

# Rozsądne miasto 3D

W erze szybkiego rozwoju technologii pomiarowych opracowanie trójwymiarowego modelu zabudowy nie jest już wielką filozofią. Sztuką wciąż pozostaje natomiast utrzymanie go w aktualności, integracja z innymi rejestrami oraz udostępnienie obywatelom. Z tymi wyzwaniem – jako jedno z pierwszych miast w Polsce – chce się zmierzyć Poznań.

**Grzegorz Hopek,  
Michał Michałowski**

**S**tolica Wielkopolski ma już swój model zabudowy. Korzystając z danych z lotniczego skanowania laserowego kraju pozyskanych przez GUGiK na potrzeby projektu ISOK, opracowano cyfrowe, trójwymiarowe odwzorowanie zabudowy całego miasta o szczegółowości zgodnej ze standardem CityGML LoD 0 oraz 1 (patrz ramka). Choć model ten jest przydatny w wielu zadaniach urzędu, to ma kilka istotnych mankamentów. Po pierwsze, jego szczegółowość dla części zastosowań jest niewystarczająca. Po drugie, dane nie są przechowywane w strukturze bazodanowej, ale po prostu w plikach DGN czy SHP 3D, co utrudnia zarządzanie zbiorem i jego udostępnianie. Po trzecie, dane ISOK pozyskano w 2012 r. Z każdym rokiem ulegają więc dezaktualizacji.

By rozwiązać wszystkie te problemy, stworzono koncepcję budowy, aktualizacji oraz udostępniania modelu 3D Poznania. Jej inicjatorem jest Zarząd Geodezji i Katastru Miejskiego GEOPOZ – jednostka, która w imieniu poznańskiego ratusza realizuje zadania służby geodezyjnej i kartograficznej, a także zarządza miejskim systemem informacji przestrzennej. Koncepcja ta wpisuje się w założenia programu budowy infrastruktury informacji przestrzennej. Nawiązuje również do rozporządzenia Rady Ministrów z 12 kwietnia 2012 r. w sprawie Krajowych Ram Interoperacyjności, minimalnych wymagań dla rejestrów publicznych i wymiany informacji w postaci elektronicznej oraz minimalnych wymagań dla systemów teleinformatycznych, a także do modelu zapisu danych zgodnego z OGC CityGML

– uznanym, międzynarodowym standardem tworzenia i zarządzania modelami 3D o różnych poziomach szczegółowości.

## • Tworzenie modelu

Utworzenie modelu 3D Poznania realizowane będzie własnymi siłami GEO-

POZ-u na podstawie danych z lotniczego skanowania kraju oraz informacji pozyskiwanych w wyniku realizacji zadań statutowych urzędu. Na bazie chmury punktów ISOK utworzony zostanie numeryczny model terenu (NMT) o oczku siatki 1 m oraz numeryczny model pokrycia terenu (NMPT) w rozdzielczości 0,5 m. Oprócz NMT i NMPT wykorzystane zostaną kontury budynków do optymalizacji procedury generowania modelu poprzez przetwarzanie punktów w ramach poszczególnych obrysów oraz nadanie obiektom 3D odpowiednich identyfikatorów numerycznych budynków. Warstwa obrysów będzie sumą warstw budynków ewidencyjnych oraz bloków budynków pozyskiwanych na stacjach fotogrametrycznych w procesie stereodigitalizacji zdjęć lotniczych. Dużym wyzwaniem będzie tu zbadanie oraz poprawa topologii użytych zbiorów – kontury przylegających do siebie budynków nie mogą się bowiem nakładać.

Po weryfikacji materiał ten zostanie użyty do automatycznego generowania brył budynków z połączeniami dachowymi, a więc na poziomie szczegółowości LoD 2. Ze względu na wysoką liczbę obiektów i stopień złożoności modelu generowanie tych brył będzie się odbywać za pomocą aplikacji korzystającej z biblioteki dachów (rys. 1). W przypadku wystąpienia nowych typów dachów, nierozpoznawanych przez program, możliwe będzie dodanie nowych typów do biblioteki.

Trafność konstruowania połączeń dachowej zależy od jakości materiału źródłowego oraz stopnia skomplikowania bryły. Ocena poprawności odwzorowania dachów będzie możliwa dzięki generowanej przez program mapie rozbieżności, na której wskazywane będą obiekty wymagające korekty (rys. 2). Na tym etapie pra-

## Poziomy szczegółowości modelu 3D wg CityGML

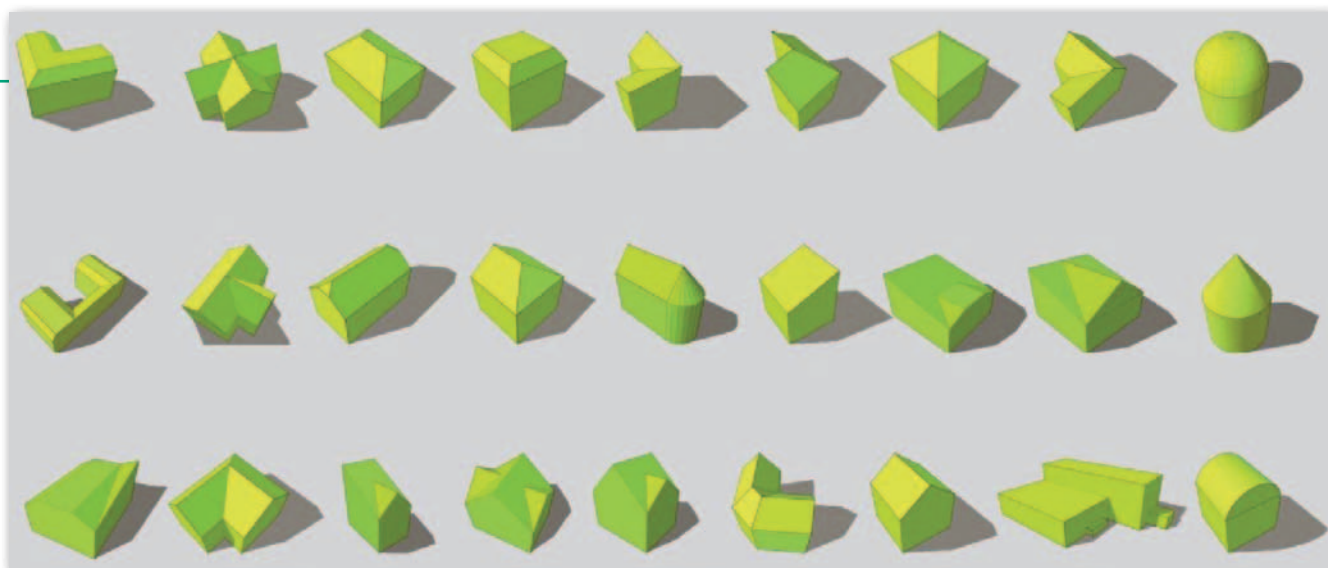
• **LoD 0** – prosty model terenu 2,5D, w którym płaskie obrysy budynków i/ lub dachów są nałożone na numeryczny model terenu (ewentualnie z nałożonymi zdjęciami lotniczymi lub mapami rastrowymi).

• **LoD 1** – model, w którym budynki przedstawione są jako proste bloki ze zgeneralizowaną geometrią i płaskim dachem, a wysokość obiektu to uśredniona wysokość budynku wygenerowana z interpretacji materiału wejściowego.

• **LoD 2** – model geometryczny, w którym budynki mają odwzorowany kształt dachów, ale nie są uwzględnione dodatkowe zewnętrzne elementy obiektu, jak np. kominy, balkony. Model jest otekstrowany. Do pozyskiwania informacji 3D o budynkach na tym poziomie szczegółowości wykorzystuje się głównie dane ze skaningu laserowego.

• **LoD 3** – model geometryczny, w którym dokładnie odwzorowano kształt dachów budynków oraz wszystkie elementy większe niż 0,5 m. Do pozyskiwania informacji na potrzeby takich opracowań wykorzystuje się dane fotogrametryczne, ze skaningu laserowego oraz z pomiaru z użyciem tachimetrów w trybie bezlustrowym.

• **LoD 4** – model geometryczny o pełnym odwzorowaniu architektonicznym zarówno z zewnątrz, jak i wewnątrz budynku.



Rys. 1. Biblioteka dachów automatyzująca generowanie brył budynków

ownik na stanowisku roboczym będzie mieć możliwość ręcznego utworzenia modelu budynku z odpowiednim kształtem dachu, dodania elementów zagospodarowania terenu oraz teksturowania modelu. Efektem jego pracy będzie model wybranego obszaru zapisywany w formatach SHP 3D oraz CityGML.

Model dla całego Poznania powstanie w szczególności LoD 2. Dla wybranych części miasta opracowane zostaną również modele LoD 3 i LoD 4. Ze względu na wysokie koszty i pracochłonność dotyczy to jedynie strefy śródmieścia oraz obiektów o szczególnym znaczeniu dla miasta (obiekty użyteczności publicznej, obiekty o znacznej wartości architektonicznej i historycznej, obiekty małej architektury, mosty, wiadukty czy węzły komunikacyjne). Szczegółowy zakres wykonania tych modeli będzie zależeć od zapotrzebowania zgłaszanego do GEOPOZ-u przez po-

szczególne wydziały Urzędu Miasta Poznania.

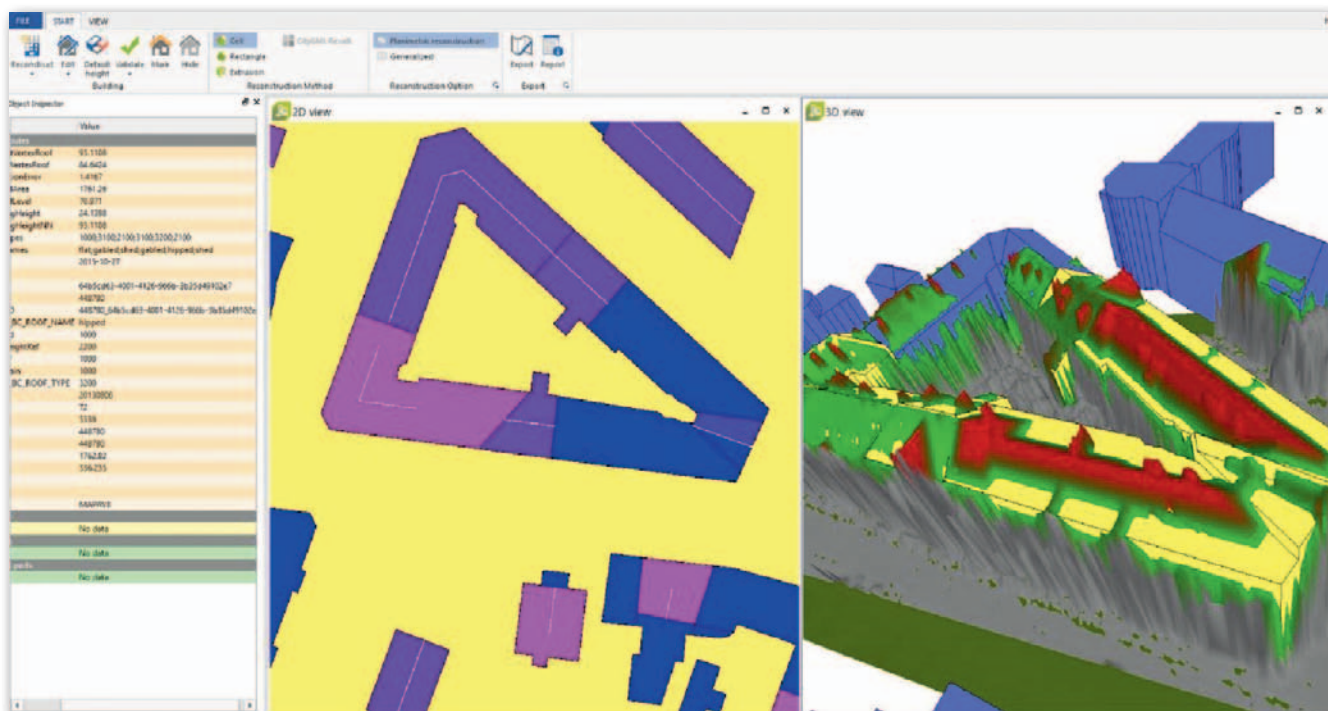
### • Baza danych

Przygotowany i zweryfikowany model zapisywany będzie również w bazie danych Oracle, co umożliwi wersjonowanie i zarządzanie historią obiektów. Import do bazy będzie wykonywany za pomocą 3DCityDB Importer/Exporter – otwartego oprogramowania rozwijanego przez Instytut Geodezji i Nauk Geoinformacyjnych Uniwersytetu Technicznego w Berlinie. Wykorzystywany przez to narzędzie standard 3DCity umożliwia zapis zarówno geometrii tworzonych obiektów, jak i elementów opisowych. Na tym etapie, przed zapisem obiektów w bazie, wykonywana jest weryfikacja poprawności importowanego pliku. Za pośrednictwem aplikacji możliwe jest również łączenie lub usuwanie obiektów z bazy.

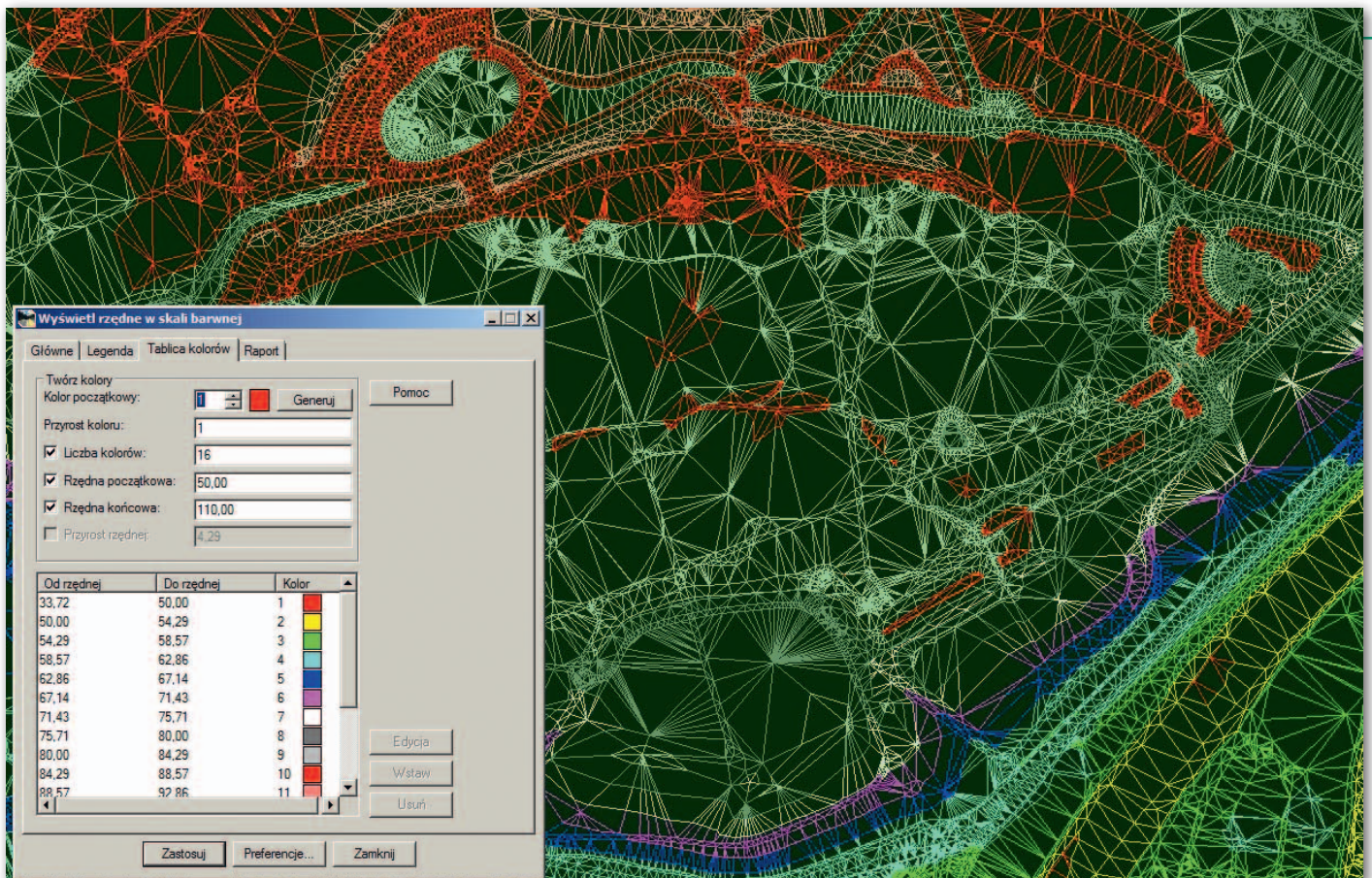
Ze względu na chęć integracji danych 3D z innymi rejestrami funkcjonującymi w Poznaniu zdecydowano się na nadanie rekordom w bazie takich identyfikatorów, które pozwolą na powiązanie obiektów w modelu 3D z obiektami przechowywanymi w innych miejskich zasobach. Takie podejście umożliwi na przykład wyświetlanie dodatkowych informacji o budynkach widocznych w modelu 3D, a także wykonywanie na jego podstawie bardziej zaawansowanych analiz przestrzennych.

### • Aktualizacja

Dane wysokościowe na potrzeby modelu 3D Poznania będą aktualizowane również siłami GEOPOZ-u w ramach prac związanych z Systemem Informacji Przestrzennej Poznania. Wykorzystana zostanie do tego celu digitalizacja zdjęć lotniczych (rys. 3). Koncepcja zakłada,



Rys. 2. Mapa rozbieżności między biblioteką dachów a modelem budynku



Rys. 3. NMT stworzony na podstawie danych fotogrametrycznych (klasyfikacja na podstawie rzędnych terenu)

że aktualizacja będzie przeprowadzana dla całego miasta co dwa lata, gdyż właśnie w takim cyklu miasto pozyskuje nową ortofotomapę. Poza ortofotomapę i danymi z pracowni fotogrametrycznej w bieżącej aktualizacji stosowane będą również:

- lotnicze zdjęcia ukośne; 22 marca br. został uruchomiony w wersji testowej portal SIP miasta Poznania, który zawiera moduł przeglądarki zdjęć ukośnych (<http://195.216.117.150/sip/>),

- lotnicze i naziemne skanowanie laserowe oraz naloty z wykorzystaniem dronów,

- bezlusterkowy pomiar tachymetryczny,
- inne metody pomiaru i zbierania danych, w tym wykorzystanie fotografii naziemnych z późniejszą obróbką w dedykowanych aplikacjach.

Wybór źródła informacji będzie zależał od powierzchni aktualizacji, żądane go poziomu szczegółowości oraz zakładanego czasu wykonania. Aktualizacja będzie się odbywała według następujących scenariuszy (rys. 4):

- pobranie danych z bazy 3DCity, wprowadzenie zmian, generowanie modelu za pomocą dedykowanej aplikacji, eksport do bazy danych,

- pobranie danych z bazy 3DCity, aktualizacja obiektów (w tym teksturowanie brył), zapis do bazy danych (wykonywane w oprogramowaniu desktopowym Bentley MicroStation),

- pobranie gotowych modeli w plikach (np. DGN), zapis do pliku zgodnego z CityGML oraz do bazy danych,

- aktualizacja atrybutów obiektów za pomocą danych wektorowych i bazodanowych.

### • Publikacja

Jednym z celów ZGiKM GEOPOZ jest integracja modelu 3D z danymi 2D gromadzonymi przez miejskie jednostki organizacyjne, w tym z materiałami z państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego. W planach jest także publikacja tego opracowania dla użytkowników Systemu Informacji Przestrzennej – zarówno pracowników poznańskiego magistratu (i podległych mu jednostek), jak i grup branżowych oraz wszystkich internautów. Realizacja tych celów wymaga zautomatyzowanych procedur generujących zasoby w interakcji z żądaniami użytkowników. W ramach projektowanego systemu funkcje te spełniać będzie serwer FME (*Feature Manipulation Engine*). Ma on być odpowiedzialny za:

- tworzenie NMT oraz siatki kwadratów do aplikacji generującej modele,

- przygotowywanie, przetwarzanie i optymalizację danych w celu publikacji w wybranych mediach,

- pełnienie roli hurtowni plików na żądanie użytkownika zewnętrznego po podaniu zakresu generowanych danych oraz oczekiwanego formatu,

- transformację danych pomiędzy różnymi środowiskami z GIS.

Udostępnienie zasobu i prezentacja danych będą się odbywać w przeglądarce internetowej. W ramach przygotowania i kompilacji aplikacji webowej administrator systemu będzie miał możliwość integracji różnych źródeł danych za pomocą Publikatora 3D – specjalnego modułu miejskiego SIP. Pozwala on m.in. na publikację danych w formacie CityGML (przygotowywanych przez serwer FME), modeli terenu, ortofotomapy i zdjęć ukośnych. W celu optymalizacji pracy aplikacji materiały te podlegają konwersji do odpowiedniego formatu. Administrator może ponadto umieszczać usługi WMS i WFS oraz pliki KML/COLLADA. Na etapie przygotowywania portalu da się także definiować kategorie treści przeznaczone dla użytkowników o różnym poziomie dostępu do informacji. Serwis umożliwi:

- wyświetlanie i ukrywanie warstw,
- wyświetlanie atrybutów po kliknięciu na obiekt, a na żądanie – również generowanie raportu o obiekcie,

- wyszukiwanie obiektów na mapie na podstawie ich atrybutów (punkt adresowy, funkcja budynku, punkty użyteczności publicznej itp.),

- wyszukiwanie tras przejazdu z wykorzystaniem usług OpenStreetMap,

- prezentację modeli 3D o różnym stopniu szczegółowości oraz płynne przelączenie się pomiędzy nimi,

- wyświetlanie treści od innych dostawców, np. obrazu z kamer monitoringu,

- interaktywne osadzanie plików i modeli w formacie CityGML, KML/COLLADA (np. koncepcji architektonicznej) z opcją ukrywania istniejących obiektów,

- eksport wyselekcjonowanych obiektów do plików w formatach DWG, DGN, DXF, SHP, KML, COLLADA, CityGML, PDF 3D (ostatnie rozszerzenie to popularny dokument PDF zawierający informacje o współrzędnych obiektów, pozwalający również na wyświetlanie/ukrywanie wybranych warstw oraz wykonywanie prostych obliczeń),

- drukowanie widoku mapy z określeniem formatu pliku oraz wielkości wydruku,

- wykonywanie analiz zacielenia o dowolnej porze.

Oprócz przeglądarki 3D posiadającej wymienione funkcje użytkownik będzie mógł korzystać z portalu do prezentacji lotniczych zdjęć ukośnych. Obrazy te będzie można przeglądać z czterech podstawowych kierunków (N, W, S, E), a także dokonywać na ich podstawie pomiaru wysokości oraz współrzędnych na zdjęciu. Zaletą tej formy publikacji jest wysoka rozdzielczość zdjęć i możliwość obejrzenia elewacji budynków z różnych stron. Wadą jest natomiast brak obiektywności prezentowanego zasobu.

## • Analizy z wykorzystaniem zasobu 3D

Utworzone, aktualizowane i publikowane w opisany sposób modele 3D Poznania będą wykorzystywane w ramach zadań realizowanych przez poszczególne jednostki miejskie. Wśród wielu potencjalnych zastosowań można wymienić choćby:

- wydawanie decyzji o warunkach zabudowy,

- opracowywanie miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego (MPZP),

- analizy zagrożenia powodziowego oraz lokalnych podtopień,

- sporządzanie map akustycznych,

- badanie rozkładu przestrzennego zanieczyszczeń,

- analizy stanu zieleni w połączeniu z ortofotomapami wykonanymi w widmie podczerwonym,

- projektowanie lokalizacji masztów telefonii komórkowej,

- analizy potencjału solarnego,

- analizy widoczności z kamer monitoringu,

- określanie dróg ewakuacji w sytuacjach kryzysowych,

- analizy rozprzestrzeniania się pożarów.

Jeszcze większe możliwości wykorzystania systemu 3D dałoby uzupełnienie

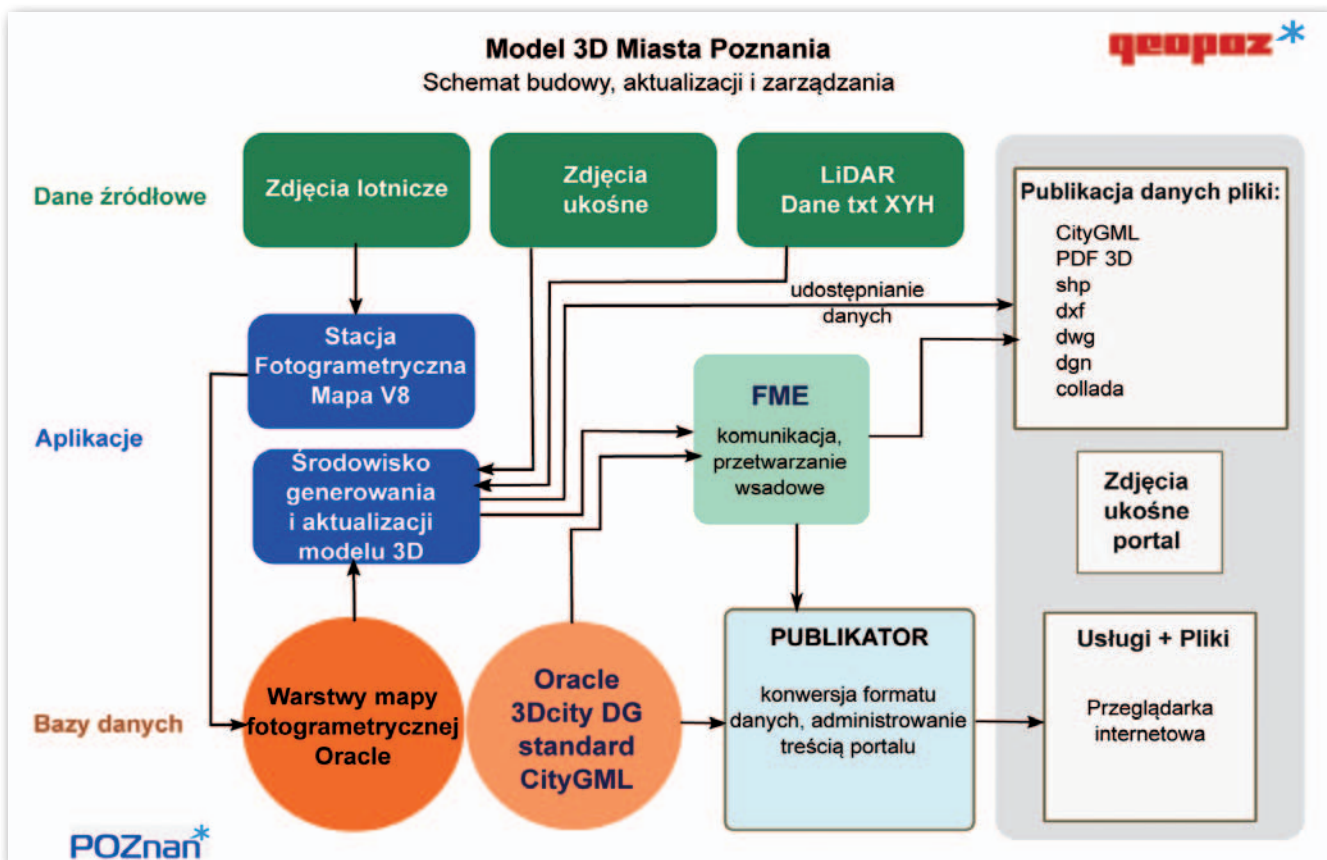
modelu o warstwy związane z siecią uzbrojenia podziemnego oraz infrastrukturą techniczną Poznania. Pozwoliłoby to na lepsze zarządzanie procesami inwestycyjnymi w mieście, a w szczególności na koordynację inwestycji drogowych.

## • Obrazek czy narzędzie?

Kiedy te wszystkie ambitne plany staną się rzeczywistością? Ze względu na kompleksowość zagadnień związanych z modelowaniem 3D oraz publikacją tego typu danych trudno jeszcze określić jednoznaczny termin realizacji projektu. Poza tym tempo prac jest uzależnione od pozyskania środków finansowych z budżetu miasta lub unijnych dotacji.

Oczywiście ktoś może powiedzieć, że bogata oferta firm geodezyjnych pozwala wykonać podobne opracowanie znacznie szybciej, łatwiej i być może również taniej. Warto jednak zadać sobie pytanie, czy model 3D miasta ma być jednorazowym zakupem danych, które szybko się zdezaktualizują i staną się wyłącznie atrakcyjnym obrazkiem? A może powinna być to przemyślana inwestycja w narzędzie, które będzie służyć miastu i jego mieszkańcom przez wiele lat?

Grzegorz Hopek, Michał Michałowski  
Zarząd Geodezji i Katastru Miejskiego  
GEOPOZ



Rys. 4. Schemat organizacji systemu 3D Poznania