

SPECYFIKA SYMULACJI ZUŻYCIA ENERGII W NOWOCZESNYCH BUDYNKACH BIUROWYCH W POLSCE

Piotr BARTKIEWICZ*

* Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji
ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, e-mail: Piotr.Bartkiewicz@is.pw.edu.pl

Streszczenie: Niniejszy referat przybliży zagadnienia wykorzystania symulacji zużycia energii w nowoczesnych budynkach biurowych. Oszacowanie zużycia energii na potrzeby wentylacji, klimatyzacji i ogrzewania budynku w kontekście ostatnich zmian prawnych nabiera szczególnego znaczenia, zwłaszcza w warunkach polskich. Na podstawie przeprowadzonych projektów zarządzania energią w budynku Autor prezentuje najważniejsze problemy występujące w aplikacjach złożonych modeli numerycznych w praktyce. Wskazuje ponadto jakie znaczenie dla uzyskanych wyników ma właściwy dobór programu symulacyjnego oraz poprawność, spójność i dokładność danych wprowadzanych do modeli. Na zakończenie przedstawia propozycję rozwiązania najczęstszych problemów poprzez opracowanie odpowiednich wytycznych projektowych (tzw. Design Brief).

Słowa kluczowe: Symulacje energetyczne, modelowanie systemów wentylacji klimatyzacji i ogrzewania, budynki biurowe.

1. WPROWADZENIE

1.1. Zużycie energii w budynkach

Zużycie energii w budynkach stało się tematem modnym. Zawdzięczamy to częściowo nadchodzącej Dyrektywie w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, częściowo coraz silniej odczuwalnym wzrostom kosztów eksploatacji budynków. Ponieważ znaczącą ilość energii w budynkach biurowych można oszczędzić poprzez racjonalne jej wykorzystanie coraz większym zainteresowaniem zaczynają cieszyć się projekty zarządzające informacją o zużyciu energii. Podobnie zagadnienia związane z wpływem budynku na środowisko coraz częściej doczekują się odrębnych analiz i studiów. W krajach o bardziej rozwiniętych gospodarkach wykonuje się ponadto opracowania dotyczące środowiska wewnętrznego (analizując jakość powietrza w pomieszczeniach i komfort użytkowników), a także funkcjonowania budynku w całym cyklu jego życia (LCC). Do najpełniejszych analiz

należą kompleksowe oceny budynku pod kątem jego zrównoważenia.

W niniejszym artykule przybliżono jeden z najbardziej zaawansowanych technologicznie i najszerzych przykładów kompleksowych analiz istniejącego budynku biurowego. Analiz, które dostarczyły cennych informacji zarządzającym budynkiem i posłużyły jako punkt odniesienia dla kolejnych nowoprojektowanych inwestycji.

1.2. Projekt SBB

Projekt powstał jako polska próba weryfikacji twierdzenia, iż budynki charakteryzujące się wysokim poziomem zarządzania na etapie projektowania, realizacji i eksploatacji (high – performance) zużywają mniej energii i zasobów naturalnych, są tańsze w eksploatacji i stanowią mniejsze obciążenie dla środowiska naturalnego. Niniejszy pogląd prezentowany na wielu międzynarodowych forach nie doczekał się do tej pory sprawdzenia w warunkach polskich, co wydawało się cennym przyczynkiem do stworzenia niniejszego projektu. Całość projektu Skanska Sustainable Building (SSB) został podzielony na 5 etapów:

- zarządzanie energią (Building Energy Management),
- zarządzanie środowiskiem (Building Environmental Management),
- jakość środowiska wewnętrznego i komfortu użytkowników (Indoor Environmental Quality),
- ocena funkcjonowania w całym cyklu życia budynku (LCC Long-Term Performance),
- kompleksowa analiza budynku zrównoważonego (Complex Sustainability Analysis).

Jako podmiot niniejszych analiz wybrano nowoczesny budynek biurowy w Warszawie. W prezentowanym referacie przedstawiono wyniki pierwszego etapu projektu – „Zarządzania energią” zaprezentowanego na niniejszym budynku i powtórnego dla pięciu nowoprojektowanych obiektów biurowych. Celem tak szerokich analiz stało się

precyzyjne określenie zużycia energii w budynku, opracowanie metod i narzędzi szybkiej oceny energetycznej oraz weryfikacja przyjętych rozwiązań technicznych.

2. SPECYFIKA BUDYNKÓW BIUROWYCH

2.1. Budynki biurowe w Polsce

Współczesne budownictwo stanowi znakomity przykład poszukiwania odpowiedzi na wciąż rosnące wymagania użytkowników. Wymagania te stawiane są co do funkcji i formy jakim powinny sprostać przestrzenie budynku jak i warunków panujących w pomieszczeniach, których zapewnienie staje się obecnie integralną częścią kompleksowej oceny budynku. Kwintesencją owego proklienckiego podejścia do budynku staje się zatem dążenie do tworzenia szeroko rozumianego komfortu ich użytkowników. Szereg składowych, w tym zaspokojenie potrzeb estetycznych, tworzenie komfortu wizualnego, akustycznego jak i sprostanie wymaganiom dotyczącym funkcji pomieszczeń leży w znacznej mierze w gestii architektów i konstruktorów. Zapewnienie właściwych warunków komfortu dla użytkowników pomieszczeń staje się natomiast domeną inżynierów odpowiedzialnych za systemy ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji (HVAC). Ponieważ efekt końcowy w postaci zadowolenia użytkowników wewnątrz stanowi wypadkową wielu cech, niezbędnym staje się poszukiwanie wspólnych rozwiązań i właściwa koordynacja prac już na etapie projektowym [1].

Jedną z wartych podkreślenia cech nowoczesnych budynków biurowych jest dbałość o dobór materiałów budowlanych i technologii wykonania budynku. Panującym obecnie trendem jest wykonywanie obudowy budynku z materiałów o podniesionym standardzie ocieplenia oraz dobór elementów okiennych o znacząco niższym od wymaganego współczynnika przenikania ciepła. Budynki te zachowują także stosunkowo dużą szczelność.

Cechą charakterystyczną prezentowanych obiektów biurowych jest ich możliwie duża funkcjonalność. Oznacza to dążenie do możliwie największego wykorzystania przestrzeni budynku jako przestrzeni do wynajęcia. Z drugiej strony, w przypadku budynków biurowych z powierzchnią „pod wynajem” niezbędnym staje się zachowanie dużej elastyczności w podziale powierzchni, co najczęściej oznacza modularność, ale z możliwością dowolnego przearanżowania wewnątrz.

Niezwykle ważnymi pod względem celowości stosowania analiz energetycznych stają się ponadto założenia ekonomiczne budynku. W inny sposób przeprowadza się bowiem projekt i wykonanie budynku, w którego założeniach ekonomicznych przyjmuje się zmianę właściciela w stosunkowo krótkim czasie. Budynki te w znaczący spo-

sób oparte są na zachowaniu racjonalnie niskich kosztów inwestycyjnych w stosunku do kosztów jego utrzymania. Budynki biurowe posiadają szereg złożonych funkcji, zawierając w swej strukturze pomieszczenia o różnym charakterze, takie jak halle i recepcje, pomieszczenia biurowe, sale konferencyjne, serwerownie, atria, restauracje, maszynownie, garaże. Każde z nich wymagać może odrębnego systemu HVAC gwarantującego zakładany poziom komfortu i bezpieczeństwa, całość zaś powinna stanowić spójną i racjonalnie funkcjonującą całość.

2.2. Systemy HVAC w budynkach biurowych

Współczesne projektowanie systemów klimatyzacji staje się poszukiwaniem rozwiązań technicznych odpowiadających na złożone wymagania użytkownika pomieszczeń lub realizowanego procesu technologicznego. Oznacza to uwzględnienie współczesnej wiedzy związanej z komfortem użytkowników, jakością powietrza w pomieszczeniach, wymianą ciepła, zjawiskami termicznymi i wilgotnościowymi w budynku, akustyką, aerodynamiką. Dodatkowo zakres projektu ulega stalemu poszerzaniu. Obecnie oczekuje się od projektanta oszacowania energetycznego i finansowego przygotowywanego systemu na etapie inwestycji oraz eksploatacji.

Cechą charakterystyczną nowoczesnych budynków biurowych jest stosunkowo wysoki poziom wewnętrznych zysków ciepła, co przy ograniczanych i kontrolowanych zyskach zewnętrznych powoduje, że najczęściej to te pierwsze stanowią znaczące wymuszenie będące podstawą doboru i wymiarowania systemów klimatyzacji.

Analiza dostępnych systemów wentylacji, klimatyzacji i ogrzewania budynków biurowych wskazuje na kilka najpopularniejszych rozwiązań technicznych. Od strony źródeł ciepła najchętniej wykorzystywane są systemy miejskie (zwłaszcza w przypadku dużych miast), nieco rzadziej stosowane są kotłownie gazowe lub olejowe. Mniej znaczenie mają kotłownie na paliwa stałe. Źródłem „chłodu” są najczęściej systemy chłodnicze oparte o agregaty wody lodowej lub systemy freonowe. W zależności od przyjętych rozwiązań systemu klimatyzacji stosowane są systemy powietrzne (CAV i coraz częściej VAV), systemy wodne (klimakonwektory, belki chłodzące) lub systemy freonowe (ze znaczącym udziałem systemów multi i super multi).

Wybór odpowiedniego systemu w znacznej mierze zależy od przyjętego poziomu komfortu w pomieszczeniach. Jest on bowiem związany z parametrami komfortu, parametrami powietrza w pomieszczeniu, kryteriami ich utrzymania oraz od strumienia świeżego powietrza przypadającego na osobę ze względów higienicznych.

Aby można było sprostać tak postawionym wymaganiom zleceniodawcy należy poszukiwać narzędzi pozwalających na precyzyjną ocenę obciążeń cieplnych i wilgotnościowych w budynku, realizacji procesów wymiany masy

i energii w urządzeniach i systemach, rozdziału powietrza w pomieszczeniach, oszacowań energetycznych zużycia energii w budynku, obliczeń akustycznych a także szczegółowych analiz takich jak analizy wykorzystania energii pierwotnej przez budynek. Aby możliwym było wykonanie powyższych analiz koniecznym staje się coraz szersze wykorzystanie aplikacji tworzonych z reguły przez zespoły związane z ośrodkami akademickimi – programów symulacyjnych [2].

3. SYMULACJE ZUŻYCIA ENERGII

3.1. Podział narzędzi

Jedną z najczęściej wykorzystywanych grup aplikacji są programy do obliczenia zysków i strat ciepła. Cennym modułem tych aplikacji jest moduł wyznaczający charakterystykę przegród budowlanych (wyznaczenie współczynników przenikania ciepła, charakterystyki akumulacyjnej przegrody, rozkładu ciśnienia cząstkowego pary wodnej). Oszacowanie charakterystyki cieplnej dokonywane na podstawie danych projektowych stanowi obecnie najszerzej poszukiwaną przez projektantów grupę programów.

Drugą grupę programów stanowią aplikacje doboru i wymiarowania systemów ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji. Programy te pozwalają na precyzyjny dobór poszczególnych urządzeń i elementów systemu, z drugiej zaś strony pozwalają na zwymiarowanie systemów, wraz z określeniem ich podstawowych parametrów inżynierskich. Jeśli możliwym staje się dokonanie wspomnianego doboru i wymiarowania na podstawie modułu określającego obciążenie cieplne budynku taki program doskonale dopasowuje się do praktyki inżynierskiej.

Kolejną grupą aplikacji są programy pozwalające na zwymiarowanie systemów chłodniczych, ciepłej wody użytkowej oraz źródeł ciepła i chłodu. Uzupełnienie systemów bezpośrednio zapewniających komfort w pomieszczeniach (ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji) systemami związanymi oraz źródłami ciepła i chłodu pozwala na pełniejsze określenie energii dostarczonej do budynku. Zsumowanie zaś pozostałych odbiorników energii (oświetlenie, urządzenia i systemy elektryczne, przygotowanie c.w.u.) pozwala na kompleksowe określenie zapotrzebowania na energię elektryczną, ciepło i chłód. Przy zapewnieniu możliwości uwzględnienia systemów automatycznej regulacji i sterowania pozwala to na pełne ujęcie systemowe, a przez to na precyzyjne oszacowanie zapotrzebowania energetycznego budynku. Agregacja tych wielkości i sprowadzenie ich na poziom źródeł doskonale określa chwilowe (najczęściej godzinowe) zapotrzebowanie na poszczególne media, w tym naj-

częściej energię elektryczną i ciepło. Określona w ten sposób energia dostarczona do budynku wraz z informacją o wykorzystanych mediach doprowadzających do budynku oraz systemach i sieciach zewnętrznych a następnie źródłach pozwala na oszacowanie zużycia energii pierwotnej i emisji CO₂ co stanowi obecnie najbardziej zaawansowany poziom analiz racjonalnego wykorzystania energii w budynku.

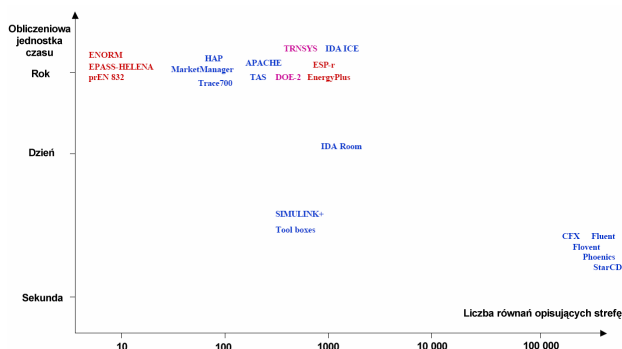
3.2. Rynek aplikacji komputerowych

Obecnie w ramach szeroko pojętych analiz energetycznych budynku dostępnych jest ponad 350 aplikacji komputerowych. W ramach wielu światowych projektów opracowywane są zestawienia programów możliwych do wykorzystania przez osoby związane z analizami energetycznymi. W jednym z najpopularniejszych projektów opracowanym przez U.S. Department of Energy „Building Energy Software Tools Directory” [3] programy zostały podzielone na kategorie. Do najważniejszych należą programy z grupy symulacji energetycznych i obliczeń obciążeń cieplnych. Dodatkowo wydzielone zostały kategorie związane z aplikacjami dotyczącymi poszczególnych systemów elewacyjnych, systemów HVAC (ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji), systemów oświetlenia. Pozostałe grupy dotyczą zagadnień zrównoważonego budownictwa oraz systemów energii odnawialnej.

Do programów wykorzystywanych podczas analizy energetycznej budynku i oszacowania obciążeń cieplnych na świecie możemy zaliczyć: 1D-HAM, AFT Mercury, AkWarm, Apache, ApacheCalc, ApacheHVAC, ApacheLoads, ApacheSim, AUDIT, BEACON, BEAVER, BSim2002, BTU Analysis Plus, BTU Analysis REG, Building Energy Analyzer, Building Energy Modelling and Simulation: Self-Learning Modules, BUS++, BV2, CAMEL, CELLAR, CHP Capacity Optimizer, CHVAC, CL4M Commercial Cooling and Heating Loads, Climwin 2005, Cold Room Calc, COMFIE, Cool Room Calc, DEROB-LTH, DesiCalc, Design Advisor, DesignBuilder, D-Gen PRO, DIN V 18599, DOE-2, DOLPHIN, DONKEY, DPCLima, DUCTSIZE, EA-QUIP, e-Bench, ECOTECH, EE4 CBIP, EE4 CODE, EED, EN4M Energy in Commercial Buildings, EnerCAD, Energy Profiler Tool, Energy Profiler, Energy Profiler Online, Energy Scheming, Energy Usage Forecasts, Energy-10, EnergyGauge USA, EnergyPlus, EnergyPro, ENERPASS, ENER-WIN, EPB-software, ESP-r, E-Z Heatloss, EZ Sim, EZDOE, FEDS, FLOVENT, FSEC 3.0, Gas Cooling Guide PRO, Green Building Studio, HAMLab, HAP, HAP System Design Load, HBLC, HEAT2, HEED, Home Energy Saver, HOMER, HOT2 XP, HOT2000, HVAC Solution, Hydronics Design Studio, IDA Indoor Climate and Energy, ION Enterprise, ISE, ISOVER Energi, J-Works, LESO-COMFORT, LESOCOOL, LESOKAI, LESOSAI,

LESO-SHADE, Load Express, MarketManager, Microflo, Micropas6, ModEn, National Energy Audit (NEAT), NewQUICK, ParaSol, PASSPORT, Physibel, Physibel, PVCad, RadTherm, REM/Design, REM/Rate, RHVAC, Right-Suite Residential for Windows, RIUSKA, RL5M, Room Air Conditioner Cost Estimator, SIMBAD Building and HVAC Toolbox, SLAB, SMILE, SMOG, solacalc, SOLAR-5, SolArch, SolDesigner, SPARK, SUNDAY, SUNREL, System Analyzer, TAS, Toolkit for Building Load Calculations, TRACE 700, TRACE Load 700, TREAT, TRNSYS, tsbi3, UMIDUS, Unitary Air Conditioner Cost Estimator, VIP+, VIPWEB, VisualDOE, Visualize-IT Energy Information and Analysis Tool, WISE.

Do najważniejszych aplikacji wykorzystywanych w analizach energetycznych należą programy symulacyjne. Istnieje szereg metod podziału tej grupy aplikacji. Do najciekawszych należy zaprezentowany na Kongresie REHVA w 2004 r podział wybranych aplikacji na tle złożoności obliczeniowej wyrażanej przez liczbę równań przypadających na rozpatrywaną strefę (analizowany fragment budynku) i obliczeniową jednostkę czasu, czyli czasowy podmiot analiz, Rys. 1 [4].



Rys. 1. Przegląd aplikacji komputerowych.
Fig. 1. Software review.

Na podstawie niniejszego zestawienia można wskazać, które z przedstawionych aplikacji pozwalają wspomagać projektanta na poziomie bardzo szczegółowych analiz (np. programy CFD znajdujące się w prawym dolnym rogu zestawienia), które zaś pomogą dokonać analizę funkcjonowania całego budynku wraz z systemami wentylacji i klimatyzacji (analizy dotyczące rocznego zużycia energii zajmujące górną część wykresu).

Zaprezentowane programy wspomagające całoroczne analizy zużycia energii zawierają różny poziom dokładności obliczeniowej. Do najprostszych należą aplikacje bazujące na wymaganiach będących bezpośrednim przełożeniem założeń wykorzystywanych między innymi we wspomnianej Dyrektywie. Nieco bardziej złożone aplikacje należące do drugiej grupy stanowią znakomity przy-

kład podejścia inżynierskiego pozwalając na obliczenia obciążeń cieplnych oraz zwymiarowanie systemów ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji. Trzecią grupę aplikacji stanowią programy o znacznej złożoności obliczeniowej. Wymagają znacznie dokładniejszych danych, uwzględniają złożone procesy wymiany masy i energii w opisywanym zagadnieniu pozwalając na uzyskanie najbardziej dokładnych wyników przez co najprecyzyjniej opisując projektowaną rzeczywistość.

4. SYMULACJE ZUŻYCIA ENERGII BUDYNKÓW BIUROWYCH

4.1. Założenia do symulacji

W ramach opisanego projektu przygotowano zakres merytoryczny zawierający między innymi: monitorowanie i rejestracja zużycia energii w budynku, przygotowanie danych do symulacji zużycia energii, opracowanie trójwymiarowego modelu budynku, testowanie i walidacja modelu budynku, testowanie założeń projektowych, symulacja funkcjonowania budynku, symulacja funkcjonowania systemów HVAC, symulacja rocznego zużycia energii w budynku, opracowanie wniosków i propozycji modernizacji systemów HVAC oraz certyfikację budynku na podstawie precyzyjnych danych.

Ponieważ w pierwszym etapie projektu wykonywano analizę budynku istniejącego cennym stało się przygotowanie wiarygodnych danych do symulacji. Oznaczało to opomiarowanie budynku w zakresie zużycia energii elektrycznej, zużycia ciepła oraz zużycia wody. Dodatkowo w ramach monitoringu zużycia energii elektrycznej wydzielono obwody obsługujące systemy klimatyzacji i chłodnictwa Rys 2. [5].



Rys. 2. Obiekt analiz.
Fig. 2. Analysis target.

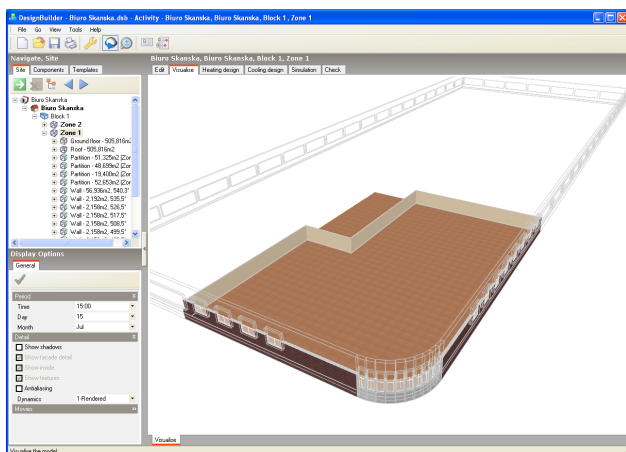
Kolejnym krokiem było przeanalizowanie istniejących pomiarów. Niezwykle ważnym okazało się ukazanie zużycia energii na tle parametrów powietrza zewnętrznego oraz opisów wykorzystania poszczególnych części budynku. Jak się okazało po dokonaniu symulacji etap ten miał decydujące znaczenie dla wiarygodności uzyskiwanych wyników symulacji.

Krokiem trzecim było przygotowanie danych do symulacji, w tym szczegółowy opis: geometrii budynku, materiałów budowlanych, systemów wewnętrznych, parametrów systemów oraz danych dotyczących rzeczywistego wykorzystania budynku, rzeczywistego zachowania użytkowników oraz rzeczywistych charakterystyk urządzeń.

4.2. Symulacje

Symulacje przeprowadzono za pomocą trzech różnych narzędzi reprezentujących odmienne algorytmy i poziomy dokładności. Dane wprowadzono do programów HAP, Ventac oraz Energy Plus.

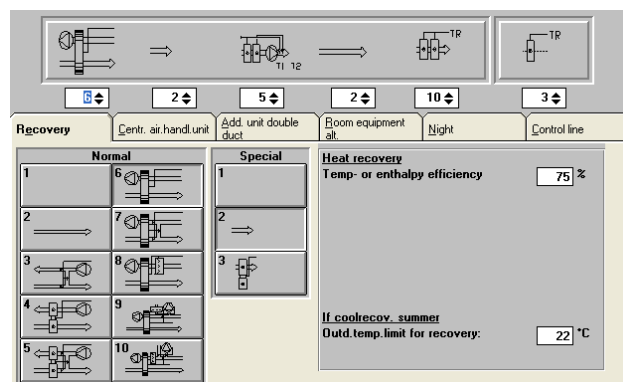
Pierwszym krokiem wykonywanych symulacji było wyznaczenie obciążeń cieplnych pomieszczeń, stref i całego budynku dla trzech wariantów: warunków projektowych, warunków projektowych z rozkładem obciążeń oraz warunków rzeczywistych. Na podstawie przeprowadzonych analiz dokonano analizy rzeczywistych obciążeń cieplnych i założeń projektowych, co pozwoliło na zweryfikowanie poprawności rozwiązań inżynierskich na poziomie projektu Rys 3.



Rys. 3. Trójwymiarowy model stref budynku.
Fig. 3. 3D model of building zones.

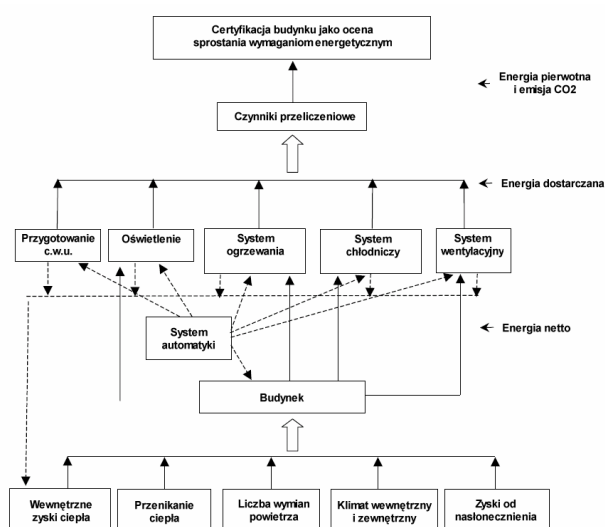
Niezwykle ważnym krokiem każdej symulacji jest etap testowania i walidacji modelu. Oznaczało to ilościową i jakościową ocenę uzyskanych rezultatów symulacji z wynikami pomiarów. Na tym etapie dokonano szczegółowych korekt modelu, tak aby najpełniej odzwierciedlał on opisywaną rzeczywistość.

Na podstawie zwalidowanych metod i modelu dokonano symulacji funkcjonowania systemów wentylacyjnych, klimatyzacyjnych, grzewczych i chłodniczych. Dodatkowo w programach umożliwiającym wprowadzenie systemu automatycznej regulacji i sterowania wprowadzono dane opisujące nastawy i zachowanie niniejszych systemów Rys 4.



Rys. 4. Symulacja systemów HVAC.
Fig. 4. Simulation of HVAC systems.

Symulacje rocznego zużycia energii w budynku oparto na czterech krokach: wyznaczenia chwilowego zapotrzebowania na ciepło i „chłód”, zużycia energii przez poszczególne systemy w budynku, zużycia energii przez źródła oraz całkowitego zużycia energii przez budynek. Takie podejście pozwala na uzyskanie pełnej informacji o zapotrzebowaniu na energię w budynku, energii dostarczanej na potrzeby poszczególnych systemów oraz energii dostarczanej do całego budynku Rys 5.



Rys. 5. Analiza energetyczna budynku.
Fig. 5. Whole building energy consumption analyse.

Uzupełnienie tych wielkości zużyciem energii na pozostałe potrzeby funkcjonalne budynku daje pełen obraz zużycia energii oraz na udział poszczególnych funkcji budynku w całkowitym bilansie energetycznym. Co więcej niniejszy projekt pozwalał na opracowanie założeń do wstępnej analizy wrażliwości uproszczonego modelu budynku. Uzyskane wyniki wskazały na obszary wymagające szczególnej precyzji. Dla 27 najważniejszych param-

trów przyjmowanych do symulacji przeanalizowano wpływ niedokładności na uzyskiwane rezultaty zużycia energii cieplnej, elektrycznej oraz całkowitego zużycia energii przez budynek. Wyniki wskazywały na konieczność precyzyjnego określania parametrów pogodowych, rozkładów wewnętrznych zysków ciepła (oświetlenie, ludzie, sprzęt) oraz możliwości dotrzymania zakładanych parametrów wewnętrznych. W opisywanym obiekcie mniejsze znaczenie miały niedokładności związane z opisem przegród budowlanych i szczegółów geometrii poszczególnych pomieszczeń.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania wykazały szeroki zakres zastosowania zaawansowanych analiz zużycia energii w budynkach biurowych. Szczególnie miejsce mogą zajmować w nich symulacje ustroju budowlanego, pomieszczeń, stref funkcjonalnych, systemów HVAC i budynku jako całości. Ich wykorzystanie pozwala na stosunkowo dokładną informację o prognozowanym oraz rzeczywistym zużyciu energii. W przypadku budynków istniejących przeprowadzenie niniejszych analiz pozwala na określenie wzorcowego przewidywanego poziomu zużycia energii. W przypadku znaczących różnic między prognozami, a faktycznym zużyciem symulacje pozwalają na znalezienie przyczyn tego stanu, a także na określenie wpływu poszczególnych propozycji modernizacyjnych.

Niezwykle ważnym staje się zatem przygotowanie wiarygodnych danych do niniejszych analiz. Może mieć to równie duże znaczenie jak właściwy dobór narzędzia czy aplikacji do przeprowadzenia niniejszych analiz. W każdym przypadku celowym wydaje się przeprowadzenie oceny dokładności poszczególnych elementów analiz (od danych pogodowych począwszy poprzez informacje o użytkownikach, rozkładach obciążeń cieplnych, budynku i systemach na specyfice wykorzystywanego algorytmu skończywszy [6, 7].

Ponieważ nowoczesne budynki charakteryzują się stosunkowo dużymi obciążeniami cieplnymi cennym wydaje się precyzyjne określenie ich wielkości, zwłaszcza na etapie projektowym. Pozwala to na wiarygodne określenie zapotrzebowania na ciepło i „chłód” a to z kolei na właściwy wybór i zwymiarowanie systemów HVAC oraz na ocenę zasadności stosowania poszczególnych systemów odzysku i oszczędności energii.

Opisane powyżej problemy może rozwiązać szersze wykorzystanie precyzyjnego opisu wymagań i wytycznych projektowych (tzw. Design Brief). Opis ten zawierać może także bardzo dokładny opis analizowanych przypadków oraz wymagań użytkownika, inwestora dotyczących funkcjonalności i parametrów projektowanych systemów HVAC. Opracowanie wzorcowego opisu pozwala na wykorzystanie na szerszą skalę uproszczonych systemów

oceny zużycia energii przez budynek pozwalających dokonać szybkiej oceny jakościowej. Weryfikacja tych metod stanowi przedmiot obecnych badań autora.

Kolejnym kierunkiem rozwoju są kompleksowe badania w ramach projektu STEP (Sustainable TErmodernisation of Public Buildings), którego realizacja może znacząco zwiększyć liczbę i jakość projektów energetycznych. W połączeniu ze wzrostem świadomości inwestorów i projektantów badania te mogą dać niezwykle atrakcyjną możliwość zestawienia uzyskanego komfortu w budynkach z nakładem energetycznym niezbędnym na jego wytworzenie.

SYMULATION OF MODERN OFFICE BUILDING ENERGY CONSUMPTION IN POLAND

Summary: Simulation of energy consumption by modern Polish office building was presented in the Paper. Modeling of energy needs, HVAC systems performance and whole building consumption should be a part of complex energy analysis. Very important part of that approach should be a sensitiveness analysis of each part of calculation – used algorithm, data and result. The solution of a Reliability Problem could be a “design brief” as a part of design and construction project.

Literatura

- [1] Bartkiewicz P. *Znaczenie klimatyzacji we współczesnych budynkach komercyjnych*. Wnętrza Komercyjne (2006)
- [2] Bartkiewicz P. *Symulacje jako kolejny krok rozwoju narzędzi komputerowego wspomaganie projektowania*. Chłodnictwo i Klimatyzacja (2004)
- [3] U.S. Department of Energy. *Building Energy Software Tools Directory* - www.eere.energy.gov
- [4] Sahlin P. “Building Energy Simulation – an overview of methods and challenges”, REHVA General Assembly, EQUA Simulation AB
- [5] Bartkiewicz P. *Analiza zużycia energii w budynku - studium budynku biurowego*. Forum Wentylacja i Salon Klimatyzacja 2007
- [6] Bartkiewicz P., Heim D. *Wykorzystanie symulacji energetycznych w praktyce projektowej*. Instalator Polski, 2005
- [7] Bartkiewicz P. *Przegląd komputerowych narzędzi symulacji zużycia energii w budynku z uwzględnieniem instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych*. Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce, Łódź 2005