

# Analizy energetyczne w modelach BIM 6D

dr inż. Andrzej Szymon Borkowski  
inż. Natalia Osińska  
inż. Natalia Szymańska

## Wprowadzenie

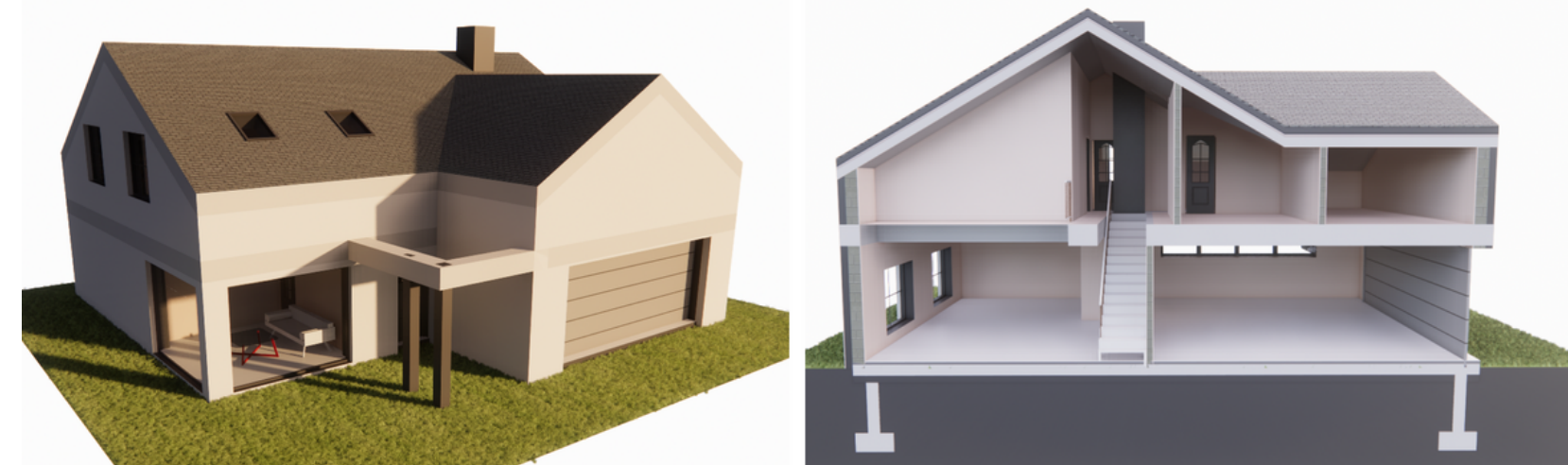
Energochłonność sektora budowlanego wraz z towarzyszącym mu przemysłem wytwórczości materiałów budowlanych stale wzrasta. Według statystyk branża budowlana konsumuje od 50% do 60% światowej produkcji energii, w tym 36% światowej produkcji energii zużywa się na utrzymanie istniejących obiektów budowlanych, a 14 - 24% konsumuje produkcja materiałów wykorzystanych podczas budowy nowych obiektów. W ciągu ostatnich dziesięcioleci obserwuje się znaczny wzrost zużycia energii w budownictwie m.in. na skutek gwałtownego przyrostu liczby ludności, postępującego procesu urbanizacji oraz rosnącym wymaganiom dotyczącym jakości obiektów budowlanych. Obecnie budownictwo generuje aż 40% całkowitego zużycia energii w Unii Europejskiej. Natomiast poprawa wydajności energetycznej budynków jest kluczowym wyzwaniem strategicznym w osiągnięciu neutralności emisyjnej do 2050 roku. Optymalizacja zużycia energii jest kluczowym działaniem w ramach obowiązującej doktryny zrównoważonego rozwoju, które należy realizować poprzez stosowanie inteligentnych rozwiązań budowlanych oraz wykorzystywanie energooszczędnych materiałów. Skutecznym działaniem (wielokrotnie potwierdzonym w literaturze i badaniach) w realizacji postulatów i celów zrównoważonego budownictwa jest technologia BIM (ang. Building Information Modeling), która umożliwia przeprowadzanie szczegółowych analiz i ekspertyz energetycznych już we wczesnych fazach projektu (studia przedrealizacyjne, koncepcja, projekt budowlany) oraz może istotnie wpłynąć na poprawę efektywności energetycznej. Aktualnie budowane modele BIM zmieniają sposób projektowania i realizacji budynków. Mogą ułatwić koordynację wielobranżową (federowaną) oraz zintegrować jednocześnie: projektowanie 3D, planowanie harmonogramu budowy, szacowanie kosztów czy przeprowadzanie analiz. Poprzez rozszerzenie modelu na okres po zakończeniu budowy, modele BIM mogą być wykorzystywane do wspierania zarządzania w okresie eksploatacji, tym samym oferując dobry dostęp do informacji dotyczących wszystkich aspektów funkcjonowania budynku.

## Building Information Model a Building Energy Model

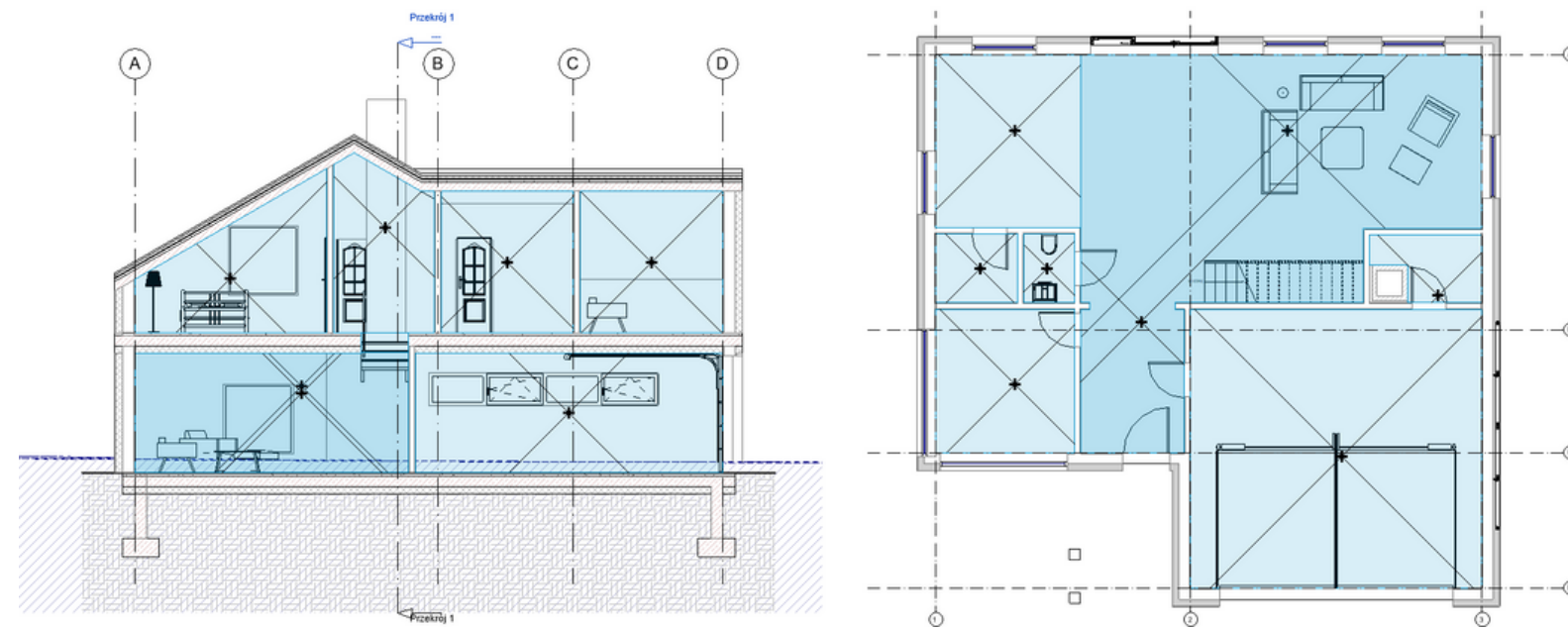
Najczęstszym rozwinięciem akronimu BIM jest Building Information Modeling, czyli modelowanie informacji o budynku (lub w szerszym rozumieniu - modelowanie informacji o obiekcie budowlanym). BIM to niewątpliwie innowacyjna technologia budownictwa cyfrowego. Technologia ta usprawnia organizację i zarządzanie przedsięwzięciem inwestycyjnym oraz przynosi bezpośrednie korzyści na każdym etapie cyklu życia budynku. Natomiast mniej popularny skrót BEM jest rozwijany jako Building Energy Modeling, czyli Modelowanie Energetyczne Budynku (lub Model Energetyczny Budynku). BEM przedstawia energetyczną charakterystykę budynków, a także pomaga projektantom w zrozumieniu jaki wpływ na środowisko mają podejmowane przez nich decyzje. Integracja BIM i BEM jest bardzo ważna z punktu widzenia wprowadzania nowoczesnych rozwiązań projektowych, tworzenia wieloaspektowej dokumentacji oraz projektowania w sposób ekologiczny. We współczesnej architekturze i budownictwie zwraca się szczególną uwagę na kwestie ochrony środowiska przyrodniczego. Coraz częściej prowadzi się szczegółowe analizy dotyczące energooszczędności oraz stosuje się ekologiczne materiały budowlane. Wraz z wytyczaniem nowych kierunków rozwoju budownictwa powstają kolejne regulacje formalno-prawne oraz systemy oceny budynków, które uwzględniają proekologiczne działania na każdym etapie przedsięwzięcia. Jednym z najbardziej popularnych systemów certyfikacji jest system oceny wielokryterialnej budynków LEED (ang. Leadership in Energy and Environmental Design), który został wprowadzony przez U.S. Green Building Council. System ten służy do oceny wpływu budynków na środowisko naturalne na podstawie aspektów takich jak lokalizacja budynku, zużycie energii, wykorzystanie materiałów budowlanych i zasobów naturalnych oraz efektywność bilansu wodnego. W związku z powyższym, powszechne stosowanie BEM niewątpliwie stanowi krok naprzód w kierunku energooszczędności projektowanych budynków oraz zrównoważonego budownictwa.

## Analizy energetyczne w Autodesk Revit

Symulacje energetyczne zostały wykonane w aplikacji Insight oraz Green Building Studio na podstawie zbudowanego od podstaw modelu BIM budynku utworzonego w Autodesk Revit. Insight działa jako wtyczka do oprogramowania Revit lub jako usługa sieciowa, w której jest generowany model energetyczny.



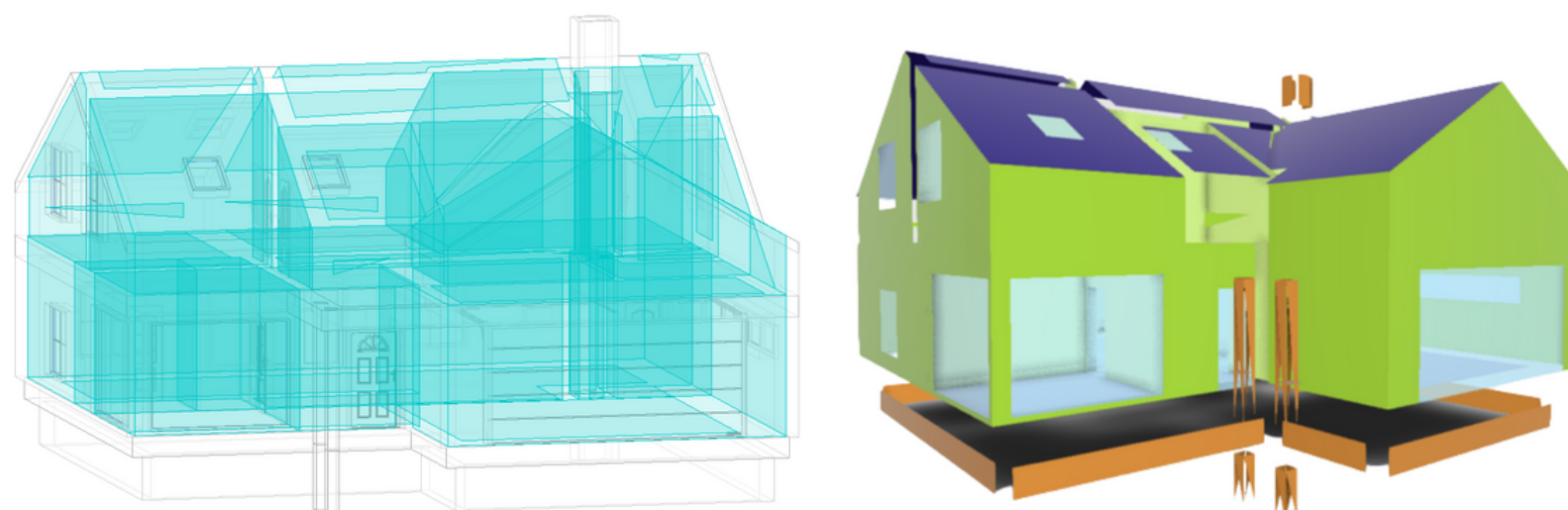
Program jest oparty na silniku EnergyPlus. Green Building Studio jest z kolei usługą opartą na chmurze. Jest w pełni zintegrowana z Revitem, jak również może działać niezależnie od niego. Opiera się na silniku symulacji energetycznej DOE-2.2. Przeprowadzone badanie miało na celu porównanie silników służących do symulacji efektywności energetycznej budynków, obliczenie zużycia energii budynku, przy zmiennych właściwościach termicznych oraz dobrane optymalnych materiałów budowlanych i izolacyjnych.



Badanie zostało przeprowadzone na budynku mieszkalnym jednorodzinny o powierzchni użytkowej 170 m<sup>2</sup>. Pierwszy wariant analizy wykonano przy uwzględnieniu poniższych parametrów. Ściany konstrukcyjne są zbudowane z bloczków ceramicznych oraz są ocieplone płytą styropianową EPS. W budynku zastosowano strop gęstożebrowy o szerokości 20 cm oraz dach żelbetonowy ocieplony. Konstrukcję analityczną stolarki okiennej zdefiniowano jako podwójne przeszklenie odbijające - 1/4 cala grubości - 14% stali nierdzewnej na czystym szkle, zastosowano drewniane drzwi oraz metalową bramę garażową. W projekcie założono, że budynek jest ogrzewany pompą ciepła.

## Insight

Model energetyczny w Revicie zwiualizowano w aplikacji Insight. Model dostarcza wiele cennych informacji na temat rocznego zużycia energii w budynku oraz możliwości jego optymalizowania. Wydajność zaprojektowanego budynku jest określona poprzez roczną całkowitą energię netto wyrażoną w kilowatogodzinach, która jest automatycznie porównana z innymi obiektami o podobnych parametrach. Na stronie widnieją również informacje o obecnych ustawieniach modelu, odnośnie zastosowanych rozwiązań w projekcie dotyczących orientacji budynku, współczynnika powierzchni przeszklenia, właściwości materiałów stolarki okiennej, konstrukcji ściennych oraz dachowych, efektywności oświetlenia, wydajności systemu HVAC, harmonogramu operacyjnego, określającego typowe godziny użytkowania budynku, a także wydajności energii słonecznej i ilości powierzchni dachu, na której można zamontować panele fotowoltaiczne. Na podstawie takiego zestawienia projektant jest w stanie określić efektywność energetyczną modelu oraz wprowadzić niezbędne zmiany.



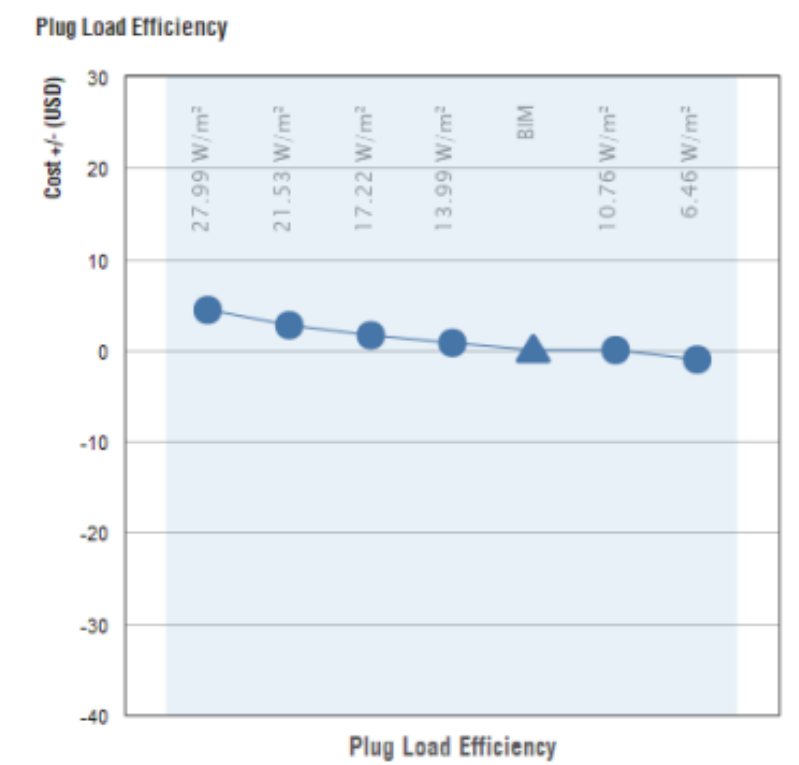
Przeprowadzona analiza pierwszego wariantu projektu dostarczyła kompletnych danych na temat możliwości zoptymalizowania zużycia energii. W odniesieniu do benchmarku roczna całkowita energia netto kształtuje się na korzystnym poziomie w stosunku do budynków o podobnych parametrach. Pomimo to, wskaźniki energetyczne otrzymane w badaniu wskazują na sposoby optymalizacji energii tj. zmiana systemu HVAC, wydajności harmonogramu operacyjnego oraz konstrukcji dachu. Należy podkreślić, że model analizowanego budynku jednorodzinny jest w pełni sparametryzowany, co umożliwia szybkie i bezkolizyjne wprowadzenie zmian. Po dokonaniu koniecznych modyfikacji w modelu, ponownie wygenerowano analizę energetyczną. Drugi wariant projektu otrzymał bardziej energooszczędne właściwości, przy wykorzystaniu wydajniejszych materiałów budowlanych.

Rozwiązania projektowe są przedstawione za pomocą wskaźników oraz wykresów zużycia energii, co przyczynia się do podejmowania lepszych decyzji projektowych oraz skutecznego zarządzania budynkiem zarówno w fazie projektu, jak i eksploatacji.

## Plug Load Efficiency

The power used by equipment i.e. computers and small appliances; excludes lighting or heating and cooling equipment.

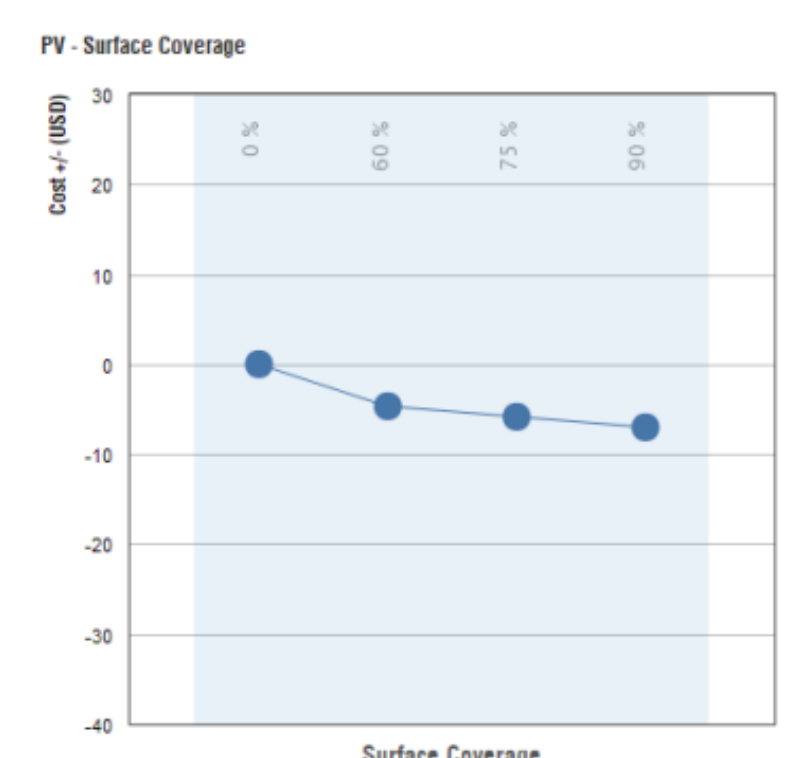
Current Setting:  
27.99 W/m<sup>2</sup> - 6.46  
W/m<sup>2</sup>



## PV - Surface Coverage

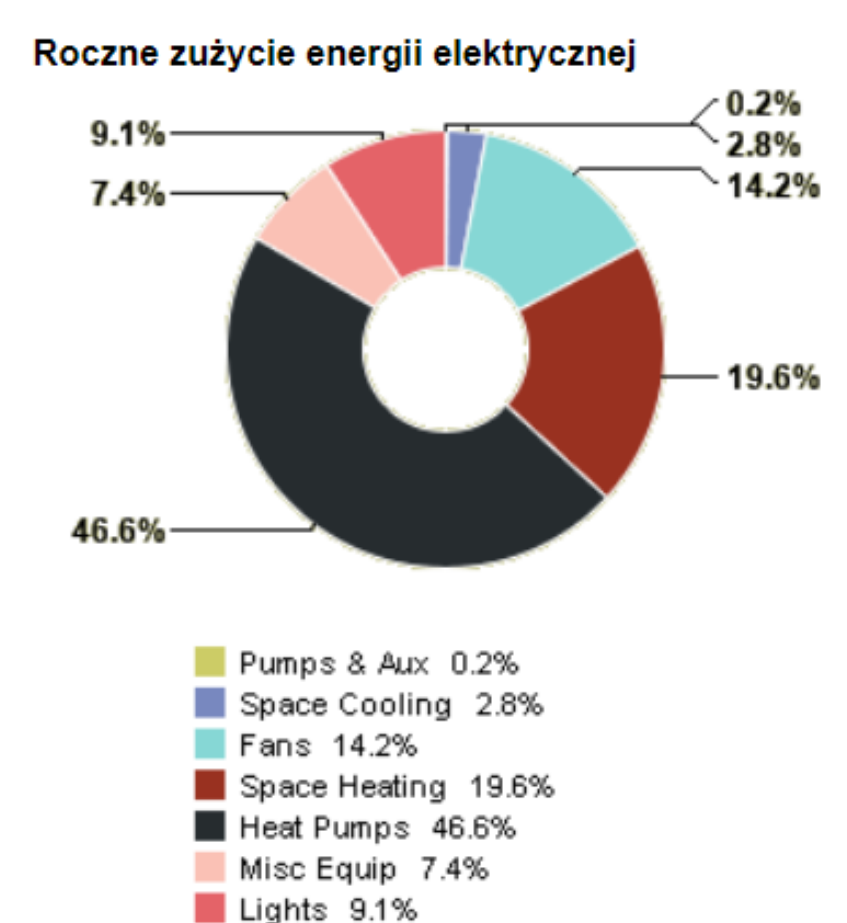
Defines how much roof area can be used for PV panels, assuming area for maintenance access, rooftop equipment and system infrastructure.

Current Setting:  
0% - 90%



## Green Building Studio

Green Building Studio jest usługą chmurową, która posiada potężną moc obliczeniową umożliwiającą przeprowadzenie analiz wydajności budynków, w celu optymalizacji zużycia energii, obniżenia emisji dwutlenku węgla, zmniejszenia zużycia wody oraz zwiększania potencjału fotowoltaicznego. Symulacje energetyczne przeprowadzone na wczesnym etapie projektowania pozwalają na tworzenie efektywnych energetycznie budynków, w oparciu o niekonwencjonalne rozwiązania w zakresie zrównoważonego rozwoju. Dostarcza wielu szczegółowych wskazówek, co w rzeczywistości wpływa na koszty energii oraz umożliwia tworzenie rzetelnych prognoz kosztów energii w całym cyklu życia budynku. Analizy w Green Building Studio oparte są na podstawie typu budynku (jego funkcji), jego powierzchni i lokalizacji oraz kosztów energii elektrycznej. Dane otrzymane z analizy dotyczą przede wszystkim rocznego kosztu energii, kosztu cyklu życia budynku, rocznej emisji CO<sub>2</sub> oraz intensywności zużycia energii (EUI). Dane są przedstawione tabelarycznie oraz na wykresach. Dodatkowo z wygenerowanego raportu można odczytać wielokryterialną ocenę budynków LEED, potencjał fotowoltaiczny, potencjał energii wiatrowej oraz naturalny potencjał wentylacji. Wyniki z analizy można wykorzystać w podejmowaniu decyzji projektowych, jak również w tworzeniu dokumentacji skutków finansowych. Ponadto, otrzymane dane są poddawane analizie, w jaki sposób możliwe jest uzyskanie potencjalnej oszczędności energii.



## Podsumowanie

W Polsce i na świecie zwraca się coraz większą uwagę na zrównoważone projektowanie w budownictwie. Nieustannie dąży się do poprawy proekologicznych właściwości budynków takich jak efektywność energetyczna, niskoemisyjność oraz wykorzystanie wydajnych materiałów budowlanych. Projektowanie wielowymiarowych modeli BIM z początku jest czasochłonne i wymaga specjalistycznej wiedzy. Natomiast dokumentacja i wszelkie analizy potrzebne na kolejnych etapach przedsięwzięcia tj. na etapie budowy oraz eksploatacji są generowane w sposób automatyczny lub półautomatyczny. Tym samym wykorzystanie BIM wraz z zewnętrznymi programami służącymi do modelowania energetycznego zasadniczo wpływa na proces projektowania i realizacji przedsięwzięcia. Umożliwia sprawdzenie wielu wariantów projektowych we wstępnej fazie np. koncepcji, oblicza faktyczne koszty eksploatacji budynku, jak również bada konieczność przeprowadzenia modernizacji. Zastosowanie BEM wpływa na podjęcie świadomych decyzji projektowych w oparciu o uwarunkowania środowiskowe, klimatyczne czy finansowe. W rezultacie zintegrowanie BIM i BEM przynosi wymierne korzyści zarówno dla środowiska przyrodniczego, jak i inwestora.

organizator:

**Rada  
Doktorantów**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Oceń postery:

