



DOI: 10.17512/bozpe.2019.1.10

Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym
Construction of optimized energy potential

ISSN 2299-8535 e-ISSN 2544-963X



Wpływ warunków pogodowych na temperaturę wewnątrz przegrody zewnętrznej

Patrycja Antonik-Popiołek¹ (*orcid id: 0000-0001-5949-8112*)

¹ Akademia Techniczno-Humanistyczna, Bielsko-Biała

Streszczenie: Przedstawiono analizę wpływu temperatury zewnętrznej, wilgotności zewnętrznej oraz prędkości wiatru na kształtowanie się temperatury w przegrodzie trójwarstwowej w okresie jesiennym. Dane do analizy pobrano z czujników temperaturowych zlokalizowanych w przegrodzie na granicy warstwy nośnej i termoizolacji oraz ze stacji pogodowej na dachu budynku. Okresem analizy był październik 2017 roku. Celem analizy było określenie korelacji pomiędzy poszczególnymi czynnikami pogodowymi i temperaturą wewnątrz przegrody, która wykazała, że jest ona silna tylko pomiędzy temperaturą zewnętrzną a temperaturą wewnątrz przegrody, pozostałe czynniki pogodowe mają znacznie mniejszy wpływ.

Słowa kluczowe: warunki pogodowe, temperatura w przegrodzie

Użytkowanie treści artykułu tylko w oparciu o licencję Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0

Proszę cytować ten artykuł w następujący sposób:

P. Antonik-Popiołek, Wpływ warunków pogodowych na temperaturę wewnątrz przegrody zewnętrznej, Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym, vol. 8, 1, 2019, 95-102, DOI: 10.17512/bozpe.2019.1.10

Wstęp

Analizowano wpływ temperatury zewnętrznej, wilgotności zewnętrznej i prędkości wiatru na kształtowanie się temperatury w ścianie budynku biurowego na granicy warstwy nośnej i izolacji termicznej, gdzie umieszczone zostały czujniki temperatury.

Temperatura zewnętrzna, wilgotność zewnętrzna oraz prędkość wiatru należą do podstawowych składników pogody. Zmiany wilgotności, uśrednione w skali miesiący, są na ogół zgodne ze zmianami temperatur zewnętrznych (Dylla, 2018). Istotną kwestią w określaniu warunków pogodowych jest klimat miasta. Zwarta miejska zabudowa w istotny sposób wpływa na podwyższenie się temperatury

zewnętrznej (Dylla, 2018) oraz zmniejszenie prędkości wiatru w stosunku do obszarów podmiejskich.

Analizy rozkładu i zmian temperatur w przegrodzie lub na jej powierzchni można przeprowadzić poprzez:

- analizę temperatury wewnątrz pomieszczenia przy braku regulacji temperatury wewnętrznej za pomocą analizy numerycznej przepływu ciepła w ścianie pod wpływem zmiany temperatury zewnętrznej zamieszczonej w pracy (Konga i in., 2017),
- badanie ściany kamerą termowizyjną omówione w pracy (Marino i in., 2018),
- poprzez umieszczenie czujników w przegrodzie na etapie jej wykonania lub remontu - rozwiązanie takie wykorzystano w analizie remontowanej przegrody trójwarstwowej, gdzie w fazie remontu umieszczono czujniki w czterech warstwach (Ahola i Lahdensivu, 2017).

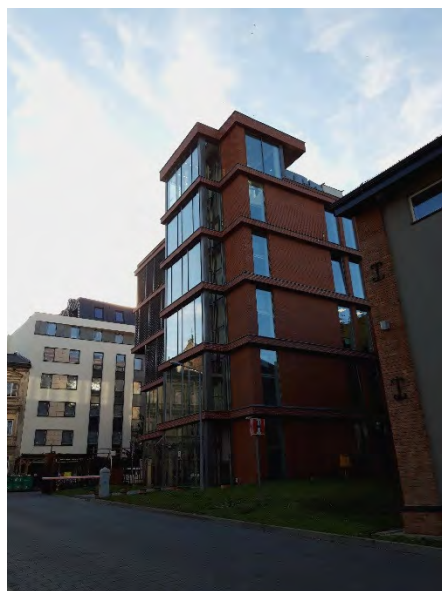
Zgodnie z pracą (Konga i in., 2017), zmiany temperatury zewnętrznej skutkują zmianami temperatury w przegrodzie, jednak zmiany te następują z niewielkim, kilkunastominutowym opóźnieniem.

1. Sposób przeprowadzenia badań

Analizę przeprowadzono na podstawie danych pochodzących z czujników rozmieszczonych w budynku Małopolskiego Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego (MLBE) w Krakowie. Przedmiotowy budynek (rys. 1) powstał w 2014 roku, zlokalizowany jest w centrum Krakowa, w gęstej zabudowie miejskiej. Na etapie budowy został wyposażony w czujniki rozmieszczone w poszczególnych przegrodach budowlanych, a na budynku umieszczono stacje meteorologiczne. Pomiary poszczególnych parametrów są dokonywane automatycznie przez 24 godziny na dobę w stałych odstępach czasowych.

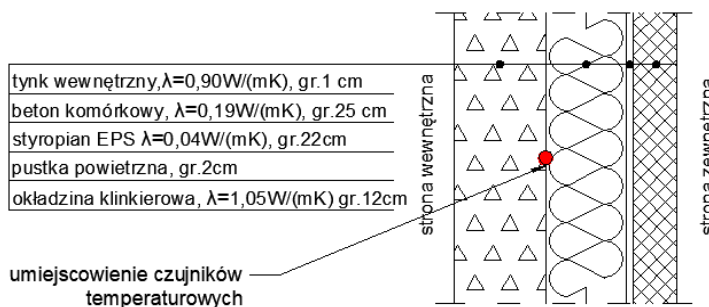
Do analizy wykorzystano dane pogodowe z zewnętrznej głównej stacji meteorologicznej zlokalizowanej na dachu budynku MLBE oraz dane temperaturowe pochodzące z dwóch czujników rozmieszczonych na granicy warstwy nośnej i warstwy izolacji termicznej. Aparatura pomiarowa zewnętrznej stacji pogodowej rejestruje dane pogodowe w 1-minutowych oraz 5-minutowych interwałach czasowych, natomiast pomiary wewnątrz przegrody prowadzone są w odstępach 15-minutowych. Z tego względu ujednolicono interwały czasowe i do analizy wykorzystano dane pobrane w 15-minutowych odstępach czasowych.

Analizie poddano ścianę trójwarstwową wykonaną z betonu komórkowego (o gęstości 700 kg/m^3) z izolacją ze styropianu EPS, z wykończeniem z cegły klinkowej. Przekrój przez przedmiotową ścianę przedstawiono na rysunku 1. Współczynnik przenikania ciepła przegrody obliczony zgodnie z (PN-EN ISO 6944:2017) wynosi $U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, a więc spełnione są wymogi zawarte w Rozporządzeniu (Rozporządzenie, 2002), obowiązującym od 2021 roku, tj. $U < 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.



Rys. 1. Budynek Małopolskiego Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego w Krakowie. Fot. autora

Przedmiotowa ściana zlokalizowana jest od strony północno-zachodniej na III piętrze budynku MLBE. Czujniki, z których pozyskano dane, umiejscowiono na wysokości 1,6 m powyżej poziomu posadzki w dwóch rzędach. Schemat rozmieszczenia czujników w przegrodzie przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Przekrój przez przegrodę zewnętrzną

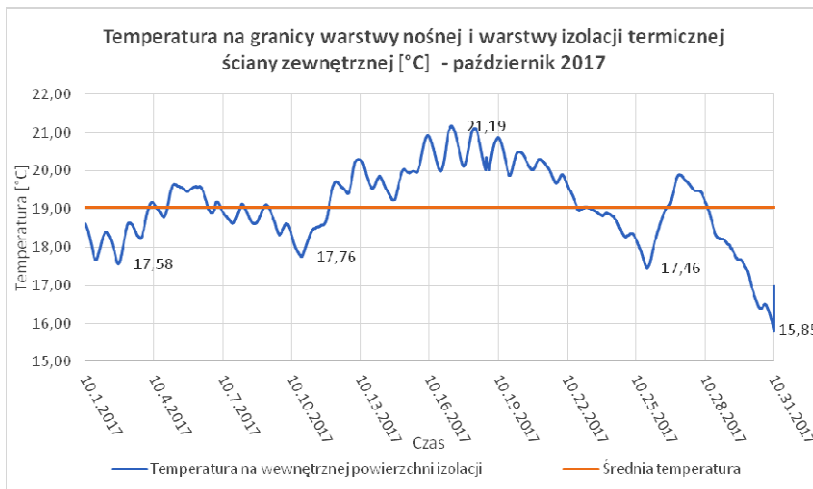
Do analizy wykorzystano dane pochodzące z czujników temperaturowych o numerach 0084 i 0085, zlokalizowanych pomiędzy warstwą izolacji termicznej i betonu komórkowego, których wyniki pomiarów uśredniono.

Na podstawie uzyskanych danych dokonano analizy korelacji poszczególnych czynników pogodowych z temperaturą wewnątrz przegrody. Próba badawcza obejmuje pomiary dokonywane w 15-minutowych interwałach czasowych w październiku 2017 roku. Łączna liczba pomiarów przypadająca na jeden czujnik wyniosła 2976.

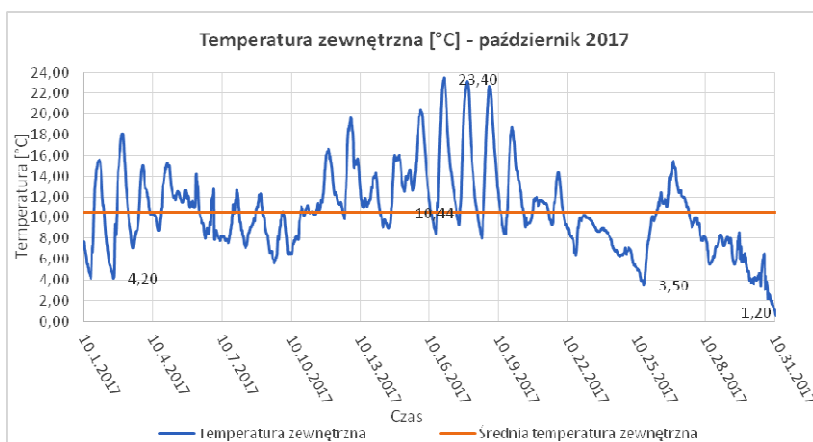
2. Rezultaty i dyskusja

Do analizy wybrano okres od 1 do 31 października 2017 roku, w którym występowały tylko dodatnie temperatury. W analizowanym okresie temperatura na granicy warstwy izolacji i warstwy nośnej kształtowała się od 15,74 do 21,22°C, natomiast średnia temperatura wyniosła 19,04°C. Temperatura zewnętrzna w analogicznym okresie wahała się w zakresie 0,6-23,5°C, natomiast średnia temperatura zewnętrzna wyniosła 10,44°C. Prędkość wiatru wyniosła maksymalnie 8,2 m/s, natomiast minimalnie 0,2 m/s, średnia prędkość wiatru wyniosła 1,16 m/s. Wilgotność zewnętrzna wynosiła od 40 do 100%, średnio wilgotność była na poziomie ponad 80%.

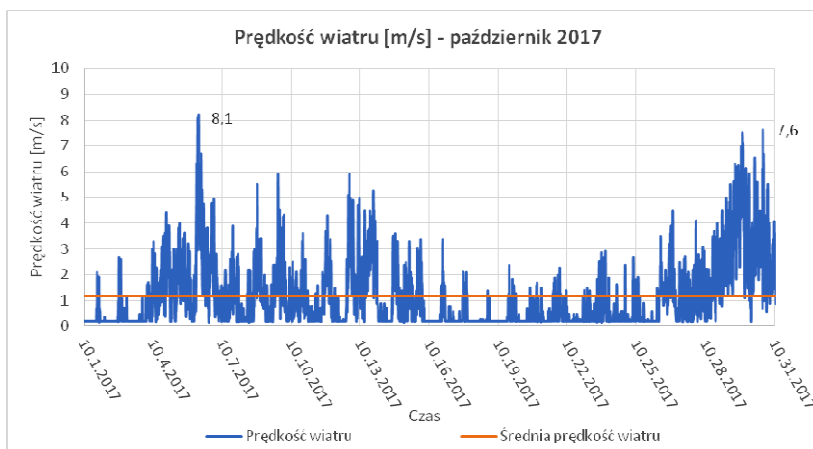
Na rysunkach 3-6 przedstawiono rozkład odpowiednio: temperatury na granicy warstwy izolacji i warstwy nośnej (rys. 3), temperatury zewnętrznej (rys. 4), prędkości wiatru (rys. 5) oraz wilgotności zewnętrznej (rys. 6).



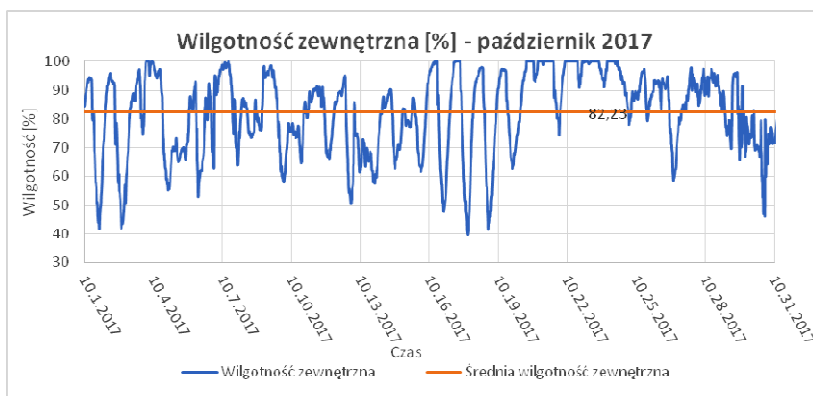
Rys. 3. Temperatura na wewnętrznej powierzchni izolacji termicznej ściany zewnętrznej



Rys. 4. Temperatura zewnętrzna



Rys. 5. Prędkość wiatru



Rys. 6. Wilgotność zewnętrzna

Analizę wykonano w programie Statistica. Dokonano analizy korelacji (korelacja liniowa Pearsona), która uwzględnia liniowy charakter zależności między cechami, oraz analizę korelacji Spearmana, która uwzględnia dowolną monotoniczną zależność między cechami, także nieliniową. W obu typach analizy korelacja dodatnia oznacza, że wraz ze wzrostem wartości jednej cechy następuje wzrost wartości drugiej cechy, natomiast korelacja ujemna oznacza, że wraz ze wzrostem wartości jednej cechy następuje spadek wartości drugiej cechy.

Siłę związków korelacyjnych przedstawiono w tabeli 1 (Stanisławek, 2010).

Tabela 1. Siła związków korelacyjnych i ich interpretacja (Stanisławek, 2010)

Siła związków korelacyjnych	Interpretacja
< 0,3	Korelacja słaba
< 0,3;0,7)	Korelacja umiarkowana
> 0,7	Silna korelacja

Analizę korelacji pomiędzy poszczególnymi zmiennymi przedstawiono w tabelach 2 i 3. W tabeli 2 podano wyniki analizy korelacji, a w tabeli 3 wyniki analizy korelacji Spearmana.

Tabela 2. Korelacja między zmiennymi

Zmienna	Korelacja (N = 2976)			
	Temperatura na granicy izolacji i warstwy nośnej	Temperatura zewnętrzna	Prędkość wiatru	Wilgotność zewnętrzna
Temperatura na wewnętrznej powierzchni izolacji	–	0,6523	–0,2917	0,1042
Temperatura zewnętrzna	0,6523	–	–0,0946	–0,4985
Prędkość wiatru	–0,2917	–0,0946	–	–0,3503
Wilgotność zewnętrzna	0,1042	–0,4985	–0,3503	–

Tabela 3. Korelacja Spearmana między zmiennymi

Zmienna	Korelacja (N = 2976)			
	Temperatura na granicy izolacji i warstwy nośnej	Temperatura zewnętrzna	Prędkość wiatru	Wilgotność zewnętrzna
Temperatura na wewnętrznej powierzchni izolacji	–	0,6405	–0,2566	0,0905
Temperatura zewnętrzna	0,6405	–	–0,0508	–0,4172
Prędkość wiatru	–0,2566	–0,0508	–	–0,3815
Wilgotność zewnętrzna	0,0905	–0,4172	–0,3815	–

Tabela 4. Korelacja między ΔT a warunkami pogodowymi

Zmienna	Korelacja (N = 2976)		
	Temperatura zewnętrzna	Prędkość wiatru	Wilgotność zewnętrzna
Różnica temperatur $\Delta T = T_{\text{wewnętrzna}} - T_{\text{zewnątrzna}}$	–	0,6405	–0,2566

Przeprowadzona analiza pozwala stwierdzić, że występuje istotny wpływ temperatury zewnętrznej na kształtowanie się temperatury wewnątrz przegrody. W obu testach korelacja na poziomie około 0,65 wskazuje na umiarkowaną zależność pomiędzy obiema zmiennymi.

Wpływ prędkości wiatru na kształtowanie się temperatury wewnątrz przegrody jest niewielki. Korelacja na poziomie –0,29 w analizie korelacji oraz –0,26 w ana-

lizie Spearmana wskazuje na to, że występuje związek między prędkością wiatru a temperaturą wewnątrz przegrody, jednak korelacja jest słaba. Związek ma charakter ujemny, tzn. wraz ze wzrostem prędkości wiatru temperatura na granicy warstwy izolacji i warstwy nośnej spada.

Poziom wilgotności nie ma wpływu na kształtowanie się temperatury wewnątrz przegrody, o czym świadczy współczynnik korelacji na poziomie 0,10 - brak związku.

Warto zauważyć, że występuje umiarkowana zależność (korelacja $-0,50$, korelacja Spearmana $-0,42$) pomiędzy poziomem wilgotności a temperaturą zewnętrzną. Wraz ze wzrostem wilgotności temperatura zewnętrzna wykazuje tendencję spadkową, jednak korelacja ta nie występuje już wewnątrz przegrody, co świadczy o dobrej izolacyjności przeciwwilgociowej zastosowanych materiałów.

Wzrost różnicy między wartością temperatury wewnątrz przegrody a temperaturą zewnętrzną powoduje spadek wartości temperatury wewnątrz przegrody.

Ponadto, rozpatrując różnicę temperatur, można zauważyć istotny wpływ poziomu wilgotności. Wzrost wilgotności wpływa na zwiększenie różnicy pomiędzy temperaturą wewnątrz przegrody oraz temperaturą zewnętrzną - korelacja między zmiennymi jest umiarkowana - na poziomie 0,62.

Wpływ prędkości wiatru na kształtowanie się temperatury w przegrodzie może być w znaczny sposób niwelowany przez gęstą zabudowę śródmiejską, w jakiej zlokalizowany jest obiekt będący przedmiotem analizy.

Izolacja termiczna o grubości 22 cm ze styropianu EPS zapewnia odpowiednią izolacyjność cieplną, a także w znacznym stopniu zapobiega przenikaniu przez przegrodę wiatru oraz wilgoci.

Wnioski

Przeprowadzona analiza wpływu czynników pogodowych na kształtowanie się temperatury w przegrodzie w okresie jesiennym pozwala stwierdzić, że:

- istnieje umiarkowana korelacja dodatnia pomiędzy temperaturą wewnątrz przegrody i temperaturą zewnętrzną,
- występuje niska ujemna zależność pomiędzy prędkością wiatru oraz temperaturą wewnątrz przegrody,
- poziom wilgotności zewnętrznej nie wpływa na kształtowanie się temperatury w przegrodzie, jednak występuje istotna korelacja pomiędzy różnicą temperatur w przegrodzie i na zewnątrz oraz poziomem wilgotności, wzrost poziomu wilgotności zwiększa różnicę temperatur,
- wzrost temperatury zewnętrznej powoduje wzrost temperatury na wewnętrznej powierzchni izolacji, jednak wzrost ten następuje z opóźnieniem czasowym rzędu kilkunastu minut.

Bibliografia

- Ahola, S. & Lahdensivu, J. (2017) *Long term monitoring of repaired external wall assembly*. 11th Nordic Symposium on Building Physics, NSB2017, 11-14 June, Trondheim, Norway.
- Dylla, A. (1985) *Fizyka budowli*. Bydgoszcz, Wydawnictwo ATR.
- Dylla, A. (2018) *Fizyka ciepłna budowli w praktyce. Obliczenia cieplno-wilgotnościowe*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Konga, Q., Hea, X., Caob, Y., Suna, Y., Chena, K. & Fenga, J. (2017) *Numerical Analysis of the Dynamic Heat Transfer through an External Wall under Different Outside Temperatures*, The 8th International Conference on Applied Energy - ICAE2016, Energy Procedia 105, 2818-2824.
- Marino, B.M., Muñoz, N. & Thomas, L.P. (2018) *Calculation of the external surface temperature of a multi-layer wall considering solar radiation effects*. Energy & Buildings, 174, 452-463.
- Pawłowski, K. (2013) *Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle nowych warunków technicznych dotyczących budynków*. Warszawa, Wydawnictwo Medium.
- PN-EN ISO 6944:2017 *Komponenty i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania*.
- Roupioz, L., Kastendeuch, P., Nerry, F., Colin, J., Najjar, G. & Luhache, R. (2018) *Description and assessment of the building surface temperature modelling in LASER/F*. Energy & Buildings, 173, 91-102.
- Stanisławek, J. (2010) *Podstawy statystyki*. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*.

Influence of weather conditions on temperature inside the wall

Abstract: This paper deals with the influence of outside temperature, outside humidity and wind speed to the temperature inside the wall. Data come from the sensors located in the wall and the weather station located on the roof of the building. September 2017 was the considered period. Analysis shows that there is a strong correlation between the outside temperature and the temperature inside the wall. The correlation between wind speed and the temperature inside the wall is poor, the same like the outside humidity.

Keywords: weather conditions, temperature inside the wall