

Jerzy MIKULIK, Grzegorz AUGUSTYN, Jakub JURASZ, Krzysztof JURCZYK, Tomasz KORBIEL, Marcin PAWLIK, Rafał RUMIN<sup>1</sup>

## **ANALIZA PROJEKTÓW ARCHITEKTONICZNYCH BUDYNKÓW UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ W KONTEKŚCIE PARAMETRÓW KOMFORTU TERMICZNEGO**

### **1. Wstęp**

Architekci realizując projekt budynku użyteczności publicznej bardzo często muszą podejmować wybór między projektem funkcjonalnym, a projektem zgodnym z wolą zamawiającego, czyli maksymalnie wykorzystującym wolną przestrzeń na potrzeby biurowe.

W efekcie spotykamy się z wieloma budynkami, których rozkład pomieszczeń i ich wyposażenie nie jest optymalne dla przebywających tam pracowników. Przykładowo, otwarte przestrzenie typu “open space” charakteryzują się dużą kubaturą, oraz stosunkowo małą przestrzenią przypadającą na pojedynczego pracownika. Ponadto w takich biurach nie ma możliwości zapewnienia dla każdego pracownika identycznych warunków środowiskowych, np. warunki umożliwiające dostęp do oświetlenia słonecznego, warunki ograniczonego hałasu, czy też prawidłowy komfort termiczny. Pomimo wykorzystywania przez administratorów budynków zaawansowanych systemów BMS, nie zawsze udaje się im zarządzać systemem HVAC w sposób optymalny dla przebywających tam ludzi, gdyż zależne jest to nie tylko od właściwego zaprojektowania przestrzeni, ale także od projektu i wykonania systemów HVAC. Dodatkowe kryterium optymalizacji, jakim jest ekonomiczne uzasadnienie wykorzystywania systemu klimatyzacji, często stoi w sprzeczności z komfortem termicznym pracowników. Wynika to z tego, że zużycie energii elektrycznej oraz cieplej wykorzystywanej na potrzeby utrzymania określonej w normach temperatury w budynkach użyteczności publicznej rośnie wraz z coraz silniej uwidaczniającymi się zmianami klimatu oraz występowaniem ekstremalnych zjawisk pogodowych. Jednocześnie utrzymywanie temperatury na zadanym poziomie niekoniecznie bezpośrednio przekłada się na odczuwany przez użytkowników komfort.

Z tego powodu podjęto się analizy pomieszczeń użyteczności publicznej w celu opracowania metodyki pomiaru parametrów do określania współczynnika komfortu wśród ludzi pracujących w budynku. Opracowana metodyka pomiaru umożliwi wyznaczenie rozkładu temperatury w pomieszczeniach biurowych przy wykorzystaniu na przykład kamer termowizyjnych, temperatury jako parametru mającego istotny wpływ na odczucie komfortu

---

<sup>1</sup> AGH w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

cieplnego. Docelowo pomiary te uzasadniają modyfikację sposobu planowania przestrzeni funkcjonalnych budynku, pomieszczeń i ich wyposażenia, lub pozwolą na wykorzystanie istniejącej infrastruktury HVAC [1] w celu osiągnięcia lepszych parametrów komfortu oraz przyniosą dodatkowe oszczędności administratorom biurowca.

## 2. Komfort cieplny a rozkład temperatury w pomieszczeniu

Komfort człowieka w pomieszczeniu to reakcja osoby na warunki panujące w danym otoczeniu. Na odczucie komfortu ma wpływ wiele czynników występujących w środowisku wewnętrznym, takich jak: temperatura powietrza i promieniowania przegród, jakość powietrza, oświetlenie, dźwięk (hałas).

Komfort coraz częściej przedstawia się za pomocą wskaźników, które bazują i wiążą ze sobą określone wielkości charakteryzujące dane otoczenie i warunki w nim panujące. Zarówno dźwięk, jak i hałas są wielkościami, które są mierzalne w sposób bezpośredni i jednoparametryczny. Natomiast jakość klimatu wymaga uwzględnienia i powiązania ze sobą wielu czynników oraz parametrów, aby uzyskać informację na temat tego jaki jest rzeczywisty komfort termiczny oraz jakość powietrza.

Zgodnie z normą [2] definicją komfortu termicznego jest „stan umysłu, który wyraża zadowolenie ze środowiska termicznego”. Stan ten jest następstwem równowagi między ilością ciepła wytworzonego w organizmie w wyniku przemian metabolicznych, a stratami ciepła z ciała do otaczającego środowiska [3]. Wewnątrz budynku przebywają osoby o różnym poziomie aktywności oraz są ubrane w różny rodzaj odzieży, znajdują się także w różnym stanie fizycznym oraz wieku. Czynniki te mogą mieć wpływ na odbiór i preferencje generowanego klimatu. Trudno jest jednocześnie zapewnić optymalne warunki termiczne dla wszystkich osób w pomieszczeniu. Jednakże, odpowiednio zaprojektowane systemy ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji mają za zadanie stworzyć optymalne warunki termiczne, które przez większość użytkowników będą odczuwane jako komfortowe [4].

Czynnikami, które mają wpływ na odczucie komfortu cieplnego są:

- czynniki środowiskowe takie jak: temperatura powietrza, prędkość powietrza, wilgotność powietrza i temperatura promieniowania powierzchni oraz asymetria pionowego rozkładu temperatury w pomieszczeniu,
- czynniki indywidualne takie jak: metabolizm, aklimatyzacja oraz izolacyjność cieplna odzieży.

Podstawowymi i najczęściej stosowanymi wskaźnikami do oceny umiarkowanego środowiska pracy są: PMV (ang.: *Predicted Mean Vote*) – przewidywana średnia ocena komfortu cieplnego oraz PPD (ang.: *Predicted Percentage of Dissatisfied*) – przewidywany odsetek ludzi niezadowolonych. Wskaźniki te zostały wprowadzone na podstawie rozważań modelu komfortu cieplnego wprowadzonych przez Fanger [5], a ich wyznaczanie podane jest w normie PN-EN ISO 7730:2006(U) [6]. Stanowią one szybką i prostą metodę do oceny komfortu cieplnego. Model Fanger to zależność wiążąca czynniki środowiskowe i indywidualne, których kombinacja pozwala osiągnąć zakładaną równowagę pomiędzy

stanem termicznym organizmu, a klimatem termicznym środowiska. Przyjmuje on ogólną postać:

$$f\left(\frac{Q}{A_{DU}}, A_{cl}, t_w, t_{mr}, p_w, v\right) = 0 \quad (1)$$

gdzie:

$A_{cl}$  – opór przewodzenia ciepła odzieży,

$\frac{Q}{A_{DU}}$  – ilość ciepła wytwarzanego przez organizm (wydatek energetyczny),

$t_w$  - temperatura powietrza,

$t_{mr}$  – średnia temperatura promieniowania,

$p_w$  – ciśnienie cząstkowe pary wodnej w otaczającym powietrzu,

$v$  - względna prędkość przepływu powietrza.

Równanie komfortu cieplnego pozwala na obliczenie dowolnego rodzaju odzieży (clo) i dowolnego wydatku energetycznego dla wszystkich kombinacje temperatury i wilgotności powietrza, średniej temperatury promieniowania oraz względnej prędkości przepływu powietrza, które będą tworzyć optymalny komfort cieplny dla ludzi znajdujących się w ustalonych warunkach cieplnych. Komfort cieplny uzyskujemy wtedy kiedy wszystkie zależności osiągają wartość 0, która mówi o tym, że zachowany jest balans termiczny pomiędzy komfortem termicznym danej osoby, a otoczeniem.

Zakłada się, że w danym środowisku, w którym zainstalowano systemy wentylacji mechanicznej, klimatyzacji i ogrzewania, jest możliwość regulacji czynników środowiskowych, a w szczególności parametrów powietrza w postaci temperatury, wilgotności względnej, prędkości przepływu, ilości wymian powietrza celem utrzymania właściwego poziomu stężenia dwutlenku węgla. W przypadku czynników indywidualnych taka możliwość jest znacznie ograniczona, o ile w ogóle możliwa, jeśli założymy, że w danym środowisku populacja wykonuje określoną pracę w zdefiniowany sposób.

Systemy regulacji komfortu mają za zadanie w pierwszej kolejności zapewnić właściwą temperaturę powietrza, która stanowi czynnik kluczowy do zapewnienia właściwego komfortu termicznego [7, 8]. Na podstawie pomiaru temperatury powietrza oraz – rzadziej – pomiaru stężenia dwutlenku, są projektowane i wykonywane systemy regulacji parametrów termicznych i jakości powietrza w środowisku wewnętrznym budynku.

Systemy te, jak i komfort termiczny, który ma, według powyższych rozważań, największy wpływ na poczucie komfortu osobistego [9], bazują na postrzeganiu środowiska opisanego parametrami uśrednionymi na całej jego powierzchni przyjmując jednopunktowy pomiar temperatury i dwutlenku węgla oraz wilgotności dla całego pomieszczenia. Natomiast nie są brane pod uwagę przy wyznaczaniu wskaźników komfortu termicznego rozkłady poziome czynników środowiskowych. Uwzględnienie tego typu rozkładów – jak wykażemy w kolejnych częściach artykułu – może i powinno prowadzić do bardziej precyzyjnego projektowania funkcjonalnego układu pomieszczeń i rozmieszczenia stanowisk pracy,

w świetle zaprojektowanych i dobranych dla danego pomieszczenia systemów regulacji parametrów komfortu cieplnego.

### 3. Pomiary rozkładu temperatury na przykładzie sali audytoryjnej

Pomiar komfortu w pomieszczeniach biurowych wymaga zastosowania dedykowanego sprzętu w postaci Miernika Mikroklimatu (np. MM-01) [10]. Pomiar ten uwzględnia m.in.: prędkości powietrza, zawartość CO<sub>2</sub>, wilgotność względną powietrza, temperaturę promieniowania cieplnego, temperaturę powietrza, oraz dodatkowe parametry (np. rodzaj aktywności fizycznej człowieka, izolacyjność odzieży) na bazie których wyznaczany jest wskaźnik klimatu umiarkowanego PMV (zgodnie z normą PN-85/N-08013). Normy PN-EN 15251, PN-EN ISO 7730 i ASHRAE 55 określają reprezentatywną przestrzeń wewnątrz pomieszczenia, w której należy wykonać pomiary. Zgodnie z PN-EN 15251 dopuszcza się pomiar temperatury powietrza z pominięciem pozostałych parametrów, gdy pomiar jest długoterminowy, a temperatura promieniowania może zostać oszacowana [11]. Ponadto analizując zmienne fizyczne jakie są mierzone, można stwierdzić, że jednym z istotnych parametrów komfortu jaki ulega dużym wahaniom w pomieszczeniach biurowych jest temperatura powietrza. Przyjmując taką tezę oraz zakładając, że pomiar miernikiem mikroklimatu jest jednopunktowy w danym czasie, to należy dokonać wielopunktowego pomiaru temperatury i jednoczesnego w stanie ustalonym, aby wyznaczyć jej właściwy rozkład, a tym samym określić wpływ warunków temperatury, przy założeniu stałości pozostałych parametrów na rozkład komfortu cieplnego w badanym pomieszczeniu. Z tego powodu należy zastosować metodę wielopunktowego pomiaru temperatury powietrza, polegającej przykładowo na wykorzystaniu kart pomiarowych, których temperatura była mierzona za pomocą kamery termowizyjnej [12] co może być zrealizowane, szczególnie w zastosowaniu do badań budynków i pomieszczeń [13, 14]. Docelowo zrealizowano także pomiary przy pomocy Miernika Mikroklimatu zgodnie z normą PN-EN ISO 7726, która zawiera zestawienie wymagań stawianych przyrządom pomiarowym.



Rys.1. Miernik Mikroklimatu EHA MM101 wykorzystany do pomiarów weryfikacyjnych  
Fig.1. Environment Measurment Device EHA MM101 which was used for measurement results verification

Źródło: Opracowanie własne

W związku z powyższym, pomiary temperatury zostały wykonane kamerą termowizyjną Flir i7, której zakres pomiarowy wynosi od  $-20$  do  $+250^{\circ}\text{C}$ , natomiast dokładność pomiarowa  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Parametry przyrządu pomiarowego spełniają wymogi norm PN-ISO 7726:2001 oraz ASHRAE 55:1992, natomiast dokładność pomiarowa jest wystarczająca – minimalna różnica temperatury wykrywana przez człowieka jest szacowana na  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Przyjęty zakres pomiarowy określono zatem na  $0-40^{\circ}\text{C}$ , natomiast wymaganą dokładność pomiaru na  $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$  [15].



Rys. 2. Kamera termowizyjna Flir i7 wykorzystana do pomiarów  
Fig. 2. Thermal imaging camera Flir i7 used for temperature measurements  
Źródło: [15]

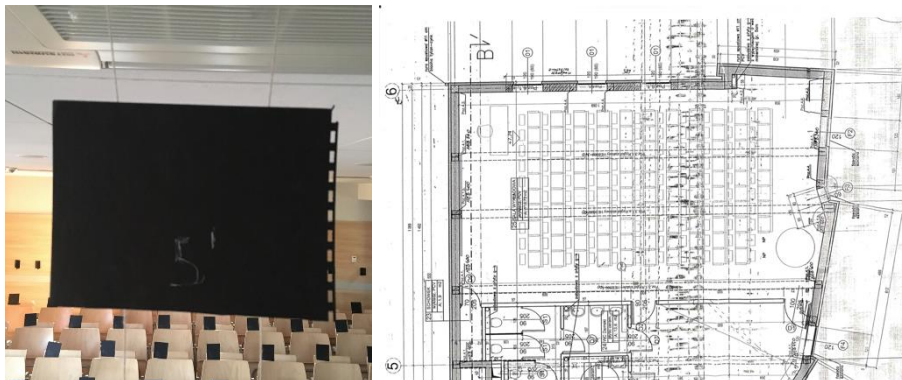
Badania były przeprowadzone w różnych warunkach ustabilizowanych tzn. pomiar w trakcie pracy klimatyzacji, trybie ogrzewania i przy otwartych oknach. Założono, że sala wykładowa spełnia wymogi ergonomiczne pod względem badanych parametrów. Dokonano pomiaru temperatury czarnych matowych kart rozłożonych równomiernie na sali dydaktycznej. Karty umieszczono na wysokości 1,2 m, gdzie zostały przytwierdzone do oparcia krzeseł, oraz przytwierdzone do wszystkich przegród dookoła sali (drzwi, okna, ściany).

Dane geometryczne modelu wykorzystanego do badania przedstawiono w postaci planu budowlanego pomieszczenia wraz z wymiarami. Docelowo geometria pomieszczenia będzie zaprojektowana w oprogramowaniu CAD (np. SolidWorks, Inventor, AutoCad, itp.), aby móc wykonać analizy przepływowe CFD rozkładu temperatur i przepływu powietrza.



Rys. 3. Zdjęcie pomieszczenia w którym realizowano pomiar przy pomocy kart pomiarowych i kamery termowizyjnej  
Fig. 3. Picture of the auditory room where the measurements were taken with use of thermal imaging camera and measurement charts  
Źródło: opracowanie własne

Plan pomieszczenia oraz zdjęcie karty pomiarowej pokazano na Rys.4.



Rys. 4. Zdjęcie karty pomiarowej oraz plan sali w oparciu o który opracowano rozkład kart pomiarowych w punktach pomiarowych sali wykładowej

Fig. 4. Picture of the measurement chart and auditory room layout as the base for measurement chart grid

Źródło: Opracowanie własne

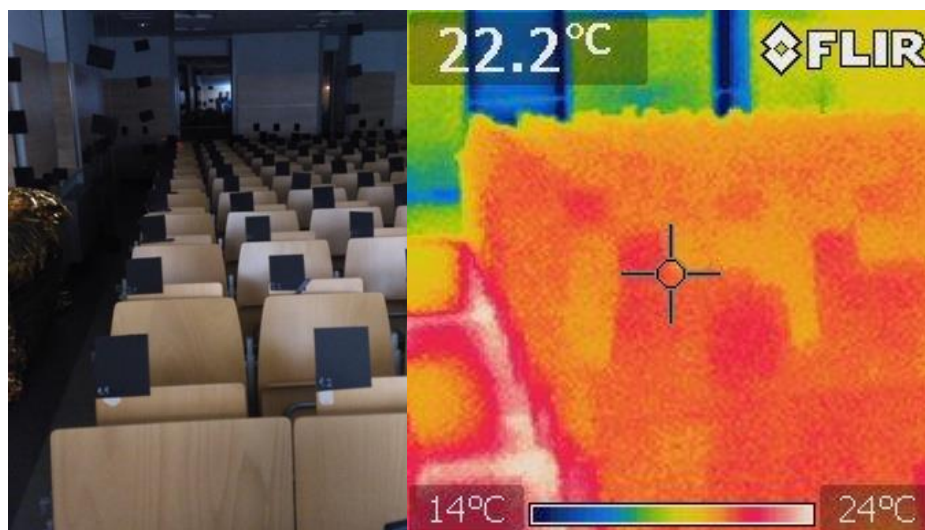
Karty pomiarowe zainstalowano wewnątrz sali w ustalonych punktach. Karty zostały przyklejone do oparcie krzeseł znajdujących się na sali na wysokości ok. 120cm od podłogi.

Karty umieszczono także na obwodzie sali na ścianach na wysokości ok. 120cm. Karty zgięto w połowie pod kątem 90 stopni. Jedna powierzchnia przyklejona była do ściany, a druga stanowi powierzchnie pomiarową prostopadle ustawioną do ściany. Umożliwia to pomiar tzw. temperatury warstwy przyściennej. W ten sam sposób jak opisano powyżej, zrealizowano pomiar na oknach i drzwiach.

W celu pomiaru pionowego rozkładu temperatury przygotowano zestaw kart pomiarowych połączonych linką podtrzymującą. Odległość poszczególnych kart od siebie jest stała. Linki podczepiono do punktów na suficie (np. kratka wentylacyjna). Karty umieszczono pod kratkami wentylacyjnymi oraz pod wylotem z układu klimatyzacji. Dodatkowo umieszczono karty zawieszono w okolicy tablicy – w oddaleniu od wlotów/wylotów powietrza. Mierzono także karty leżące na podłodze.

Pomiar rozkładu temperatury odbył się po ustabilizowaniu stanu sali wykładowej bez obecności osób. W następstwie tego wdrożono i przeprowadzono dodatkowo scenariusze z włączonym ogrzewaniem grzejnikowym, otwartym oknem oraz włączoną wentylacją. Dokonano też pomiaru rozkładu temperatur od źródeł ciepła i chłodu.

Poniżej przedstawiono zdjęcia z realizacji pomiarów. Pomiary realizowano dla różnych punktów pomiarowych. Zdjęcia przedstawiają widok na obiekt rzeczywisty oraz odpowiadające mu zdjęcie z kamery termowizyjnej realizującej pomiar.



Rys.5. Zdjęcie poglądowe sali z rozłożonymi kartami pomiarowymi, wraz z odpowiadającym mu zdjęciem pomiarowym z kamery termowizyjnej

Fig. 5. Picture of auditorium room with measurement charts and corresponding picture from thermal imaging camera

Źródło: Opracowanie własne

#### 4. Wyniki pomiarów i wnioski

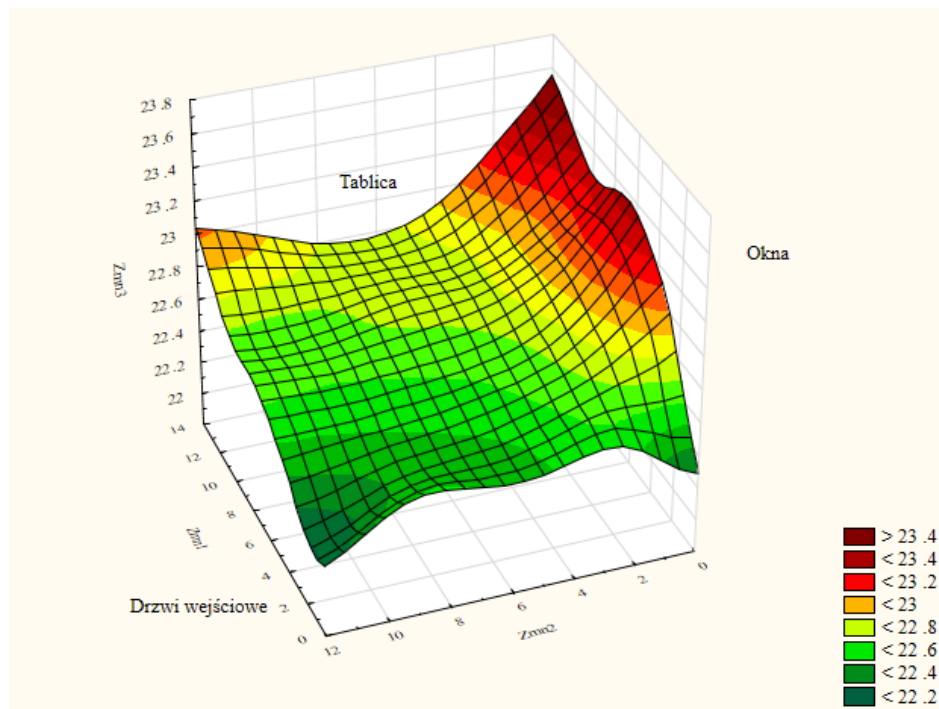
Wyniki przeprowadzonych pomiarów w zdefiniowanych uprzednio punktach pomiarowych na przestrzeni całej sali przedstawione są w Tab.1 oraz na Rys.6.

Tabela 1

Rozkład temperatur w pomieszczeniu ustabilizowanym

Temp [C]	Kolumna									
Rząd	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12		22,9	22,9	22,5	22,5	22,5	22,4	22,7	22,7	
11	22,8	22,6	22,6	22,5	22,4	22,4	22,4	22,4	22,2	22,1
10	23,1	22,8	22,7	22,7	22,6	22,4	22,5	22,5	22,6	22,4
9	22,9	22,8	22,6	22,6	22,7	22,6	22,5	22,5	22,5	22,5
8	23,3	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	22,5	22,5	22,6	22,5
7	23,1	22,8	22,6	22,5	22,4	22,5	22,7	22,5	22,4	22,5
6	23,4	23	22,8	22,8	22,8	22,6	22,7	22,9	22,7	22,8
5	23,2	22,7	22,9	22,8	22,6	22,7	22,5	22,5	22,4	22,6
4	23	23,1	23,1	22,6	22,9	22,9	23,1	23	22,8	22,8
3	22,8	22,9	22,6	22,8	22,7	22,8	22,6	22,4	22,3	22,3
2	23,2	22,9	22,6	22,6	22,6	22,9	23	22,8	22,9	22,8
1	23,3	23,2	22,9	22,9	22,7	22,7	22,8	22,6	22,8	22,9

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 6. Rozkład temperatur wewnątrz sali w warunkach ustabilizowanych

Fig. 6. Temperature 3D layout in the room

Źródło: opracowanie własne

Przeprowadzone pomiary pokazują, że rozkład temperatury jest nierównomierny na przestrzeni całego pomieszczenia. Różnice znacznie przekraczają 0,5 stopnia Celsjusza, czyli oznacz to, że dana osoba może, w zależności od tego, w którym miejscu się znajdzie, różnie odczuwać komfort termiczny. Należy zwrócić uwagę, że pomiar temperatury w pomieszczeniu dokonywany przez system zarządzania budynkiem dokonywany jest – wzorem innych podobnych przestrzeni – jednopunktowo [16]. Tym samym nie ma możliwości zapewnienia wystarczających danych do poprawnego zaplanowania przestrzeni pod kątem właściwego komfortu. Natomiast rozkład temperatur pokazuje, że kształtowanie przestrzeni komfortu może odbywać się nie tylko za pomocą systemów technicznych, ale również poprzez analizę architektoniczną z uwzględnieniem możliwych nierównomierności rozkładu. Mając to na uwadze, można tak kształtować rozkład stanowisk pracy w pomieszczeniu, aby przy danych warunkach termicznych zapewnić jednorodny komfort określonej grupie populacji na danej powierzchni.

Przeprowadzone badania i symulacje docelowo mają pozwolić na określenie minimalnej liczby czujników jakie mogą być wykorzystane do bieżącego pomiaru parametrów komfortu, tak aby reprezentatywnie wyznaczać mapy komfortu zarówno dla istniejących pomieszczeń, jak i dopiero projektowanych. W tym mogą pomóc analizy charakterystyki cieplnej źródeł ciepła i chłodu w pomieszczeniu. W efekcie powinno to prowadzić do uzyskania metodyki projektowania poprzez analizę architektury pomieszczenia i planowania miejsc i stanowisk pracy ze względu na osiągnięcie komfortu termicznego, a tym samym optymalnego projektowania architektonicznego ze względu na warunki pracy. Bazując na podanej powyżej



definicji komfortu termicznego, możliwe będzie wyznaczenie powierzchni komfortu termicznego w danym pomieszczeniu, a tym samym zdefiniowanie stref, które będą odznaczały się dużym prawdopodobieństwem dyskomfortu dla pracujących w tym obszarze osób. Pozwoli to na zastosowanie algorytmów planowania przestrzeni i sterowania systemami HVAC w taki sposób aby funkcją celu była maksymalizacja powierzchni komfortu termicznego.

## 5. Podsumowanie

Kontekst parametrów komfortu termicznego rozważanego jako rozkład na powierzchni zaprojektowanego pomieszczenia wraz z jego funkcjami użytkowymi stanowi istotny przyczynek do metodyki przygotowywania i analizy projektów architektonicznych. Szczególnie w pomieszczeniach biurowych i obecnym trendzie, pokazującym rynek budynków biurowych, jako obszar inteligentnego budynku i rynku najemcy, należy zwrócić szczególną uwagę na zapewnienie właściwego komfortu pracownikom przebywającym w danej przestrzeni. Ma to wpływ na ich efektywność i komfort pracy, pomagając w optymalnym wykorzystaniu ich zasobów. Ceny wynajmu coraz częściej związane są z tym, że zarządca budynku jest w stanie tak ukształtować przestrzeń na bazie danej architektury, aby najemca był w stanie maksymalnie komfortowo pracować w konkretnym obszarze.

Wprowadza to nową jakość i parametry w projektowaniu przestrzeni biurowych, aby nie tylko uwzględniać wymaganą przestrzeń do pracy wyrażoną w [m<sup>2</sup>] przypadającą na stanowisko pracy, ale także globalny ich układ, który jest wynikiem analizy architektury pomieszczenia, systemów technicznych i rozkładu temperatury, który ma bezpośredni wpływ na odczuwany komfort termiczny.

## BIBLIOGRAFIA

1. Hendinger J., Ziętek P., Chludzińska M.: Wentylacja i Klimatyzacja. Materiały pomocnicze do projektowania. Warszawa, Venture Industries, 2011.
2. PN-EN ISO 7730:2006(U): Ergonomia. Środowisko termicznie umiarkowane. Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów lokalnego komfortu termicznego
3. Olesen, Bjarne W.: The New ASHRAE Standard 55. ASHRAE – 2004, Volume August, pp. 21-28.
4. Sudoł-Szopińska I., Bogdan A.: Określanie warunków komfortu termicznego za pomocą wskaźników PMV i PPD. Bezpieczeństwo pracy. 5/2007.
5. Fanger, P.O: Komfort cieplny. Arkady, 1974.
6. (U):, PN-ISO 7730:2002. Ergonomia. Środowisko termicznie umiarkowane. Określanie wskaźników PMV, PPD i wymagań dotyczących komfortu termicznego.
7. Hampreys M.A., Nicol J.F.: Understanding the Adaptive Approach of Thermal Comfort. ASHRAE Transactions, 1998, Part 1B, s. 991.

8. Kabza Z.: Pomiary parametrów termoenergetycznych i środowiskowych. Politechnika Częstochowska.
9. de Dear R.J., Brager G.S.: Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and. ASHRAE Transactions, V. 104, P.1A, 1998, s. 145.
10. Kielbasa P., & Budyn, P.: Ergonomiczna ocena komfortu cieplnego w hali udojowej fermy krów mlecznych. Inżynieria Rolnicza, 2008, s.12, 105-113.
11. Kaczmarczyk, J.: Metody badania i oceny środowiska cieplnego pomieszczeń. Zeszyty Naukowe. Architektura/Politechnika Śląska, 2008, s. 89-100.
12. Silva, C. A., Hannay, J., Lebrun, J., Adam, C., Andre, P., & Lacote, P.: Temperature Sensors in HVAC systems, 2005.
13. Pešek, M., & Pavelek, M.: Measurement of temperature fields in 3D airflows using an infrared camera. Engineering MECHANICS, 20(3/4), 2013, s.327-335.
14. Haglund, J., Jeppsson, F., Hedberg, D., & Schönborn, K. J.: Thermal cameras in school laboratory activities. Physics Education, 50(4), 2015, s.424.
15. Katalogi firmy FLIR Systems: <https://www.omega.com/manuals/manualpdf/M5150.pdf> [Dostęp: 15.02.2017].
16. Chojnacka, M. Chłudzińska.: Wentylacja indywidualna jako rozwiązanie komfortu w pomieszczeniach biurowych. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 9/2007.

Artykuł opracowano w ramach projektu NCBiR nr POIR.01.01.-00-2008/15 pt.: „oBEMS (*Office Building Energy Management System*) inteligentna nakładka sprzętowo-programowa na systemy automatyki budynków biurowych, nowa metoda zarządzania komfortem oraz energią elektryczną, ciepłem optymalizująca na bieżąco wentylację, ogrzewanie, chłodzenie (HVAC) z wykorzystaniem multisensorycznej mapy komfortu”.

# ANALIZA PROJEKTÓW ARCHITEKTONICZNYCH BUDYNKÓW UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ W KONTEKŚCIE PARAMETRÓW KOMFORTU TERMICZNEGO

## Streszczenie

Architekci realizując projekt budynku użyteczności publicznej bardzo często muszą podejmować wybór między projektem funkcjonalnym, a projektem zgodnym z wolą zamawiającego – czyli maksymalnie wykorzystującym wolną przestrzeń na potrzeby biurowe. W efekcie spotykamy się z wieloma budynkami, których rozkład pomieszczeń i ich wyposażenie nie jest optymalne dla przebywających tam pracowników. Przykładowo, otwarte przestrzenie typu “open space” charakteryzują się dużą kubaturą, oraz stosunkowo małą przestrzenią przypadającą na pojedynczego pracownika. Ponadto w takich biurach nie ma możliwości zapewnienia dla każdego pracownika identycznych warunków środowiskowych, np. warunki umożliwiające dostęp do oświetlenia słonecznego, warunki ograniczonego hałasu, czy też prawidłowego komfortu termicznego. Pomimo wykorzystywania przez administratorów budynków zaawansowanych systemów BMS, nie zawsze udaje się im zarządzać systemem ogrzewania/HVAC w sposób optymalny dla przebywających tam ludzi. Dodatkowe kryterium optymalizacji, jakim jest ekonomiczne uzasadnienie wykorzystywania systemu klimatyzacji, często stoi w sprzeczności z komfortem termicznym pracowników. Wynika to z tego, że zużycie energii elektrycznej oraz cieplnej wykorzystywanej na potrzeby utrzymania określonej w normach temperatury w budynkach użyteczności publicznej rośnie wraz coraz silniej uwidaczniającymi się zmianami klimatu oraz występowaniem ekstremalnych zjawisk pogodowych. Jednocześnie utrzymywanie temperatury na zadanym poziomie niekoniecznie bezpośrednio przekłada się na odczuwany przez użytkowników komfort. Z tego powodu podjęto się analizy pomieszczeń użyteczności publicznej w celu opracowania metodologii pomiaru parametrów do określania współczynnika komfortu wśród ludzi pracujących w budynku. Opracowana metodologia pomiaru umożliwi wyznaczenie temperatury pomieszczeń biurowych przy wykorzystaniu m.in. kamer termowizyjnych. Docelowo pomiary te uzasadniają modyfikację planów budynku, pomieszczeń i ich wyposażenia, lub pozwolą na wykorzystanie istniejącej infrastruktury ogrzewania/HVAC w celu osiągnięcia lepszych parametrów komfortu oraz przyniosą dodatkowe oszczędności administratorom biurowca.

## PUBLIC UTILITY BUILDINGS ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTIONAL DESIGN APPRISAL IN THE CONTEXT OF THE THERMAL COMFORT PARAMETERS

### Summary

Whilst creating an architectural project of a public utility building designers/architects very often have to make a tradeoff between utilitarian and required by a customer design. In majority of cases a project ordered by customer will aim at maximizing the usage of available space for office purposes. In consequence, more and more often we encounter designs in which the layout of rooms and their equipment is not optimal/appropriate for occupying those people. For example, the so called *open spaces* are characterized by a relatively large cubic capacity and small space per individual worker. What is more in such confined spaces it is not

possible to ensure that all workers are operating in the exactly the same environment conditions or ones that are satisfactory for them. By environment conditions/parameters one should understand adequate illumination, limited noise or proper thermal comfort. Despite using by facility managers sophisticated and advanced Building Managements Systems (BMS) it is not always possible to control the heating, ventilation and air conditioning (HVAC) systems in a manner which will satisfy the needs of all tenants. An additional criterion of optimization in form of an economic use of air conditioning is often contradictory with the thermal comfort of workers. It results from the fact that the electric and heat energy used to maintain specified in norms temperature increases along with more and more visible climate changes and occurrence of extreme weather phenomena. Simultaneously, maintaining temperature at given level not necessarily translates into the perceived by occupants thermal comfort. Therefore the aim of this paper is to develop a method for measuring parameters used to determine the thermal comfort in confined spaces. The proposed approach enables calculating the thermal comfort index by using *inter alia* thermal imaging. Ultimately, the goal of those measurements is to suggest potential modification of building plans or space utilization and equipment in order to maximize the perceived comfort and decrease the energy usage.