

DARIUSZ MASŁY*

WPŁYW NOWYCH TECHNOLOGII NA SPRAWNOŚĆ
DZIAŁANIA INTELIGENTNEGO BIUROWCA
ZRÓWNOWAŻONEGONEW TECHNOLOGIES AND THE PERFORMANCE
OF AN INTELLIGENT SUSTAINABLE OFFICE BUILDING

Streszczenie

Obecnie o jakości inteligentnego, zrównoważonego budynku biurowego decyduje głównie wpływ sprawności działania inteligentnych rozwiązań technicznych na jakość środowiska wewnętrznego i komfort odczuwany przez jego użytkowników. Od końca XX wieku obserwujemy falę realizacji biurowców, w których wraca się do wentylacji naturalnej w połączeniu ze wspomagającą ją wentylacją mechaniczną. Takie systemy hybrydowe nie tylko znacznie obniżają zużycie energii, lecz w dużym stopniu podnoszą komfort odczuwany przez użytkowników. W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia sprawności działania inteligentnego, zrównoważonego biurowca, kładąc nacisk na nowatorskie rozwiązania techniczne.

Słowa kluczowe: inteligentny biurowiec zrównoważony, jakość środowiska wewnętrznego

Abstract

Nowadays the high performance of an intelligent sustainable office building results mainly from the performance of automated intelligent systems that control the quality of indoor environment and occupant comfort provision. Since the end of the twentieth century we have been witnessing a great number of office buildings being constructed that are naturally ventilated for even six months per year. The natural ventilation is supported by mechanical ventilation systems. Such hybrid systems integrating natural ventilation and mechanical ventilation not only are a means of conserving energy, but considerably increase occupant comfort. The author presents selected issues of the performance of intelligent sustainable buildings focusing on innovative building systems.

Keywords: intelligent sustainable office building, indoor environment quality

* Dr inż. arch Dariusz Masły, Katedra Strategii Projektowania i Nowych Technologii w Architekturze, Wydział Architektury, Politechnika Śląska.

1. Wstęp

Podczas projektowania współczesnego, inteligentnego, zrównoważonego biurowca szczególną uwagę poświęca się jakości środowiska wewnętrznego, gdyż to właśnie ona wpływa w najwyższym stopniu na efektywność, zadowolenie i komfort pracujących w budynku osób [7, 8]. Biurowiec może wspomagać aktywności zasiedlających go organizacji, może jednak również je utrudniać, przyczyniając się do wystąpienia lub wzrostu liczby zachorowań wśród osób go użytkujących i w efekcie obniżając wydajność firm mających w tym budynku swoje siedziby. Najnowsze badania pokazują, że jednym z najczęściej występujących problemów w użytkowanych biurowcach jest niska jakość środowiska wewnętrznego wynikająca z niewłaściwej temperatury, wilgotności powietrza, nadmiernego lub braku ruchu powietrza, a także z nieprawidłowego oświetlenia miejsca pracy i hałasu.

Szklane, szczelne wysokościewce, których przestrzeń wewnętrzna jest klimatyzowana, a pracownicy nie mają wpływu na parametry środowiska wewnętrznego w najbliższym otoczeniu ich miejsca pracy są budynkami z innej epoki, głuchymi na idee rozwoju zrównoważonego, a jakość ich środowiska wewnętrznego pozostawia wiele do życzenia. Obiekty te zaczęły być utożsamiane z odkrytym zespołem złego budownictwa (*sick building syndrome*), odpowiedzialnym za znaczne obniżenie wydajności i efektywności pracowników biurowych.

Dlatego od końca XX wieku obserwujemy, szczególnie w Europie Północnej, falę realizacji, w których wraca się do wentylacji naturalnej w połączeniu ze wspomagającą ją wentylacją mechaniczną. Takie systemy hybrydowe nie tylko znacznie obniżają zużycie energii, lecz w dużym stopniu podnoszą komfort odczuwany przez użytkowników [9]. „Inteligencja” systemów budynkowych, czyli automatycznie sterowane, zintegrowane systemy instalacji w budynku stały się nieodłącznym elementem nowoczesnych biurowców, gdyż stanowią nieocenioną pomoc w procesie kształtowania właściwych warunków środowiska wewnętrznego odczuwanych przez jego użytkowników. Ponadto inwestorzy na całym świecie są przekonani, że jedynie budynek inteligentny może być obiektem zaawansowanym technologicznie, elastycznym, łatwym w obsłudze i wygodnym dla użytkowników, umożliwiającym redukcję kosztów eksploatacyjnych i użytkowania przestrzeni budynku.

2. Komfort odczuwany przez użytkowników

Podczas projektowania nowoczesnych budynków biurowych, poza technicznymi, obiektywnymi aspektami, należy uwzględniać również aspekty subiektywne, jakim jest komfort odczuwany przez użytkowników. Odczucia użytkowników często nie są zgodne ze wskazaniami systemów instalacji budynkowych, odpowiadającymi wymogom komfortu w rozumieniu norm. Komfort odczuwany przez użytkownika nie przekłada się bezpośrednio na fizyczne właściwości środowiska wewnętrznego. Należałoby go raczej postrzegać w kategoriach indywidualnego ustosunkowywania się, kształtowanego zarówno przez własne potrzeby, jak i kulturowe wzorce, do warunków otoczenia [3]. Baker i Steemers pisząc o komforcie, podkreślają, że zapewnienie normowych zakresów parametrów powietrza dla środowiska optymalnego, jak temperatury czy wilgotności względnej, nie jest równoważne stworzeniu komfortowych warunków środowiska wewnętrznego (w normie PN-78/B-03421 wyznaczono następujące zakresy parametrów powietrza dla środowiska optymalnego: temperatura: 23–26°C latem, 20–22°C zimą; wilgotność względna latem: 40–55%; maksymal-

na prędkość: 0,3 m/s latem, 0,2 m/s zimą). Ich zdaniem zagadnienie komfortu odczuwanego przez użytkowników należy rozpatrywać w wymiarze holistycznym. Jest on pochodną wzajemnego oddziaływania wielu właściwości środowiska wewnętrznego, zróżnicowania i możliwości wariantowania parametrów tegoż środowiska w danej przestrzeni, a także umożliwienia użytkownikom wpływania na to zróżnicowanie i wybierania najwłaściwszego dla nich w danym momencie wariantu [1].

Powyżej została podkreślona potrzeba zapewnienia w nowoczesnym biurze możliwości zróżnicowania właściwości środowiska wewnętrznego, elastycznego sterowania nimi i przede wszystkim konieczność przekazania kontroli nad parametrami środowiska wewnętrznego w ręce użytkowników. Coraz częściej powstają inteligentne biurowce zrównoważone, w których zastosowano pasywne systemy pozyskiwania i zarządzania energią, umożliwiające utrzymanie jakości środowiska wewnętrznego na akceptowalnym przez użytkowników poziomie. W obiektach tych najczęściej wprowadza się możliwość sterowania, czy to przez systemy automatyzacji budynku, czy przez użytkownika, następującymi czynnikami wpływającymi na właściwości środowiska wewnętrznego [3]:

- oświetleniem (dzięki rozwiązaniom chroniącym przed nadmiarem promieniowania słonecznego, jak żaluzje, ekrany przeciwsłoneczne, rolety, oraz wyłącznikom światła elektrycznego, rozszerzonym o funkcję regulowania natężenia oświetlenia);
- temperaturą (dzięki otwieranym oknom, rozwiązaniom chroniącym przed nadmiarem promieniowania słonecznego i grzejnikom z termostatami);
- wentylacją (dzięki otwieranym oknom i systemowi wentylacji mechanicznej);
- natężeniem hałasu i stopniem prywatności (dzięki otwieranym oknom, ścianom działowym i przegrodom akustycznym oraz emiterom białego szumu, wykorzystywanym do zagłuszania dźwięków będących potencjalnymi czynnikami rozpraszającymi w trakcie wykonywania pracy).

3. Szczelne, klimatyzowane wieże biurowe a jakość środowiska wewnętrznego

Na świecie nadal powstają głównie szczelne, klimatyzowane budynki biurowe charakteryzujące się dużą bezwładnością, biorąc pod uwagę parametry środowiska wewnętrznego. Można powiedzieć, że dotyczy to znacznej większości biurowców [2]. Wprowadzane w nich systemy instalacyjne, głównie HVAC, najczęściej są sterowane centralnie, nie pozwalając użytkownikom na dostosowywanie parametrów powietrza wewnętrznego. Systemy te sprawują całkowitą, nienaruszalną kontrolę nad klimatem wewnętrznym. Alternatywą dla takiego podejścia jest dążenie do wdrożenia rozwiązań technicznych pozwalających na różnicowanie klimatu wewnętrznego: w czasie, dla różnorodnych stref funkcjonalnych, czy nawet dla fragmentów tych stref [3]. Wyniki badań pokazują, że jest to kluczowy problem do rozwiązania dla projektantów, jeżeli jakość środowiska wewnętrznego w przyszłych biurowcach ma zdecydowanie się poprawić. Obecnie użytkownicy są w wysokim stopniu niezadowoleni z warunków środowiska wewnętrznego.

Opublikowane w 1987 roku wyniki badań przeprowadzonych w brytyjskich biurowcach pokazały, że najniższa jakość środowiska wewnętrznego występowała w budynkach klimatyzowanych i szczelnych, wznoszonych masowo w latach 70. XX wieku. Ponadto, na jakość środowiska wewnętrznego nie miał wpływu wiek budynku. Pięć biurowców najwyżej ocenionych w trakcie badań, zostało wzniesionych w latach 20., 50., 60. i 80. XX wieku.

O wysokiej jakości przesądzały takie rozwiązania techniczne, jak: brak klimatyzacji i nawilzaczy, wentylacja mechaniczna lub naturalna, wentylacja wyporowa oraz otwierane okna [10].

Liczne badania POE wykazały, że użytkownicy, którzy nie mają możliwości indywidualnego modyfikowania parametrów środowiska wewnętrznego są dwukrotnie bardziej wrażliwi na zmiany temperatury w najbliższym otoczeniu, niż pracownicy mający wpływ na temperaturę powietrza wewnętrznego. Wynika z tego, że oddanie kontroli nad warunkami środowiska wewnętrznego użytkownikom zwiększa ich tolerancję na wahania temperatury, dzięki czemu ułatwia zapewnienie im komfortowych warunków [4, 2].

Wyniki innego projektu badawczego RP-884 nadzorowanego przez ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air – Conditioning Engineers), w ramach którego przeanalizowano 160 biur zlokalizowanych w różnorodnych strefach klimatycznych 4 kontynentów, pokazały, że użytkownicy preferują środowisko wewnętrzne naturalnie wentylowane. W budynkach, gdzie zastosowano naturalną wentylację ludzie samodzielnie kontrolowali warunki środowiska wewnętrznego, sposób ubierania dostosowywali do pogody i co najistotniejsze, mając możliwość modyfikowania parametrów środowiska wewnętrznego, wykazywali większą tolerancję wobec jakości powietrza wewnętrznego. Natomiast użytkownicy klimatyzowanych budynków byli mniej tolerancyjni wobec wahań temperatury. Wiązano to z brakiem możliwości wpływania na warunki środowiska wewnętrznego i brakiem odczuwania warunków panujących na zewnątrz [6].

4. Nowe technologie w budynku biurowym

Wyniki badań przeprowadzonych w biurach w ostatnich latach w sposób jednoznaczny pokazują, że zapewnienie wysokiej jakości środowiska wewnętrznego powinno stać się nadrzędnym celem podczas projektowania tego typu budynków i dodatkowo, że zapewnienie wymaganej jakości jest warunkowane maksymalnym wykorzystaniem światła dziennego do oświetlenia przestrzeni pracy, naturalnej wentylacji, a także przekazaniem użytkownikom kontroli nad warunkami środowiska wewnętrznego. Nowoczesne, zrównoważone, inteligentne biurowce projektowane są z uwzględnieniem następujących wytycznych [5]:

- preferowana orientacja budynku względem stron świata to wschód–zachód. Rozwiązanie to chroni wnętrze biura przed przegrzaniem, eliminując elewację o dużej powierzchni po stronie południowej, jednocześnie pozwala efektywnie doświetlić światłem naturalnym wnętrze po obu stronach traktu;
- głębokość traktu biurowca najczęściej mieści się w przedziale 14–18 m, dzięki temu światło naturalne o akceptowalnym natężeniu dociera do wszystkich stanowisk pracy i dodatkowo, przy sprzyjających warunkach pogodowych, budynek może być wentylowany w sposób naturalny;
- dla maksymalnego wykorzystania naturalnej wentylacji projektuje się atria, wewnętrzne dziedzińce, dwuwarstwowe ściany osłonowe, słoneczne termosyfonowe kominy, otwierane okna, a także kondygnacje biurowe o możliwie dużej wysokości;
- budynek chroniony jest przed przegrzaniem w lecie, przede wszystkim dzięki opracowaniu strategii ochrony elewacji budynku po stronie południowej i zachodniej przed bezpośrednim promieniowaniem słonecznym (np. dzięki zastosowaniu dwuwarstwowych ścian osłonowych lub zewnętrznych, ruchomych żaluzji), dodatkowo wykorzystuje się masę termiczną budynku do chłodzenia;

- użytkownicy bezpośrednio lub za pomocą zautomatyzowanych systemów sprawują kontrolę nad: wentylowaniem naturalnym dzięki możliwości otwierania okien, wentylowaniem mechanicznym w najbliższym otoczeniu stanowiska pracy, ochroną przeciwsłoneczną w postaci żaluzji i ekranów przeciwsłonecznych zewnętrznych, natężeniem światła naturalnego w miejscu pracy dzięki żaluzjom i roletom wewnętrznym, ogrzewaniem, a także oświetleniem elektrycznym.

Decyzje podejmowane przez architekta w trakcie projektowania zrównoważonych, inteligentnych biurowców decydują w głównej mierze o ich sprawności działania. Na przykład jedno z nowoczesnych rozwiązań stosowanych w inteligentnych biurowcach – system wentylacji hybrydowej nie może zostać zaprojektowany z pominięciem szczegółowych analiz projektu architektonicznego budynku, gdyż jest jego integralną częścią, jego elementami są kształt i zorientowanie bryły architektonicznej, przestrzenie wewnętrzne, układ funkcjonalny, konstrukcja nośna, elewacja czy sposób użytkowania [6]. Poniżej zostaną omówione wybrane nowatorskie rozwiązania techniczne: wentylacja hybrydowa, wentylacja wyporowa, dwuwarstwowa ściana osłonowa oraz słoneczny termosyfonowy komin.

4.1. Wentylacja hybrydowa

Wentylacja naturalna w naszej strefie klimatycznej stosunkowo dobrze sprawdza się w okresie wiosennym i jesiennym, natomiast w czasie występowania letnich i zimowych ekstremów pogodowych nie gwarantuje utrzymania komfortowych warunków we wnętrzach. Dlatego idealnym rozwiązaniem wydaje się łączenie technicznych możliwości naturalnego przewietrzania i wentylacji mechanicznej. Rozwiązanie takie nosi nazwę wentylacji hybrydowej.

Doświadczenia z użytkowania biurowców, w których zastosowano wentylację hybrydową pokazują, że wentylacja naturalna sprawdza się, gdy temperatura zewnętrzna nie przekracza zakresu 10°C–25°C, natomiast temperatura punktu rosy jest niższa niż 17°C [9]. Dodatkowo musi być spełniony warunek, że w budynku zastosowano rozwiązania chroniące wnętrze przed niepożądanymi zyskami ciepła pochodzącymi od promieniowania słonecznego, a także że w budynku nie jest wydzielane nadmierne ciepło, np. przez pracę urządzeń biurowych. Utzinger podaje, że w trzech analizowanych biurowcach, zlokalizowanych w południowej części stanu Wisconsin (gdzie warunki atmosferyczne są zbliżone do warunków panujących w Polsce), bez wspomaganie wentylacją mechaniczną system wentylowania naturalnego zapewnia prawidłową jakość środowiska wewnętrznego przez maksymalnie 3 do 4 miesięcy w roku. Dla porównania nowoczesny biurowiec Commerzbanku, wzniesiony we Frankfurcie nad Menem, jest wentylowany w sposób naturalny przez większą część roku. Dopiero gdy temperatura zewnętrzna przekroczy zakres 10°C–24°C (sytuacja taka występuje średnio przez 160 dni w roku), włączany jest automatycznie system HVAC. W dobrze zaprojektowanym systemie hybrydowym instalacja HVAC powinna być automatycznie wyłączana w okresie korzystania z wentylacji naturalnej.

4.2. Wentylacja wyporowa

Istotą wentylacji wyporowej jest wykorzystanie efektu wyporu hydrostatycznego. Świeże powietrze dostarczane jest do przestrzeni pracy na poziomie podłogi, dostarczone powietrze nagrzewa się, m.in. dzięki ciepłu wydzielanemu przez pracowników i sprzęt biurowy, i samoczynnie unosi się do góry (wentylacja wyporowa – efekt wyporu hydrostatycznego). Jakość powietrza w strefie przebywania pracowników (do około 1,8 m) utrzymywana jest

przez cały czas na wysokim poziomie, podczas gdy zużyte powietrze unosi się samoczynnie pod sufit, skąd jest usuwane otworami wywiewnymi. Jako przestrzeń doprowadzenia świeżego powietrza do bezpośredniego otoczenia pracownika najczęściej wykorzystywana jest strefa pod podłogą podniesioną, nawiewy lokalizowane są w pobliżu stanowisk pracy.

Podstawowe korzyści wynikające ze stosowania wentylacji wporowej, to:

- zwiększenie komfortu termicznego, zadowolenia i wydajności pracowników dzięki możliwości indywidualnego modyfikowania ustawień systemu w najbliższym otoczeniu;
- podniesienie wydajności wentylacji i poprawienie jakości powietrza wewnętrznego dzięki nawiewaniu świeżego powietrza w bezpośrednie sąsiedztwo pracownika.

4.3. Dwuwarstwowa ściana osłonowa

Do lat 80. XX wieku elewacje były projektowane jako statyczny element budynku. Dopiero narodziny koncepcji budynku inteligentnego wraz z rozwojem wiedzy o czynnikach mających decydujący wpływ na jakość środowiska wewnętrznego sprawiły, że elewacja budynków biurowych staje się coraz bardziej złożonym, zaawansowanym technologicznie, dynamicznym systemem. Dwuwarstwowa ściana osłonowa jest właśnie systemem, który jest zdolny do dostosowywania się w sposób elastyczny do zmieniających się potrzeb użytkowników i warunków klimatu zewnętrznego.

Nowoczesna dwuwarstwowa ściana osłonowa pełni następujące funkcje [4]:

- dostosowywanie się do zmieniających się warunków klimatycznych otoczenia w celu minimalizowania negatywnych zjawisk związanych z oświetleniem naturalnym;
- maksymalne wykorzystanie światła naturalnego do oświetlenia wnętrza;
- obniżenie lub wyeliminowanie strat ciepła;
- pozyskiwanie energii cieplnej z promieniowania słonecznego w okresie zimowym;
- wspomaganie naturalnej wentylacji;
- zaspokojenie zmieniających się potrzeb behawioralnych użytkowników, np. zapewnienie pożądanej prywatności wizualnej, lecz również widoku przez okno.

4.4. Słoneczny termosyfonowy komin

Jako rozwiązania wspomagające działanie naturalnej wentylacji, w niektórych przypadkach będące nawet jej głównym napędem, stosuje się atria lub kominy słoneczne. Działanie słonecznego termosyfonowego komina oparte jest na efekcie kominowym. Promieniowanie słoneczne nagrzewa powietrze znajdujące się we wnętrzu komina, wraz ze wzrostem jego temperatury zwiększa się siła powodująca jego ruch ku górze. Im większa jest prędkość przemieszczającego się ku górze powietrza, tym większe podciśnienie powstaje na styku komina słonecznego i sąsiadujących pomieszczeń. Siła ta powoduje przepływ zużytego powietrza z pomieszczeń do strefy komina słonecznego, skąd jest ono usuwane na zewnątrz budynku. Świeże powietrze dostaje się do budynku przez otwory elewacyjne, np. otwierane okna.

5. Wnioski

Inteligentny biurowiec zrównoważony jest szczególnie skomplikowanym systemem. Jego wysoką sprawność otrzymuje się dzięki precyzyjnemu zsynchronizowaniu wszystkich elementów składowych, lecz za zaprojektowanie tych kluczowych – jak bryła budynku,

orientacja względem stron świata, głębokość traktów, dobór atriów czy systemu elewacyjnego – odpowiada architekt. Stosowana w nowoczesnych biurowcach strategia pasywnego chłodzenia i ogrzewania budynku oraz hybrydowa wentylacja są właśnie przykładem wykorzystania wszystkich kluczowych elementów budynku w celu otrzymania wysokiej jakości środowiska wewnętrznego. Jak w przypadku każdego tak skomplikowanego systemu, działanie budynku po oddaniu do użytkowania może dać nieoczekiwane efekty, które będą zaprzeczeniem pierwotnych założeń i wymagań. Ryzyko wystąpienia takiej sytuacji jest tym większe, im bardziej nowatorskie rozwiązania i technologie są wdrażane. Dlatego niezbędne jest prowadzenie kompleksowych i systematycznych badań sprawności działania wzniesionych budynków w celu zebrania zarówno wyników eksperymentalnej diagnostyki, jak i opinii użytkowników. Ponadto, kluczowe dla wysokiej sprawności inteligentnego biurowca zrównoważonego są decyzje podjęte przez wielodyscyplinarny zespół projektowy na najwcześniejszych etapach realizacji inwestycji, czyli planowania, programowania i projektowania koncepcyjnego. Podczas wyboru nowatorskich rozwiązań projektowych i technologii priorytetem jest otrzymanie takich cech budynku biurowego, jak: wysoka jakość środowiska wewnętrznego, łatwość użytkowania, obsługi, utrzymania i konserwacji, elastyczność, adaptowalność, energooszczędność, a także łatwość rozbiórki, segregacji i powtórnego przetworzenia odpadów [7, 8, 5].

Literatura

- [1] Baker N., Steemers K., *Energy and Environment in Architecture. A Technical Design Guide*, E & FN Spon, Taylor & Francis Group, London 2000.
- [2] Bauman F.S., *Giving Occupants What They Want: Guidelines for Implementing Personal Environment Control in Your Building*, World Workplace 99 Conference proceedings, 3-5 październik, Los Angeles 1999.
- [3] Cole R.J., Brown Z., *Reconciling Human and Automated Intelligence in the Provision of Occupant Comfort*, Intelligent Buildings International, Number 1, Earthscan 2009.
- [4] Harrison A., Loe E., Read J., *Intelligent Buildings in South East Asia*, E & FN Spon, Routledge, London 1998.
- [5] Masły D., *Jakość budynków biurowych w świetle najnowszych metod oceny jakości środowiska zbudowanego*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009.
- [6] Mierzwiński S., *Wentylacja hybrydowa w budownictwie zrównoważonym*, [w]: *Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce 2003*, praca zbiorowa pod redakcją T. Jędrzejewskiej-Ścibak i J. Sow y), Wydawnictwa Instytutu Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004.
- [7] Niezabitowska E. (red. nauk.), *Budynek Inteligentny Tom I. Potrzeby użytkownika a standard budynku inteligentnego*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
- [8] Niezabitowska E., Masły D. (red. nauk.), *Oceny jakości środowiska zbudowanego i ich znaczenie dla rozwoju koncepcji budynku zrównoważonego*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.

- [9] Utzinger M., *Hybrid Ventilation Systems and High Performance Buildings*, PLEA 2009, The 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Quebec City 2009.
- [10] Wilson S., Hedge A., *The Office Environment Survey: A Study of Building Sickness*, Building Use Studies Ltd., London 1987.