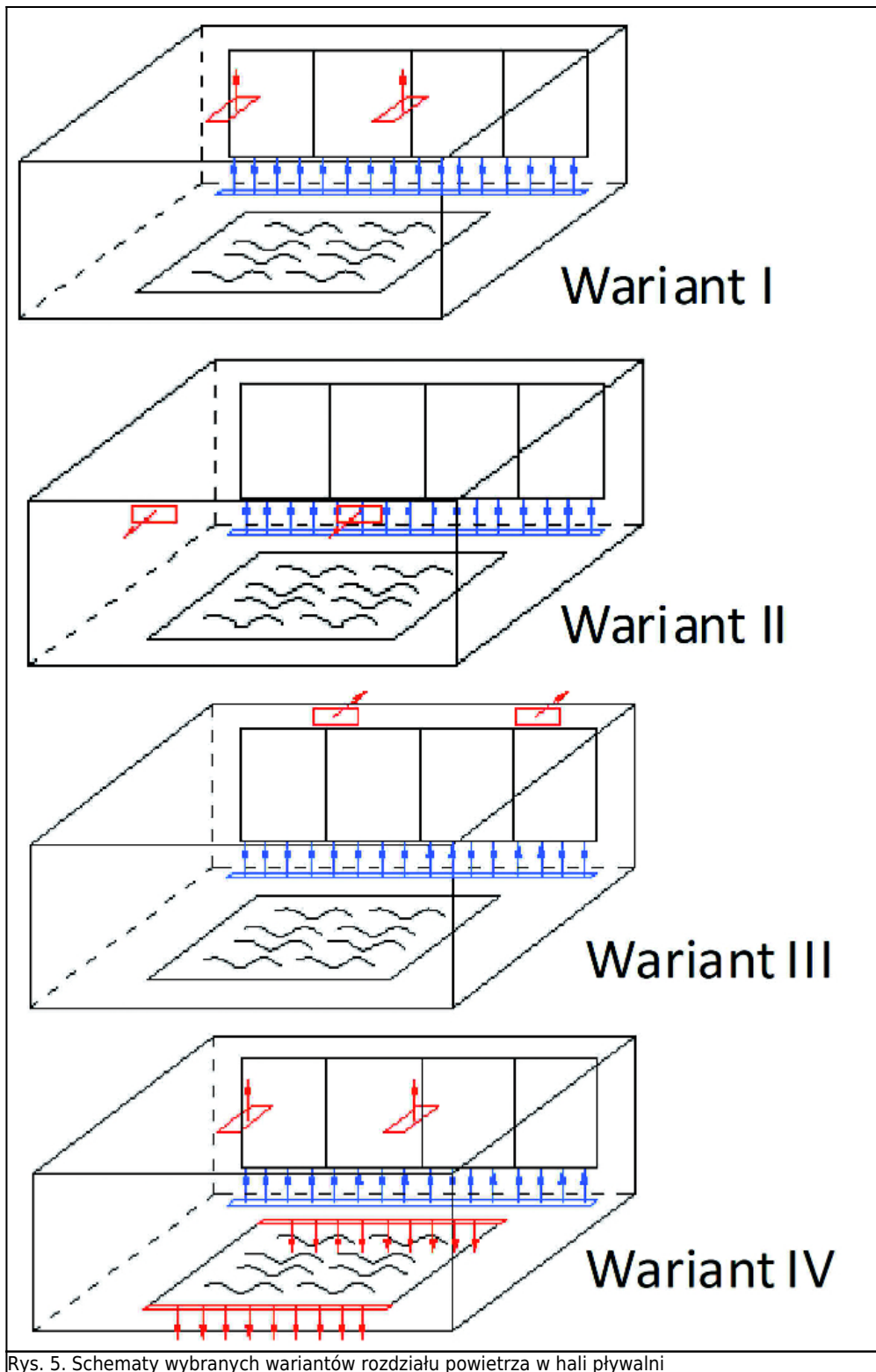
Fot. 2. Fragment polipropylenowego wymiennika ciepła w centrali wentylacyjnej basenowej [3]

JAKI SPOSÓB ROZDZIAŁU POWIETRZA WENTYLACYJNEGO JEST NAJKORZYSTNIEJSZY W HALACH PŁYWALNI?

Dla zapewnienia wymaganych parametrów powietrza w hali pływalni, oprócz odpowiedniego przygotowania powietrza nawiewanego, bardzo istotny jest rozdział powietrza, czyli lokalizacja nawiewników i wywiewników oraz dobór ich konstrukcji i parametrów powietrza nawiewanego.

Aby prawidłowo zaprojektować rozdział powietrza wentylacyjnego w hali pływalni, należy się kierować dwoma podstawowymi zasadami:

1. W okresie zimowym powierzchnie przeszklone są zimniejsze od pozostałych przegród i powietrza w hali. Często występuje na nich wykroplenie wilgoci oraz powodują one dyskomfort dla ludzi wskutek asymetrii promieniowania. Dlatego zaleca się, aby nawiew powietrza był zlokalizowany u dołu pod oknami, a struga powietrza powinna być skierowana pionowo do góry (rys. 5), tworząc kurtynę powietrzną, która oddziela ciepłe powietrze wewnątrz hali od okien. Przy okazji są one też ogrzewane, co zapobiega wspomnianym uprzednio negatywnym zjawiskom.

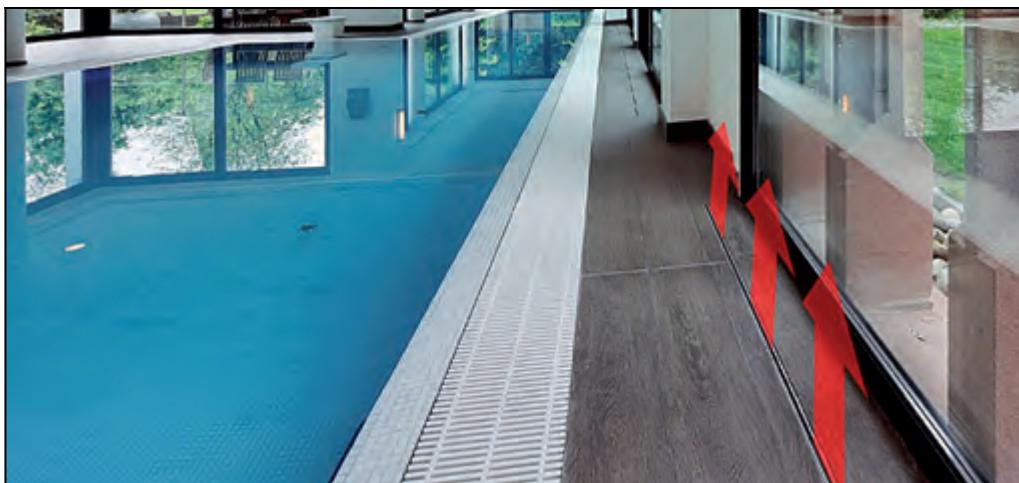


Rys. 5. Schematy wybranych wariantów rozdziału powietrza w hali pływalni

2. Para wodna z nad basenu i innych mokrych powierzchni unosi się do góry, ponieważ jest lżejsza od powietrza. Aby zapobiec gromadzeniu się wilgoci w górnej części hali, zaleca się stosowanie wywiewu powietrza góra.

Nawiew powietrza realizowany jest zazwyczaj za pomocą nawiewników szczelinowych, zlokalizowanych wzdłuż okien, drzwi itp. (fot. 3), jednostronnie lub dwustronnie, w zależności od wielkości i kształtu hali. Zaleca się, żeby nawiewniki były instalowane w odległości 20–30 cm od przegrody. Temperatura powietrza nawiewanego z nawiewnika szczelinowego nie powinna przekraczać $+45^{\circ}\text{C}$ [N4]. Prędkość wypływu powietrza z nawiewnika powinna mieścić się w granicach 4–5 m/s, co zapewnia odpowiedni zasięg strugi.

Spotyka się też rozwiązania z dodatkowym nawiewem sufitowym [8].



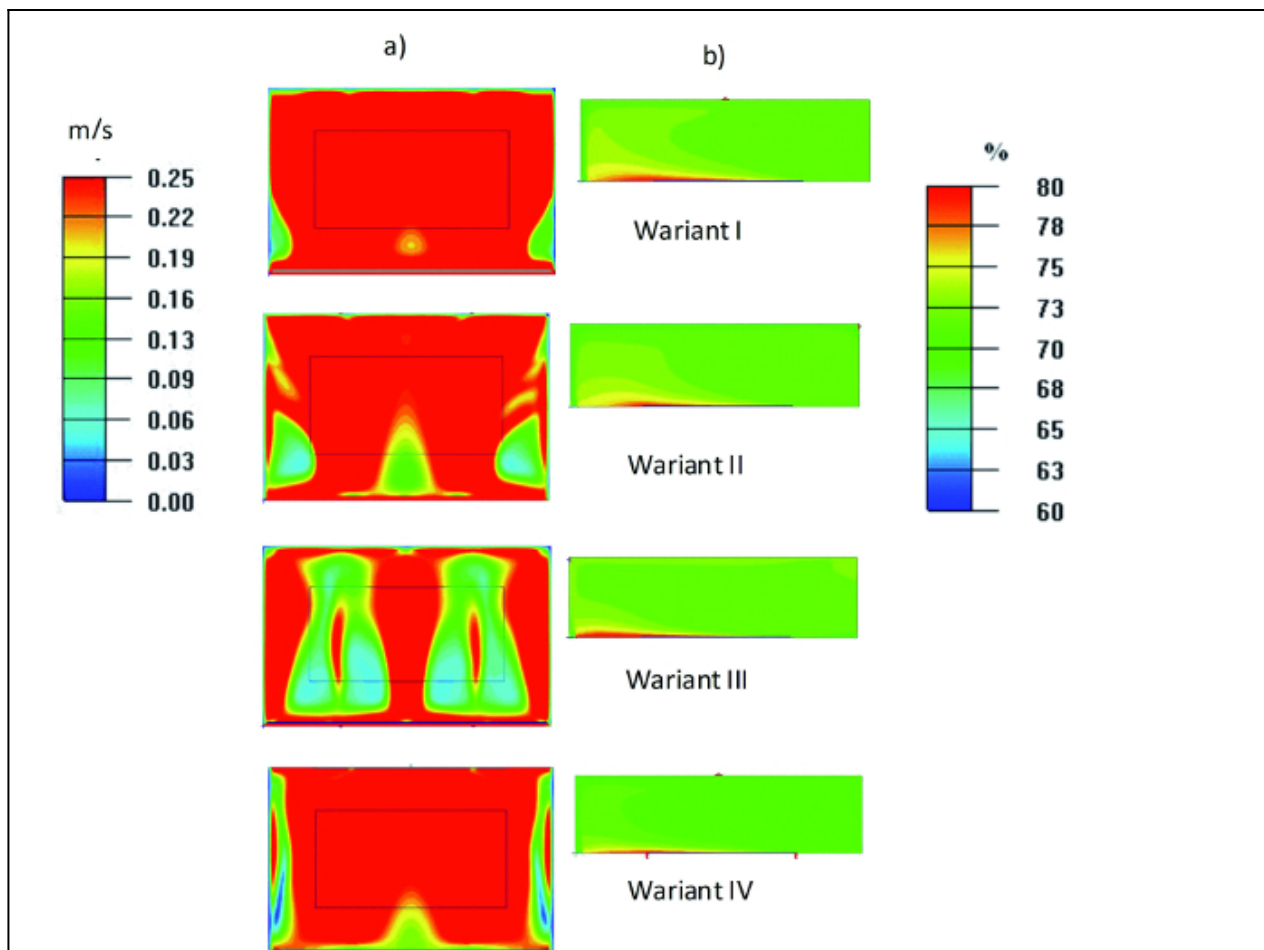
Fot. 3. Nawiewnik szczelinowy zlokalizowany pod oknem hali pływalni [3]

W pracy [9] zaproponowano natomiast rozwiązanie z nawiewem miejscowym powietrza na stanowisko ratownika. Pozwoliło to na zmniejszenie strumienia objętości powietrza doprowadzanego przez nawiew ogólny bez pogorszenia odczucia komfortu cieplnego przez ratowników, którzy najczęściej narzekają na złe warunki panujące w takich obiektach.

Jeśli chodzi o lokalizację wywiewników, to najczęściej jest to środek hali, tuż pod sufitem (rys. 5, wariant I).

W mniejszych obiektach stosuje się też wywiew boczny (rys. 5, wariant II lub III). Badania numeryczne za pomocą techniki CFD [10] (rys. 6) wykazały, że umiejscowienie otworów wywiewnych nie ma istotnego wpływu na zakres wartości prędkości powietrza w strefie przebywania ludzi i na rozkład parametrów powietrza w hali, w tym wilgotności względnej.

Należy zwrócić uwagę na jeszcze jedno rozwiązanie, z zastosowaniem dodatkowych wywiewników szczelinowych na brzegu basenu (rys. 5, wariant IV), przez które jest usuwane 10% strumienia objętości powietrza. Z zaleceniami stosowania takiego wywiewu spotykają się niekiedy projektanci wentylacji ze strony służb sanitarnych. Zgodnie z wynikami wspomnianych badań sprzyjało to usuwaniu pary wodnej z dolnej części pomieszczenia i w pewnym stopniu wpływało na obniżenie wartości wilgotności względnej w wyższej części pomieszczenia. Natomiast oddziaływanie na obniżenie wilgotności względnej w strefie przebywania ludzi było w tym przypadku nieznaczne (rys. 6). Z badań w pracy [11] wynikało jednak, że takie rozwiązanie przyczyniło się do zmniejszenia stężenia chloru w przestrzeni nad basenem o około 20%. Jak już wspomniano uprzednio, w nowoczesnych pływalniach, gdzie przedostawanie się chloru z wody do powietrza w hali jest bardzo niewielkie, stosowanie takiego rozwiązania nie jest konieczne.



Rys. 6. Rozkład parametrów powietrza w hali pływalni na podstawie obliczeń numerycznych CFD [10] dla wariantów rozdziału powietrza z rys. 5: a) prędkości powietrza w strefie przebywania na wysokości 1,5 m, b) wilgotności względnej powietrza w środkowym przekroju podłużnym

INNE PROBLEMY ZWIĄZANE Z PROJEKTOWANIEM WENTYLACJI HAL BASENOWYCH

■ Zyski wilgoci z powierzchni wody basenowej zależą od jej temperatury i parametrów powietrza nad niecką basenową. Przy ich obliczaniu można skorzystać ze wspomnianej niemieckiej normy VDI [N1] albo jej polskiego opracowania [12]. Dotyczy to także strumienia masy wilgoci pochodzących od różnych atrakcji w hali pływalni.

■ Zyski wilgoci są bazą do obliczenia strumienia objętości powietrza wentylacyjnego, którego wartość oprócz tego zależy także od przyjętych do obliczeń wartości zawartości wilgoci w powietrzu zewnętrznym.

Odmienne podejście do wyboru tej wartości prezentują niemiecka norma VDI [N1] i polska norma PN-76/B-03420 [N5]. Wywiera to istotny wpływ na uzyskaną w efekcie wartość strumienia objętości powietrza, co z kolei oddziałuje na warunki ciepłno-wilgotnościowe w hali pływalni. Analizę tego zagadnienia przedstawiono w [12], a skutki przyjęcia różnych wartości strumienia objętości powietrza nawiewanego przeanalizowano, posługując się techniką CFD, w pracy [9].

■ Jak już wspomniano, w halach pływalni w okresie zimowym nawiewane powietrze zewnętrzne musi być dowilżone. Natomiast w okresie letnim, aby nie przekroczyć wynikającej z krzywej duszności wartości zawartości wilgoci 16 g H₂O/kg powietrza suchego, może zajść potrzeba osuszania powietrza nawiewanego lub bezpośrednio powietrza w hali. Do tego celu można się posłużyć pompą ciepła zainstalowaną w centrali wentylacyjnej, pracującą w trybie chłodzenia i osuszania, bądź odrębnymi osuszaczami kondensacyjnymi [12], zbudowanymi na bazie chłodnicy powietrza. Mogą znaleźć również zastosowanie osuszacze adsorpcyjne [12]. Urządzenia te instaluje się w przewodach wentylacyjnych, na zapleczu hali bądź w samej hali.

dr hab. inż. Barbara Lipska

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki Katedra Ogrzewnictwa, Wentylacji i Techniki

Artykuł zamieszczony w „Przewodniku Projektanta” nr 4/2021

Członkowie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa mogą składać zamówienie na drukowane wydanie „Przewodnika Projektanta” nr 1/2022.

Zachęcamy członków PIIB do wypełnienia formularza zgłoszeniowego zamieszczonego na stronie **www.izbudujemy.pl/formularze/przewodnikprojektanta**

W kolejnym wydaniu „Przewodnika Projektanta” będziemy poruszać m.in. tematy związane z konstrukcjami stalowymi, instalacjami PV i pomp ciepła. Kontynuujemy cykl artykułów dotyczących BIM, a także będą zamieszczone artykuły prawne.



NORMY

- N1. VDI 2089 Blatt 1:2010-01 (VDI 2089 Blatt 1:2019-09 - Entwurf) Technische Gebäudeausrüstung von Schwimmbädern - Hallenbäder.
- N2. PN-EN 16798-3:2017-09 Charakterystyka energetyczna budynków - Wentylacja budynków - Część 3: Wentylacja budynków niemieszkalnych - Wymagania dotyczące właściwości systemów wentylacji i klimatyzacji pomieszczeń.
- N3. Wytyczne REHVA dotyczące działania i użytkowania systemów usług budowlanych podczas epidemii choroby koronawirusowej (The Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning) www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance/rehva-covid-19-guidance
- N4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny podlegać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75, poz.690, z późn. zm.).
- N5. PN-76/B-03420 Wentylacja i klimatyzacja - Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego (norma wycofana i niezastąpiona).

LITERATURA

- 1. Jaskólski M., Micewicz Z., Wentylacja i klimatyzacja hal krytych pływalni, MASTA Gdańsk, 2000.
- 2. www.frapol.com.pl
- 3. www.menerga.com
- 4. www.dan-poltherm.pl
- 5. Ciuman P., Lipska B., Piękoś K. i Trzeciakiewicz Z., Wpływ strumienia objętości powietrza nawiewanego oraz systemu odzysku ciepła na zużycie energii w procesie wentylacji hali krytej pływalni, Instal, 6/2017.
- 6. Więcek K., Koszty wentylacji i ogrzewania hal basenowych przy zastosowaniu central o różnych konstrukcjach, Rynek Instalacyjny, 3/2014.
- 7. Więcek K., Menerga: odzysk ciepła w pływalniach, www.klimatyzacja.pl/wentylacja/artykuly/wentylacja-i-klimatyzacja-basenowa/menerga-odzysk-ciepla-w-plywalniach
- 8. Sabiniak H.G., Pietras M., Klimatyzacja obiektów basenowych, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2010.
- 9. Ciuman P., Modelowanie rozdziału powietrza wentylacyjnego w hali pływalni, Rozprawa doktorska (promotor Lipska B.), Politechnika Śląska, Gliwice, 2017.
- 10. Lipska B., The influence of the localization of outlets on the air distribution and the propagation of

contaminants in rooms with mixing ventilation, ACEE, 1/2009.

11. Radczuk D., Kształtowanie rozdziału powietrza w halach pływalni, Praca dyplomowa magisterska pod kierunkiem Lipskiej B., Politechnika Śląska, Gliwice, 2008.
12. Lipska B., Trzeciakiewicz Z., Projektowanie wentylacji i klimatyzacji. Zagadnienia zaawansowane, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2018.