

Modelowanie elementów mikroklimatu w otoczeniu obiektów zabytkowych

Dariusz Heim¹, Katarzyna Klemm²

¹ *Katedra Procesów Ciepłych i Dyfuzyjnych, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka, e-mail: dariusz.heim@p.lodz.pl*

² *Instytut Architektury i Urbanistyki, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Politechnika Łódzka, e-mail: katarzyna.klemm@p.lodz.pl*

Streszczenie: W pracy omówiono elementy mikroklimatu lokalnego mającego bezpośredni wpływ na oddziaływanie środowiska zewnętrznego na obiekty budowlane o bogatych walorach historycznych i architektonicznych. Problem opisano w skali globalnej kompleksu urbanistycznego budynków zabytkowych oraz lokalnej elementów zdobniczych przegród zewnętrznych. Skoncentrowano się na zagadnieniach przepływu powietrza w otoczeniu budynków i detali oraz oddziaływania promieniowania słonecznego na elewację. Poszczególne zagadnienia omówiono na przykładach. Dla lepszego zilustrowania zagadnienia przedstawiono przykład kompleksu budynków historycznych poddanych rewitalizacji.

Słowa kluczowe: mikroklimat, promieniowanie, przepływ, oddziaływanie, ochrona, ściana, detal.

1. Wprowadzenie

Rewitalizacja zabytkowych obiektów stała się w okresie ostatnich lat niezwykle popularna, lecz przyniosła jednocześnie wiele problemów m.in. z zakresu Fizyki Budowli. Część modernizowanych budynków to budynki pofabryczne, które często przez wiele lat nie były użytkowane zgodnie z ich przeznaczeniem. Jednym z podstawowych efektów wynikających z dostosowania budynków do nowych potrzeb jest zmiana sposobu ich eksploatacji, co z kolei jest silnie powiązane z obciążeniami ciepło-wilgotnościowymi elementów obudowy zewnętrznej. Obciążenia te wywoływane są zarówno zmianą parametrów środowiska wewnętrznego jak i modernizacją samej przegrody, np. jej ociepleniem lub chociażby naprawą fragmentów elewacji. Skutkiem poszczególnych działań mogą być m.in. dodatkowe zaburzenia i efekty wynikające z nieco innego oddziaływania termicznego obudowy budynku, a także znacznych różnic temperatur w poszczególnych fragmentach ścian, szczególnie w budynkach o nierównomiernej, rozbudowanej pod względem geometrycznym powierzchni elewacji.

Ocena efektu oddziaływania klimatu lokalnego zwartej struktury zabudowy na budynek, a w szczególności na jego fragmenty, może mieć istotne znaczenie w przypadku destrukcyjnego charakteru oddziaływań. Dotyczy to w szczególności obiektów zabytkowych. Analizę parametrów mikroklimatu w otoczeniu można rozpatrywać w skali globalnej dla całego kompleksu urbanistycznego oraz lokalnej, dla pojedynczej przegrody bądź jej fragmentu. W przypadku rozważań w skali globalnej istotny jest układ urbanistyczny, wzajemne odległości pomiędzy budynkami oraz ich geometria. W przypadku skali lokalnej ważniejszymi aspektami będzie ukształtowanie powierzchni przegród, ilości i wielkość detali oraz rozmieszczenie przegród o różnych charakterystykach, np. pełnych i transparentnych.

Przykładem kompleksu obiektów poddanych gruntownej modernizacji jest zespół Manufaktura, zlokalizowany w centralnej części miasta Łodzi (rys. 1). Poza odrestaurowaniem obiektów historycznych wprowadzono dodatkowe elementy zabudowy mające bezpośredni wpływ na mikroklimat w sąsiedztwie obiektów już istniejących [1].



Rys. 1. Przykładowy obszar zrewitalizowany wraz z obiektami zabytkowymi

2. Skala globalna

Z uwagi na złożony charakter problemu autorzy ograniczyli się do analiz wpływu struktury zabudowanej na następujące parametry mikroklimatu:

- przepływu wiatru poprzez określenie zmiany jego prędkości i kierunku w odniesieniu do wartości w terenie otwartym,
- penetracji bezpośredniego promieniowania słonecznego oraz oddziaływania ciepłego promieniowania na pionowe przegrody zewnętrzne.

Rozpatrywane parametry mają istotny wpływ na procesy fizyczne zachodzące na zewnętrznych powierzchniach przegród, jak i w ich strefach przypowierzchniowych. Między innymi determinują wielkość:

- wymiany energii na drodze konwekcji, absorpcji i emisji [2];
- wymiany wilgoci w efekcie absorpcji wilgoci i jej odparowywania [3].

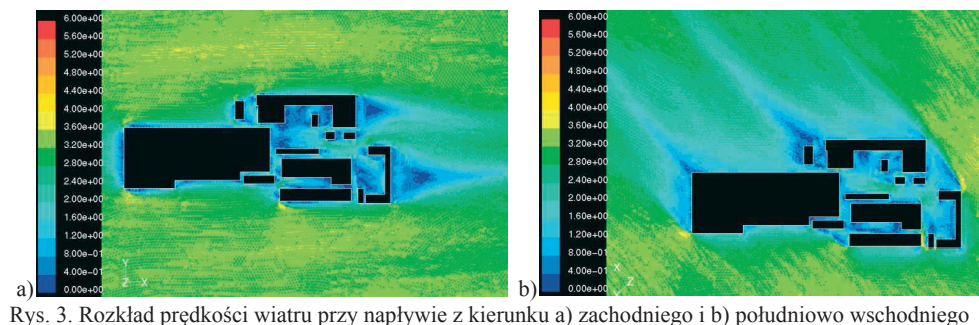
Wymienione powyżej procesy mają charakter sprzężony i w zależności od sytuacji mogą wywoływać następujące efekty:

- odparowanie wody deszczowej z powierzchni ściany na skutek oddziaływania bezpośredniego promieniowania słonecznego lub/i opływu powietrza;
- akumulacja energii promieniowania słonecznego przez przegrody zewnętrzne;
- wymiana ciepła pomiędzy budynkiem a otoczeniem na drodze konwekcji i promieniowania.

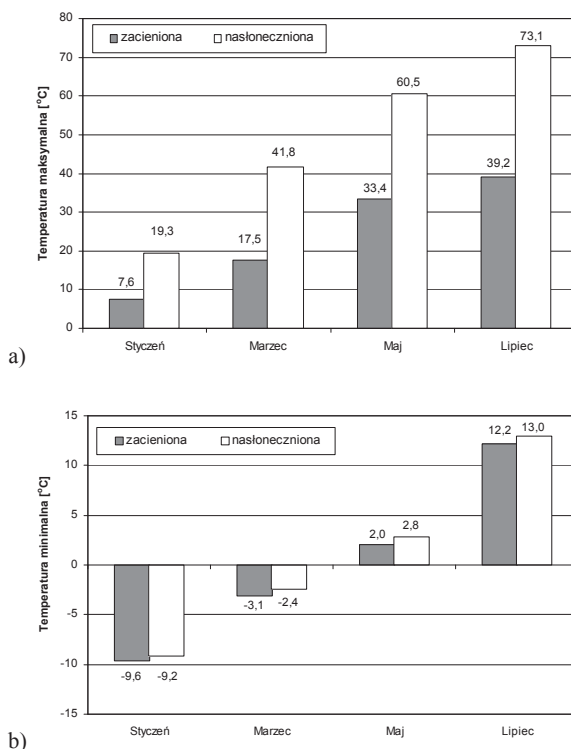


Rys. 2. Widok obszaru analizowanego w skali globalnej

Głównym problemem występującym w układzie globalnym zabudowy jest wzajemne oddziaływanie budynków na siebie poprzez zmianę kierunku i prędkości przepływającego powietrza (rys. 3) oraz zacinianie się elewacji (rys. 4).



Rys. 3. Rozkład prędkości wiatru przy napływie z kierunku a) zachodniego i b) południowo wschodniego



Rys. 4. Ekstremalne wartości temperatur obliczonych dla zacienionych i nasłonecznionych fragmentów elewacji, wartości a) maksymalne, b) minimalne

Analizując wyniki zamieszczone na rysunku 3 zaobserwować można strefy o obniżonych prędkościach przepływu powietrza w sąsiedztwie przegród pionowych budynków. Obniżenie wartości prędkości będzie miała bezpośredni wpływ na procesy wymiany ciepła na drodze konwekcji oraz intensywność oddziaływania zacinającego deszczu.

Porównując ekstremalne wartości temperatur (rys. 4) należy podkreślić duże różnice wartości maksymalnych, zarejestrowanych w ciągu dnia i wynikających z konwersji docierającej energii promieniowania słonecznego.

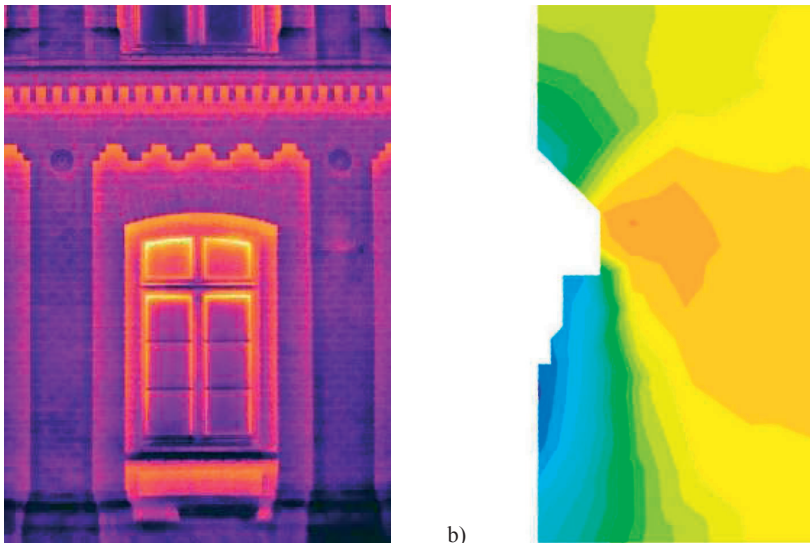
3. Skala lokalna

Analiza na poziomie oddziaływań lokalnych pomiędzy środowiskiem zewnętrznym a powierzchnią przegród jest interesująca dla elementów o rozbudowanej ornamentyce i ciekawym detalu architektonicznym (rys. 5).

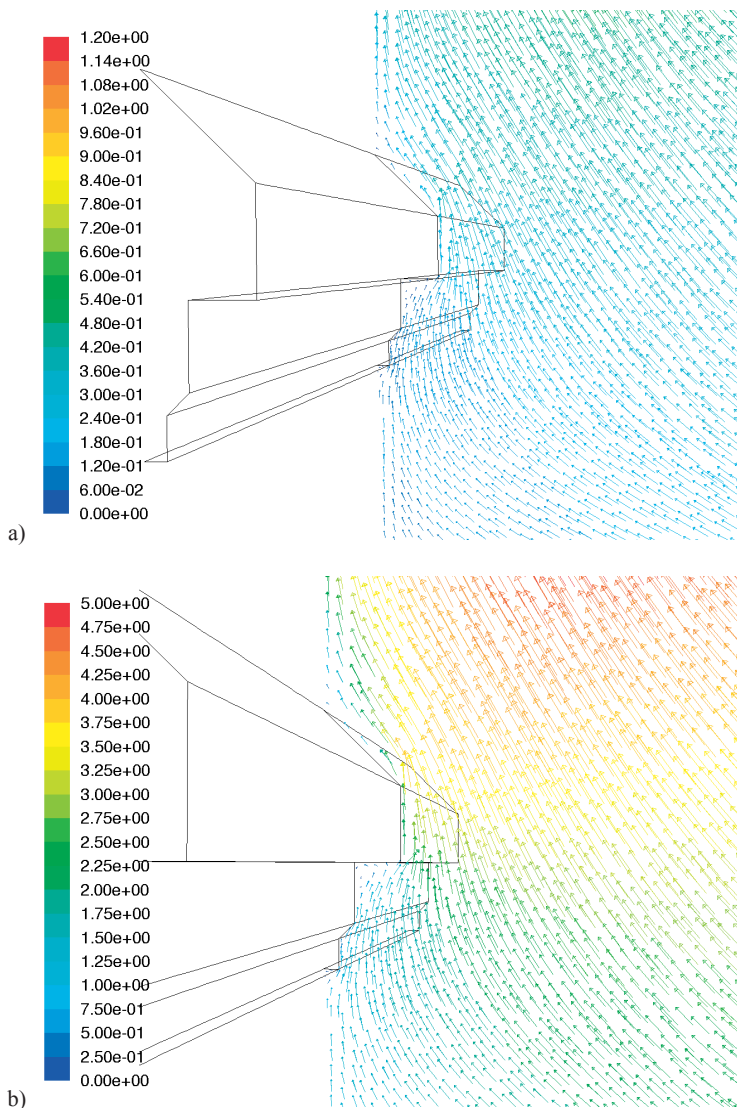


Rys. 5. Przykładowe detale architektoniczne na zabytkowym obiekcie ceglany

Procesy wymiany ciepła dla powierzchni o rozbudowanej geometrii mają złożony charakter i zależą od prędkości ruchu powietrza i właściwości emisyjnych powierzchni. Poza zjawiskami konwekcji wymuszonej, występuje dodatkowo konwekcja swobodna na skutek ruchów mas powietrza wynikających z różnych temperatur poszczególnych fragmentów powierzchni. Intensywność oddawania ciepła do otoczenia uwarunkowana jest izolacyjnością cieplną samej przegrody jak i prędkością opływającego powietrza. W strefach stagnacji oraz w miejscach pomniejszonej grubości obserwowana jest znacznie wyższa temperatura powierzchni niż na pozostałych fragmentach elewacji.



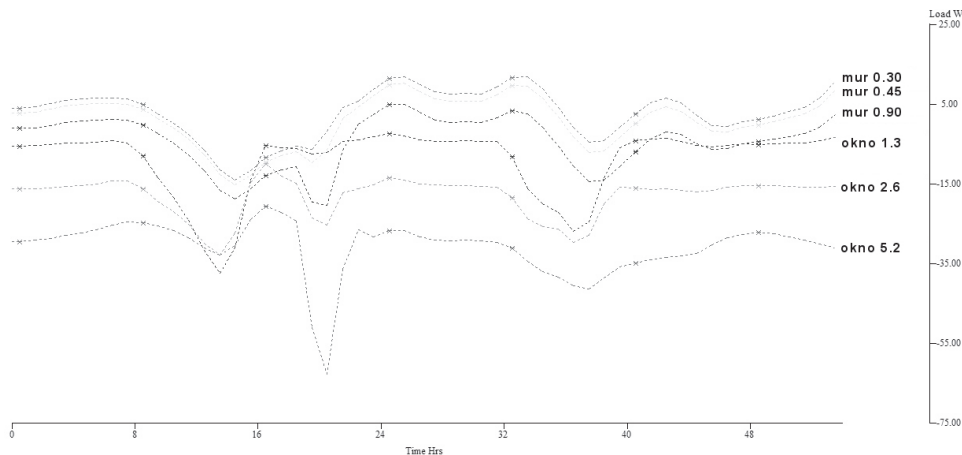
Rys. 6. a) obraz termowizyjny fragmentu elewacji o różnej intensywności oddawania ciepła, różnej wartości temperatury powierzchni, b) rozkład prędkości w poszczególnych fragmentach detalu architektonicznego (symulacja)



Rys. 7. Wektory prędkości w warstwie przypowierzchniowej elementu dla prędkości napływu a) $V=0,5\text{m/s}$ i b) 5m/s oraz intensywności turbulencji 5%

Efekt ten wywołany jest m.in. różną intensywnością przepływu powietrza i występowaniem lokalnymi stref o różnych prędkościach. Analizę numeryczną przepływu strugi powietrza wokół detalu budowlanego o złożonej geometrii zaprezentowano na rysunku 7. Poza różnymi wartościami uzyskanymi w poszczególnych punktach, istotne są strefy o niewielkiej prędkości przepływu zarejestrowane w części spodniej detali, rys. 6b.

Na rysunku 8 przedstawione chwilowe moce strat ciepła dla przegród o różnych charakterystykach termicznych w wybranym okresie zimy. Różnice otrzymanych wartości mogą przekraczać 50 W co wynika zarówno z dużej ilości pochłanianej energii promieniowania słonecznego jak i nierównomiernego oddawania ciepła do otoczenia.



Rys. 8. Gęstość strumienia oddawanego ciepła przez przegrody pełne i transparentne o różnej izolacyjności termicznej dla wybranego okresu zimy

4. Podsumowanie

O zagrożeniach obiektów zabytkowych od strony oddziaływania klimatu lokalnego świadczą obserwacje istniejących obiektów, potwierdzone wynikami uzyskanymi z analiz symulacyjnych. Na przebieg procesów destrukcyjnych mają również istotny wpływ, zjawiska transportu ciepła i wilgoci w warstwach przypowierzchniowych przegród zewnętrznych. Dodatkowe efekty, uwzględniające zdolność do odparowania wilgoci z powierzchni ścian, zostały uwzględnione w analizach nasłonecznienia i przepływu powietrza w bliskim otoczeniu przegród.

Złożony charakter oddziaływania różnych czynników kształtujących warunki pogodowe, jak i złożoność procesów zachodzących na granicy przegroda – środowisko zewnętrzne wymaga zastosowania odpowiednich metod. Zaprezentowana droga postępowania winna być dalej rozwijana w celu uwzględnienia szerszej liczby elementów decydujących o procesach destrukcyjnych warstw powierzchniowych. Wybór najkorzystniejszego rozwiązania będzie miał znaczenie przy dążeniu do zachowania jak największej trwałości warstw powierzchniowych przegród i samych obiektów [4].

Literatura

- 1 Klemm K., Heim D. Wind flow aspects in the renovated, post-industrial urban area, Proceedings of World Sustainable Building Conference SB05, Tokyo 27-29 September 2005.
- 2 Liu, Y., Harris, D.J. Full-scale measurements of convective coefficient on external surface of a low-rise building in sheltered conditions, *Building and Environment*, vol. 42(7), s. 2718-2736, 2007.
- 3 Janssen, H., Blocken, B., Roels, S., Carmeliet, J. Wind-driven rain as a boundary conditions for HAM simulations: analysis of simplified modelling approaches, *Building and Environment*, vol. 42(4), s. 1555-1567, 2007. Taylor I., Vezza M. Prediction of unsteady flow around square and rectangular section cylinders using a discrete vortex method. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 82 (1999) 247–269.
- 4 Metoda wskaźnikowa oceny oddziaływania klimatu na obiekty zabytkowe, (red. P. Klemm), seria monografie Fizyka Budowli – Ochrona Zabytków, Politechnika Łódzka, Łódź, 2009.