

# INTEGRACJA PROJEKTOWANIA I KOSZTORYSOWANIA NA PLATFORMIE BIM

Andrzej TOMANA\*

Datacomp Sp. z o.o., ul. Grzegórzecka 79, 31-559 Kraków

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono koncepcję integracji systemów CAD i kosztorysowania z wykorzystaniem technologii BIM na tle projektowania wielowymiarowego. Omówiono problemy związane z wymianą modeli wirtualnych pomiędzy różnymi systemami CAD poprzez format IFC. Omówiono dwie drogi kalkulacji kosztów z wykorzystaniem technologii BIM – kalkulację szacunkową i szczegółową. Opisano system ZuziaBIM służący do kosztorysowania, w którym zautomatyzowano proces przedmiarowania na podstawie danych uzyskanych bezpośrednio z modeli wirtualnych budowli, opracowanych w ramach współpracy różnych branż projektowych. W pracy zamieszczono przykład ilustrujący kalkulację szczegółową.

*Słowa kluczowe:* systemy CAD, projektowanie 4D, 5D, MD, BIM, model wirtualny budowli.

## 1. Wstęp

Rozwijana od kilku lat koncepcja BIM (*Building Information Modeling*) stanowi największą technologiczną innowację ostatniej dekady, nie tylko w projektowaniu, ale w całym budowlanym procesie inwestycyjnym (Eastman i in., 2008). Porównywalną choć mniejszej miary innowacją, było przejście z kreślenia w systemach 2D na projektowanie bryłowe w 3D. W niniejszym referacie omówiono efekty pracy zespołu opracowującego system wspomagający kalkulację kosztów na podstawie danych BIM opisujących wirtualny model budowli.

W praktyce do wymiany modeli wirtualnych pomiędzy systemami CAD różnych branż służy format IFC opracowany specjalnie dla potrzeb technologii BIM. Z założenia ma on przekazywać wszystkie dane o budowli tworzone przez architekta, modyfikowane lub uzupełniane przez inne branże, ale może być wykorzystany także w działaniach nie zaliczanych dotąd do projektowania jak kalkulacja kosztów. Proces automatyzacji kalkulacji kosztów napotykał dotąd na przeszkody między innymi związane z obliczaniem przedmiarów. Próby komputerowego wspomaganie przedmiarowania dla dokumentacji 2D (oczywiście w formie elektronicznej) były podejmowane już wcześniej (Moryc, 2011), ale nie można tu mówić o pełnej automatyzacji sporządzania przedmiaru. Technologia BIM otwiera taką możliwość dzięki temu, że wszystkie elementy budowli zarówno

strukturalne jak i wykończenia mogą być uwzględnione w kalkulacji, w postaci danych przedmiarowych, materiałowych i technologicznych. Dzięki automatyzowaniu i skróceniu drogi „projekt-kosztorys” (a następnie „harmonogram”) można mówić o efektywnym wyborze wariantów projektu według kryterium ekonomicznego. Podejście prezentowane w niniejszej pracy nie jest oryginalne; podobną drogą idą – jak się wydaje – autorzy systemu Vico Software (2008) i D-Profiler (Lachmi, 2008), ale też jest to naturalna droga wynikająca z technologii BIM.

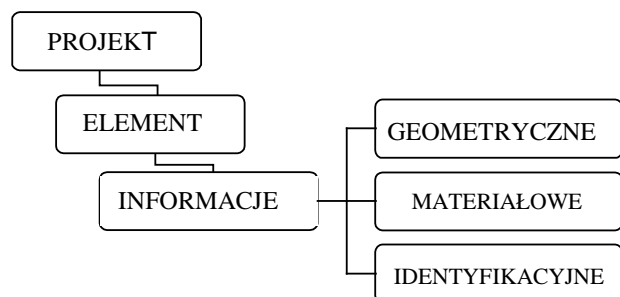
Trzeba zauważyć, że możliwość automatyzacji procesu kalkulacji jest bardzo atrakcyjna dla inwestora. Połączenie z innymi zaletami technologii BIM takimi jak poprawa organizacji pracy projektantów i lepsza jakość dokumentacji sprawia, że bywa ona określana często jako „technologia dla inwestorów”. I rzeczywiście, okazało się, że w krajach gdzie jest ona od kilku lat w użyciu, inwestorzy są głównym promotorem technologii BIM. W Polsce mimo dostępności systemów wyposażonych w BIM, stosowanie tej technologii jest szczątkowe, zarówno ze względu na jej nikłą znajomość w środowisku projektantów jak i inwestorów.

## 2. Wymiana modeli wirtualnych pomiędzy systemami inżynierskimi

Wymiana danych pomiędzy systemami różnych branż na platformie BIM polega de facto na wymianie modeli

\* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: a.tomana@datacomo.com.pl

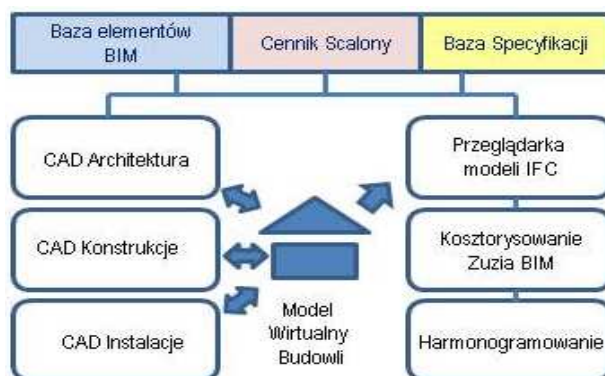
traktowanych jako zespół danych geometrycznych, materiałowych i wielu innych, zgodnie z technologią BIM. W tym celu w ramach organizacji BSA (*Building Smart Alliance*) opracowano otwarty i ogólnodostępny format IFC (*Industry Foundation Class*), który obecnie aspiruje do standardu ISO i będzie dostępny jako ISO 16739. Ma on służyć do wymiany pełni danych o modelu budowlany. Format IFC ma budowę hierarchiczną – od projektu, poprzez obiekty określone przez projektanta i elementy, dla których podane są dane szczegółowe (rys. 1). Wspomniane „obiekty” zostają określone przez projektanta i powinny odzwierciedlać strukturę budowlany, na przykład podział na kondygnacje, segmenty i tym podobne charakterystyczne części budowlany co ułatwia identyfikację elementów i korzystanie z dokumentacji. W praktyce bywa bardzo różnie; niejednokrotnie do danej kondygnacji projektant zalicza na przykład ściany kondygnacji sąsiedniej lub wprowadza mylne określenia, które zostaną przeniesione do pliku IFC. Z naszego doświadczenia jako twórcy przeglądarki interpretującej format IFC wynika także, że systemy CAD często błędnie obliczają niektóre dane, np. powierzchnie lub objętości. Powoduje to konieczność weryfikowania i obliczania tych wielkości niezależnie od wartości zapisanych w IFC przez systemy CAD. Przykładową postać takiego pliku pokazano na rysunku 2. Format IFC jest ciągle rozwijany i udoskonalany, obecnie dostępna jest wersja IFC 2x3 z 2007 roku, a do testów udostępniona jest wersja IFC 2x4 z roku 2010. Organizacja BSA skupia wszystkich liczących się producentów oprogramowania, a do najaktywniejszych firm należą Graphisoft, producent Archicada dla architektów i DDS, producent systemu DDS-CAD dla instalatorów.



Rys. 1. Struktura formatu IFC

### 3. Integracja branż na platformie BIM

Dzięki wymianie danych poprzez format IFC, pomiędzy różnymi systemami wyposażonymi w BIM istnieje możliwość integracji działań wszystkich uczestników przedsięwzięcia budowlanego. Rysunek 3 ilustruje jak ta współpraca jest realizowana w warstwie technicznej pomiędzy branżami projektowymi i kosztorysantami. Istotną rolę w tych działaniach odgrywa wirtualny model budowlany. Model ten jest podstawą wszystkich działań projektowych – ten sam model jest wykorzystywany przez architektów jak instalatorów. Na dowolnym etapie projektu można „przezczytać” model i przeprowadzić na nim obliczenia kosztów. Dotyczy to tzw. stanu zerowego, jak i wykończenia i wyposażenia. Integracja w warstwie technicznej jest stosunkowo prosta; bardziej złożona jest w warstwie organizacyjnej i prawnej gdzie wpływ tzw. czynnika ludzkiego jest dominujący. Chodzi o takie zmiany organizacyjne, w których wszyscy wykonawcy projektu stanowią jeden zespół (Integrated Project Delivery, 2007). Towarzyszą temu odpowiednie rozwiązania prawne, umowy autorskie etc. Współpracę w warstwie organizacyjnej można także wspomagać odpowiednim oprogramowaniem, które zapewnia zhierarchizowany dostęp do dokumentacji projektowej, powiadamiania o zmianach itp., a przy realizacji zarządza dostępem do dokumentacji i monitoruje przebieg jej wykonania. Także po wykonaniu budowlany, w fazie jej eksploatacji można efektywnie wykorzystać wirtualny model budowlany w systemach zarządzania nieruchomościami, remontami i przebudowami aż do jej likwidacji.



Rys. 3. Integracja systemów projektowania – schemat ogólny

Lp.	Nr	Ifc typ	Nazwa Logic	Wart.	Gr.	Dł.	Szer.	Wys.	Pow.	Obj.
1	5	IfcProject	'Projekt'							
2	64	IfcSite	'Lokalizacja'							
3	77	IfcBuilding	'PROJEKT'							
4		DC_Drzwi								
5		DC_Okna								
16	5190	IfcBuildingStorey	'1. Poziom 0 (+3670mm)'							
17		DC_Drzwi								
18		DC_Okna								
19	5468	IfcWallStandardCase	'ŚCIANA ZEW'							
20	5258	DCMaterialMode	'Tynk'						5,00	
21	5291	DCMaterialMode	'Cegła zwykła'						120,00	
22	5401	DCMaterialMode	'Styropian'						50,00	
23	5447	DCMaterialMode	'Bloczki betonowe'						240,00	
24	5449	DCMaterialMode	'Tynk'						15,00	
25		DC_Materiał								
26	5611	IfcPropertySet	'Graphisoft AC140 WALL'							
27	5606	IfcComplexProperty	'WALL'							'ArchiCAD'
28	5634	IfcElementQuantity	'Branża'							
29	5618	IfcQuantityLength	'Width'						430,	
30	5620	IfcQuantityLength	'Height'						3 670,	
31	5622	IfcQuantityLength	'Length'						7 372,6896	
32	5624	IfcQuantityArea	'GrossSideArea'						27,057771	
33	5626	IfcQuantityArea	'NetSideArea'						27,057771	
34	5628	IfcQuantityVolume	'GrossVolume'						11,292013	

Rys. 2. Fragment pliku IFC, widoczna struktura hierarchiczna

#### 4. Projektowanie 2D, 3D, 4D, ... MD

Projektowanie wspomagane komputerowo powieśla początkowo tradycyjne metody pracy przy desce kreślarskiej. Przestrzenny model konstrukcji wykreowany w wyobraźni projektanta był przedstawiany w postaci projekcji płaskich rysunków. Kolejny krok w ewolucji systemów CAD był związany z posługiwaniem się w projektowaniu przestrzennym modelem geometrycznym 3D i wizualizacją wszystkich działań na tym modelu. Uwzględnienie dodatkowych parametrów w projektowaniu takich jak koszt realizacji, koszt eksploatacji, czas realizacji inwestycji i inne, sprawiają że przestrzeń projektowania staje się wielowymiarowa; stąd mowa o projektowaniu wielowymiarowym – MD (*Multi Dimensional*). Koszt, ze względu na jego wagę w praktyce, jest głównym parametrem niegeometrycznym co uzasadnia potrzebę zajęcia się nim w pierwszej kolejności.

#### 5. Kalkulacja kosztów – dwie drogi

Projektowanie w technologii BIM polega na korzystaniu z biblioteki elementów strukturalnych o zdefiniowanych wcześniej parametrach geometrycznych i materiałowych. Jest oczywiście możliwość wprowadzenia do projektu unikalnych elementów, ale pierwsze ich użycie wymaga większego nakładu pracy. Pierwsza metoda kalkulacji to droga szybkiej wyceny szacunkowej. Polega ona na wykorzystaniu cennika scalonego skojarzonego z biblioteką elementów BIM. Ceny scalone uwzględniają średnie koszty materiałów, robocizny i sprzętu. Znakając ilości robót i ceny scalone można łatwo i szybko wyznaczyć szacunkowy koszt budowy, w zasadzie bez korzystania z systemów kosztorysowych. Druga droga odpowiada kalkulacji szczegółowej; automatyzacji podlega jedynie sporządzenie przedmiaru, zaś dalsze kroki wykonywane są w systemie kosztorysowym.

Pierwsza droga może być bardzo pożyteczna w przypadku szybkiej wyceny szacunkowej na dowolnym etapie projektu i nie wymaga znajomości kosztorysowania przez projektantów. Do zautomatyzowania tej drogi producenci oprogramowania muszą wykonać pewne czynności wstępne, m.in. obliczyć ceny scalone odpowiadające elementom biblioteki BIM. Dla zapewnienia zgodności pomiędzy elementami biblioteki elementów BIM, cennika czy zbioru specyfikacji należy posłużyć się systemem klasyfikacji. Większość znanych systemów CAD o zasięgu globalnym używa klasyfikacji OmniClass (OmniClass, 2006) opracowanej początkowo w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie, a później także w wielu innych krajach. Klasyfikacja OmniClass wykorzystuje znane i wykorzystywane wcześniej standardy dla różnych potrzeb budownictwa takie jak MasterFormat, Uniclass, UniFormat, EPIC i ASTM. Systemy klasyfikacji opracowane w Polsce służyły potrzebom GUS i nie nadają się do zastosowań o jakich mowa w niniejszym artykule. Jak dotąd nie opracowano

polskiej wersji OmniClass, co utrudnia wdrożenie do praktyki systemów szybkiej wyceny szacunkowej.

Aplikacja opisana w niniejszym artykule stanowi realizację drugiej drogi – wyceny szczegółowej. Jej istotą, a w każdym razie największym atutem jest możliwość korzystania z przedmiarów pobranych bezpośrednio z modelu (pliku IFC), bądź dodatkowo doliczonych jeśli są niezbędne do kosztorysowania. Stopień szczegółowości przedmiaru jest kontrolowany przez użytkownika i dostosowany do potrzeb kosztorysu. Mając przedmiar oraz opis elementu wprowadzony na etapie projektu z gotowej biblioteki lub indywidualnie, można wybrać jedną z możliwości:

- przyjąć cenę „z ręki”,
- znaleźć odpowiednik w cenniku scalonym i posłużyć się tą ceną,
- możemy wreszcie w oparciu o zasoby systemu kosztorysowego (KNR-y, cenniki) dokonać wyceny szczegółowej.

Lista elementów projektowych zostaje utworzona automatycznie jako pozycje w systemie kosztorysowym, gotowa do wyceny. Rezultatem obliczeń jest cena jednostkowa elementu danego typu. Wszystkie elementy tego typu zostaną automatycznie wycenione na podstawie skalkulowanej ceny jednostkowej i przedmiarów pobranych z pliku IFC.

#### 6. Opis aplikacji Zuzia BIM

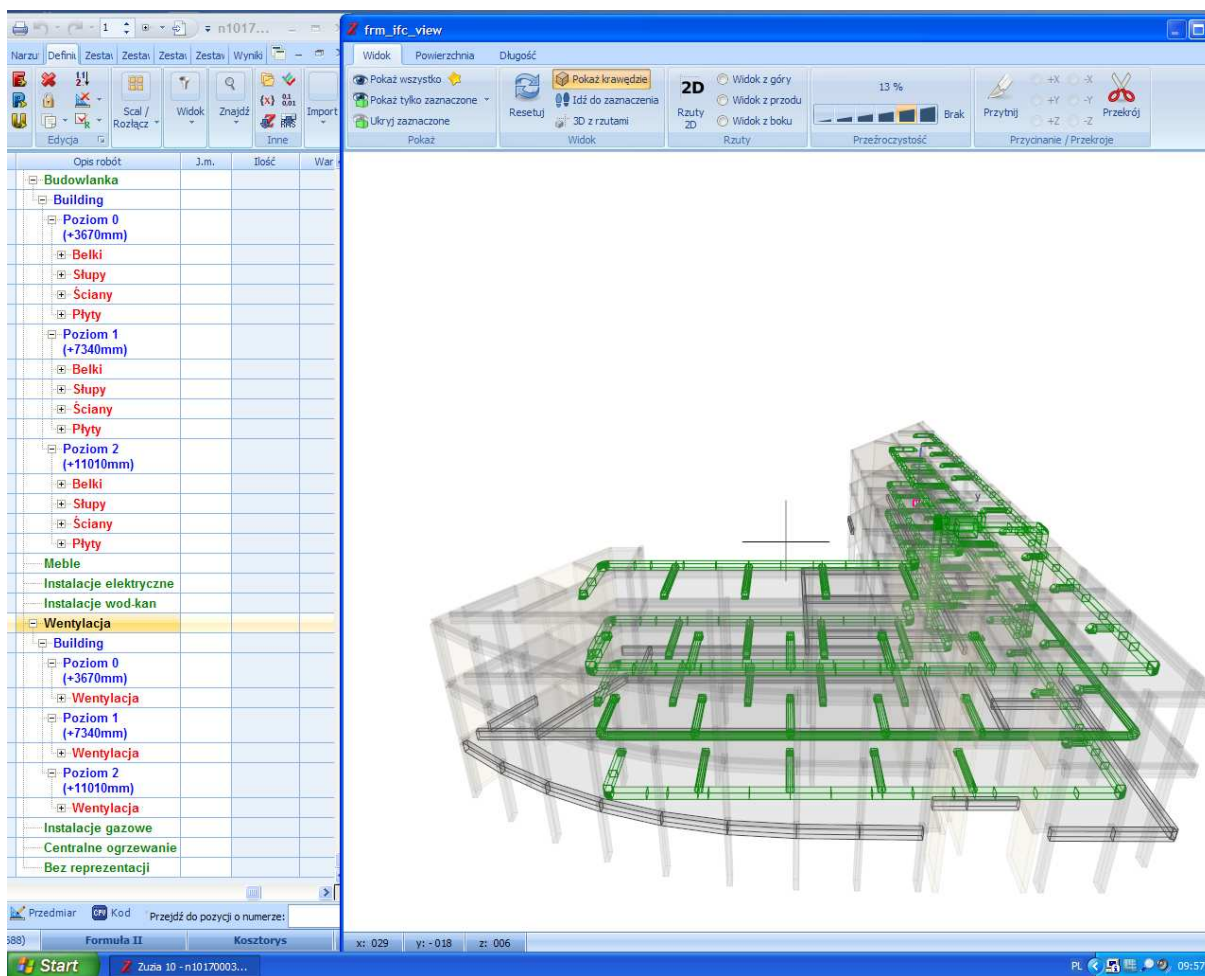
Jak wspomniano, Zuzia BIM jest aplikacją służącą do kosztorysowania na podstawie przedmiaru wczytanego bezpośrednio z modelu wirtualnego utworzonego w systemie CAD wyposażonym w technologię BIM. Model ten może uwzględniać rezultaty pracy architektów, konstruktorów i instalatorów i powinien być podstawą do sporządzenia kosztorysu wszystkich prac budowlanych i wykończeniowych. Aplikacja składa się z przeglądarki umożliwiającej wczytanie i wizualizację wirtualnego modelu budowy oraz systemu kosztorysowego (rys. 3). System kosztorysowy jest wyposażony we wszystkie potrzebne funkcje wraz z zapleczem w postaci katalogów i cenników. Przeglądarka pozwala wczytać dane modelu zapisanego w formacie IFC i umożliwia jego wizualizację w postaci bryły o ścianach nieprzezroczystych, częściowo przezroczystych aż do postaci tak zwanej drutowej w której widoczne są tylko krawędzie.

Funkcjonalność przeglądarki ZuziaBIM obejmuje (mduł przeglądarki systemu ZuziaBIM o nazwie BIM Vision można pobrać ze strony [www.datacomp.com.pl](http://www.datacomp.com.pl))

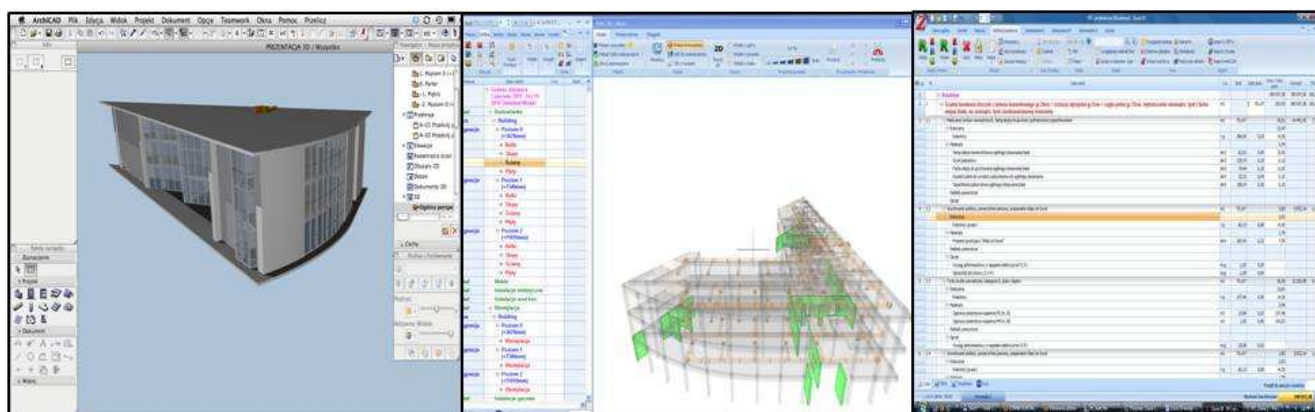
- Czytanie modeli wirtualnych w formacie IFC 2x3,
- Operacje geometryczne – obroty, przesunięcia, zbliżenia,
- Wizualizację ze zmienną przezroczystością,
- Prezentację modelu wraz z drzewkiem strukturalnym zgodnie z opracowanym projektem dla wszystkich branż, z uwzględnieniem rodzajów instalacji,
- Prezentację wybranych elementów drzewka,
- Odcięcie części modelu,
- Odrzucenie wybranych elementów modelu,

- Obliczenie przedmiarów elementów,
  - Transfer przedmiarów do systemu kosztorysowego.
- Projektanci na etapie projektowania wprowadzają określoną strukturę w budowni i decydują jakie elementy należą do danej kondygnacji, dachu itp. Struktura projektu może być drzewiasta – od całej budowli poprzez grupy elementów (na przykład kondygnacje), podgrupy (na przykład klatka schodowa), aż do elementu (na przykład ścianka wewnętrzna). Dla kontroli działań na etapie analizy danych istnieje możliwość wizualizacji wybranych pozycji kosztorysu poprzez wyróżnienie wybranych elementów modelu (rys. 4). Zaznaczone elementy można

oglądać na tle innych, można je usunąć z modelu bądź pokazać tylko zaznaczone elementy. Można także w zależności od potrzeb dokonać przekrojów modelu, usunąć wskazane elementy, obracać i powiększać. Przeglądarka działa niezależnie od systemu w którym model wirtualny został utworzony. W prezentowanym przykładzie model został utworzony w systemie Archicad, elementy konstrukcji zostały zaprojektowane w systemie Advance, projekt instalacji zostały opracowany w systemie DDS CAD, zaś kosztorys w systemie Zuzia (rys. 5).



Rys. 4. Widok w przeglądarce – wyróżnione elementy instalacji na tle półprzezroczystego modelu



Rys. 5. Od lewej: model w Archicadzie, widok z przeglądarki ZuziaBIM – model ze strukturą i kosztorys



Przeglądarka formatu IFC przenosi strukturę modelu jaką nadali jej projektanci wprost do kosztorysu (rys. 6). Poszczególne elementy modelu stanowią pozycje w kosztorysie systemu Zuzia BIM. Wszystkie elementy BIM tego samego typu stanowią jedną, tzw. pozycję BIM. Dalszy sposób postępowania jest już rutynowy – potrzebne dane pobieramy z Katalogów Nakładów Rzeczowych, cenników lub wpisujemy wprost i otrzymujemy wartość kosztorysową. W zależności od potrzeb można wykonać obliczenia dla tak zwanego stanu zerowego, czy dla określonej części budowl.

## 7. Wnioski

Na uwagę zasługuje fakt, że dzięki technologii BIM mamy do czynienia z faktyczną integracją wszystkich branż współpracujących przy opracowaniu projektu. Opisana procedura wyceny skraca czas szczegółowej wyceny na podstawie danych pobranych z wirtualnego

modelu budowl. Jest to szczególnie ważne w przypadku modyfikacji modelu kiedy można efektywnie wykorzystać związek pomiędzy dokonywaną zmianą i jej kosztem.

Wspomniano już wcześniej, że opisana technologia projektowania z użyciem BIM jest wspierana przez inwestorów z uwagi na jej efektywność, lepszą jakość dokumentacji w porównaniu z techniką klasyczną (bez użycia BIM), możliwość lepszej kontroli kosztów inwestycji, zmniejszenia kosztów projektu szczególnie w przypadku modyfikacji dokonywanych w projekcie. Metoda kalkulacji szczegółowej zrealizowana w obecnej wersji systemu ZuziaBIM wymaga jednak stosunkowo dobrej znajomości zasad kosztorysowania. Obecnie opracowywana jest metoda szybkiej wyceny szacunkowej, która wymaga od użytkownika jedynie znajomości podstaw kosztorysowania i może być stosowana przez projektantów w dowolnej fazie projektu, ale wymaga znacznie wyższego poziomu automatyzacji i nakładu pracy przy tworzeniu systemu informatycznego.

The screenshot shows the ZuziaBIM software interface. The main window displays a cost estimate (kosztorys) with a list of construction items (Lp., Nr, Podstawa) and their associated costs. The dialog box 'Wybór pozycji z katalogu' is open, showing a list of catalog items (Katalogi, Rozdziały) with search filters and options to select items from the catalog.

Lp.	Nr	Podstawa	Opis	Cena	Wartość	Wart. z narz.
4	1.1.1	Kondygnacja	-2. Poziom 0 (+3670mm)			
7	1.1.2	Kondygnacja	1. Poziom 0 (+3670mm)			
8	1.1.2.1		Ściany			
78	1.1.2.2		Dodatkowe (Proxy)			
208	1.1.2.3		Stupy			
252	1.1.2.4		Belki			
293	1.1.2.5		Ściany osłonowe			
305	1.1.3	Kondygnacja	3. Poziom 1 (+7340mm)			
306	1.1.3.1		Ściany			
331	1.1.3.2		Dodatkowe (Proxy)			
460	1.1.3.3		Stupy			
500	1.1.3.4		Belki			
538	1.1.3.5		Płyty			
565	1.1.4	Kondygnacja	4. Piętro			
566	1.1.4.1		Ściany			
567	1.1.4.1.1		SCIANA ZEW; blocki z betonu komórkowego gr. 24 cm + izolacja zewn. tynk cienkowarstwowy mineralny			
568	1.1.4.1.2		SCIANA ZEW; blocki z betonu komórkowego gr. 24 cm + izolacja zewn. tynk cienkowarstwowy mineralny			
569	1.1.4.1.3		SCIANA ZEW; blocki z betonu komórkowego gr. 24 cm + izolacja syropian gr. 5 cm + cegła pełna gr. 12 cm, wykończenie wewn. tynk i farba olejna biała, na zewn. tynk cienkowarstwowy mineralny	m2	150	
570	1.1.5	Kondygnacja	5. Poziom 2 (+11010mm)			
571	1.1.5.1		Ściany			
596	1.1.5.2		Dodatkowe (Proxy)			
733	1.1.5.3		Stupy			
734	1.1.5.3.1	KNR 20/269/1 (1)	EL- 285	m	3,670	

The dialog box 'Wybór pozycji z katalogu' is open, showing a list of catalog items (Katalogi, Rozdziały) with search filters and options to select items from the catalog.

Rys. 6. Fragment kosztorysu w systemie ZuziaBIM – pozycje zgodne ze strukturą projektu

## Literatura

- Eastman Ch., Teicholz P., Sacks R., Liston K. (2008). BIM Handbook – A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers and Contractors *John Wiley&Sons Inc.*, Hoboken, New Jersey.
- Moryc S. (2011). Pakiet Koszt Office. *Informatyka w Budownictwie*, 1/2011.
- Vico Software Integrating Construction. (2008). *Control 2008 User Guide*.
- Lachmi K. (2008). D-Profiler: A "Macro" BIM Solution, *AECbytes Product Review*, 2008.
- OmniClass (2006). A Strategy for Classifying the Built Environment, Introduction and User guide, Edition 1.0, 2006-03-28 Release. *OmniClass*.
- Integrated Project Delivery: A Guide. *The American Institute of Architects & California Council National*, 2007.

## INTEGRATION OF DESIGN COSTING USING BIM PLATFORM

**Abstract:** In the paper the idea of CAD and estimation cost systems were considered where BIM technology in multidimensional design was applied. The exchange between various CAD systems using IFC format were depicted. Two methods of cost calculations were presented – estimated and detailed. The new system ZuziaBIM showed automated process of taking off based on directly imported models from various branch applications. The example of detailed cost calculation was included.