

Aspekty metodologiczne budowy rozszerzenia dziedzinowego CityGML na przykładzie mapy zasadniczej

Methodological aspects of developing CityGML application
domain extension illustrated with the example of the base map

Katarzyna Góźdz

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji

Słowa kluczowe: CityGML, dane 3D, mapa zasadnicza, modelowanie pojęciowe, rozszerzenie dziedzinowe CityGML

Keywords: CityGML, 3D data, base map, conceptual modelling, CityGML application domain extension

Wprowadzenie

Przedmiotem opracowania jest analiza aspektów metodologicznych budowy rozszerzenia dziedzinowego schematu aplikacyjnego CityGML (ang. *Application Domain Extension CityGML*) oraz ich praktyczne zastosowanie w celu opisu danych mapy zasadniczej w trzech wymiarach.

CityGML jest jednym ze standardów służących do zapisu i wymiany danych 3D, który dostarcza schematu aplikacyjnego GML zawierającego klasy obiektów występujące w trójwymiarowych modelach miast. Schemat ten traktowany jest jak kanwa (szkielet), która może być uszczegółowiona o struktury modeli pojęciowych krajowych lub lokalnych zbiorów danych przestrzennych. Tego typu rozwinięcie schematu CityGML o sformalizowany opis dodatkowych klas obiektów nosi nazwę rozszerzenia dziedzinowego schematu aplikacyjnego CityGML, znanego również pod akronimem "ADE CityGML". Przykładem zastosowania ADE CityGML do opisu trójwymiarowych danych 3D jest opracowany w Holandii Krajowy Standard 3D (ang. *National 3D Standard*) (Stoter i in., 2013).

Autorka podjęła próbę przedstawienia modelu pojęciowego danych 3D mapy zasadniczej, przy zastosowaniu mechanizmów integracji schematu CityGML z modelami pojęciowymi krajowych baz danych przestrzennych, mając na uwadze, że w obecnym ujęciu prawnym mapa zasadnicza stanowi standardowe opracowanie kartograficzne tworzone na podstawie sześciu zbiorów danych przestrzennych zawartych w zharmonizowanych bazach danych: ewidencji gruntów i budynków, geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu, bazie danych obiektów topograficznych, państwowego rejestru granic i powierzchni podziałów terytorial-

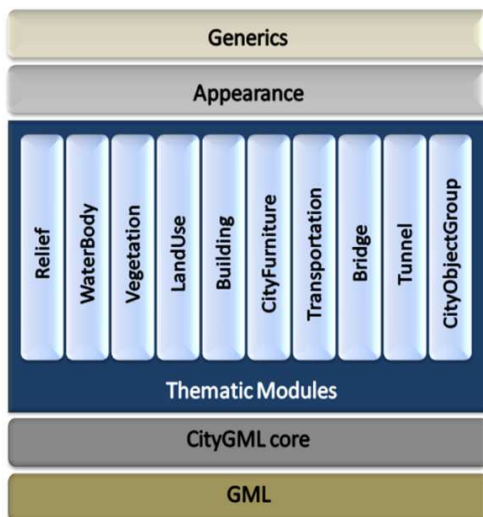
nych kraju, państwowego rejestru podstawowych osnów geodezyjnych oraz bazie danych szczegółowych osnów geodezyjnych.

Podstawowe informacje na temat CityGML

CityGML jest międzynarodowym standardem opracowanym przez organizację Open Geospatial Consortium¹, przeznaczonym do budowy trójwymiarowych modeli miast (OGC, 2012). Jako produkt CityGML stanowi schemat aplikacyjny, zapisany przy wykorzystaniu języka znaczników geograficznych – GML (ang. *Geography Markup Language*). Wyjaśnić należy, że GML jest formalnym środkiem opisu danych przestrzennych oraz formatem wymiany tych danych rekomendowanym w Międzynarodowych Normach ISO serii 19100 – *Geographic Information*, nie stanowi on jednak w dosłownym sensie języka aplikacyjnego, a jedynie definiuje elementy dotyczące aspektu przestrzennego geoinformacji. Zatem, aby zastosować język GML w konkretnych dziedzinach konieczne jest opracowanie schematu aplikacyjnego GML (.xsd), opisującego logiczną organizację danych w pliku oraz ich znaczenie i kontekst, w odniesieniu do określonego obszaru tematycznego (Kmieciak, 2005). Przykładem takiego schematu jest CityGML.

CityGML umożliwia opisanie cech semantycznych (rozumianych jako właściwości obiektów określane przez atrybuty opisowe), a także cech geometrycznych i topologicznych oraz wyglądu obiektów.

CityGML posiada strukturę modułową (rys. 1), składa się z modułu bazowego (ang. *core module*) oraz modułów tematycznych (ang. *thematic extension modules*), wśród których wyróżnić należy: Budynki (*Building*), Mosty (*Bridge*), Inne obiekty miejskie (*CityFurniture*), Użytkowanie terenu (*LandUse*), Obiekty związane z transportem (*Transportation*), Tunele (*Tunnel*), Roślinność (*Vegetation*), Cieki i zbiorniki wodne (*WaterBody*) oraz Numeryczny model terenu (*Relief*).



Rysunek 1. Moduły CityGML
(źródło: opracowanie własne na podstawie OGC, 2012)

Moduł bazowy należy traktować jako nadrzędny, ponieważ wszystkie klasy obiektów zdefiniowane w modułach tematycznych dziedziczą właściwości z klas abstrakcyjnych znajdujących się w tym właśnie module. Ze względu na brak ścisłych powiązań pomiędzy poszczególnymi modułami standard dopuszcza implementację jednego lub kilku z nich (niekoniecznie wszystkich) w zależności od potrzeb informacyjnych użytkowników.

Dzięki całkowitej autonomiczności modułów tematycznych, CityGML nabiera charak-

¹Open Geospatial Consortium (w skrócie OGC) jest międzynarodową organizacją typu non-profit, zrzeszającą szereg organizacji, firm, agencji rządowych i uczelni, która zajmuje się rozwijaniem i implementacją otwartych standardów dla danych i usług przestrzennych, systemów informacji geograficznej (GIS), do celów przetwarzania danych i ich udostępniania.

teru uniwersalnego, bowiem może być wykorzystywany zarówno w celu zgromadzenia informacji dotyczących wąskiej, specyficznej dziedziny, na przykład danych o obiektach budowlanych, jak i pełnego zakresu informacyjnego dla trójwymiarowego modelu miasta. Niezależność modułów tematycznych pozwala również na sukcesywne dostosowywanie danych źródłowych do struktury schematu CityGML i ich stopniową implementację.

W CityGML zastosowano mechanizmy integracji ze schematami zawartymi w Międzynarodowych Normach ISO serii 19100. Istota tej integracji sprowadza się do wykorzystania w schemacie aplikacyjnym CityGML zawartych w normach schematów pojęciowych, bądź ich fragmentów (rys. 2). Szczególną rolę odgrywa przywołanie schematów znormalizowanych dotyczących geometrii i topologii, zdefiniowanych w normie ISO 19107 (ISO 19107, 2003).

W standardzie CityGML wyróżnia się pięć poziomów szczegółowości prezentacji obiektów, znanych pod akronimem „LOD” (ang. *Level of Details*) (rys. 3).

Poziom szczegółowości determinuje do pewnego stopnia zakres treści i dokładność położenia obiektów, stąd jego wybór jest zazwyczaj zależny od zasięgu i charakteru opracowywanego obszaru, potrzeb użytkowników systemu geoinformacyjnego oraz przesłanek organizacyjno-ekonomicznych jego twórców.

Innym czynnikiem wpływającym na wieloaspektowe wykorzystanie CityGML jest możliwość jego integracji z zewnętrznymi schematami aplikacyjnymi. Specyfikacja identyfikuje dwa podejścia do integracji:

- 1) rozbudowę „zewnętrznego” schematu aplikacyjnego o typy obiektów występujące w CityGML,
- 2) rozszerzenie CityGML o typy obiektów i atrybuty występujące w „zewnętrznym” schemacie aplikacyjnym (metoda jest stosowana przeważnie wtedy, gdy schemat ten jest strukturalnie zbliżony do CityGML).

Pomimo tego, że CityGML nie jest jedynym formatem wymiany danych 3D, to jednak jako nieliczny zapewnia wewnętrzną spójność logiczną i merytoryczną różnych modułów tematycznych, w przeciwieństwie między innymi do formatów:

- IFC, który umożliwia wyłącznie zapis cech obiektów budowlanych,
- LandXML, który ma zastosowanie głównie w inżynierii wodno-ładowej,
- DXF, który koncentruje się na rejestracji cech geometrycznych obiektów, bez uwzględnienia aspektu semantycznego (Kolbe i in., 2005).

Biorąc pod uwagę powyższe można przyjąć, że CityGML stanowi uniwersalny pod względem stosowanych rozwiązań standard, pozwalający na uzyskanie sformalizowanego opisu pełnego zakresu informacyjnego dotyczącego obiektów występujących w przestrzeni wielkomijskiej.

Ogólne zasady budowy rozszerzenia dziedzinowego CityGML

W myśl wytycznych zawartych w dokumencie pt. *Modeling an application domain extension of CityGML in UML – OGC Best Practice* opracowanym przez organizację OGC (2014), schemat aplikacyjny CityGML może zostać rozbudowany o struktury modeli pojęciowych krajowych lub lokalnych zbiorów danych przestrzennych. Wyżej wymieniony dokument zawiera zbiór dobrych praktyk (ang. *best practices*) w zakresie rozwinięcia schematu aplikacyjnego CityGML o sformalizowany opis dodatkowych klas obiektów w celu utwo-

rzenia ADE CityGML, przy zapewnieniu jego integralności z infrastrukturą informacji przestrzennej, budowaną według zasad przyjętych w dyrektywie INSPIRE (Dyrektywa, 2007), dając przy tym możliwość docelowego wykorzystania schematu w różnych dziedzinach tematycznych.

Wprawdzie dokument OGC nie stanowi podstawy formalno-prawnej dla tworzenia ADE CityGML, jednak zalecenia w nim zawarte określają warunki rozszerzenia schematu aplikacyjnego w sposób jednoznaczny i umożliwiający poprawne rozumienie jego struktury i zawartości. Stąd reguły określone w tym dokumencie, które wykorzystano między innymi przy tworzeniu holenderskiego Standardu 3D IMGeo², autorka artykułu uznała za wzorcowe dla opisu struktury danych 3D mapy zasadniczej.

Proces budowy ADE CityGML winien składać się z następujących etapów:

- 1) opisanie modelu CityGML w języku UML,
- 2) identyfikacja zależności pomiędzy klasami obiektów CityGML i klasami obiektów krajowego modelu danych przestrzennych,
- 3) opracowanie ADE CityGML w języku UML,
- 4) transformacja schematu aplikacyjnego z UML do GML.

W związku z tym, że CityGML stanowi schemat aplikacyjny GML zaleca się zapisanie go w pierwszej kolejności w języku UML (ang. *Unified Modeling Language*), który zapewni czytelność i jednoznaczną interpretację struktur danych przestrzennych przez odbiorców. UML jest bowiem środkiem modelowania informacji geograficznej, zalecanym w normach ISO serii 19100, a zarazem językiem graficznym stanowiącym platformę komunikacji i służącym do specyfikowania elementów systemu informatycznego. W odróżnieniu od UML, GML jest natomiast językiem znaczników, dedykowanym do przetwarzania maszynowego przez aplikacje komputerowe.

W celu automatycznego odtworzenia modelu UML na podstawie plików XSD stosuje się tak zwaną „metodę inżynierii odwrotnej” (ang. *Reverse Engineering Method*).

Kolejnym etapem prac jest zbadanie analogii pomiędzy strukturami danych traktowanego jako wzorcowy modelu CityGML i krajowego modelu danych przestrzennych, przy czym podobieństwo powinno być weryfikowane pod względem semantyki zawartości i struktur logicznych danych przestrzennych.

Na tej podstawie schemat aplikacyjny CityGML zostaje rozwinięty o sformalizowany opis typów obiektów i ich właściwości (atrybutów, relacji lub ograniczeń). Rekomenduje się przyjęcie opisanych poniżej trzech zasad.

Zasada 1. Klasy obiektów występujące w modelu krajowym, które odpowiadają wprost klasom obiektów z modelu CityGML należy zapisać jako ich podtypy, nadając im nazwy identyczne z nazwami klas CityGML oraz pozostawiając na diagramie ich dotychczasowe oznaczenia w języku ojczystym w formie *aliasów* (nazw zastępczych) w celach u efektywnienia interpretacji modelu. Każdej klasie obiektów należy również przypisać stereotyp <<ADEElement>>, który przesądza, że atrybuty tej klasy powinny być zapisywane w pliku XSD bezpośrednio jako elementy klasy CityGML. Zaleca się ponadto nadanie stereotypu <<ADE>> relacji generalizacji występującej pomiędzy obiema klasami (rys. 4).

²The Information Model Geography (w skrócie IMGeo) jest holenderskim standardem wymiany danych o obiektach topograficznych, o szczególności zapewniającej tworzenie wielkoskalowych opracowań kartograficznych.

Zasada 2. Jeżeli klasy obiektów występujące w modelu krajowym nie mają swoich odpowiedników w postaci klas obiektów CityGML należy rozważyć podjęcie działań mających na celu modyfikację krajowego modelu danych przestrzennych tak, aby był on jak najbardziej zbliżony pod względem struktur danych do modelu CityGML. Gdy zmiana taka nie jest możliwa, należy rozbudować model CityGML o nowe klasy obiektów ze stereotypem <<FeatureType>>, łącząc je relacjami generalizacji z odpowiednimi klasami CityGML występującymi w module bazowym (rys. 5).

Zasada 3. Klasy obiektów ze stereotypem <<CodeList>> występujące w modelu CityGML mogą być wykorzystane do zdefiniowania dziedziny atrybutów, jednak – zgodnie ze specyfikacją CityGML – ich stosowanie nie jest normatywne. Holenderskie doświadczenia w tym zakresie sugerują, iż lepszym rozwiązaniem jest wykorzystanie list słownikowych występujących w krajowym modelu danych przestrzennych, bowiem wartości w nich zawarte są zapisane w języku ojczystym i posiadają klarowny kontekst semantyczny, przez co są jednoznacznie interpretowalne przez odbiorców. Ponadto, wartości dopuszczalne z klas słownikowych CityGML nie zawsze odpowiadają wprost wartościom z list kodowych zawartych w modelach krajowych, przez co bezpośrednia transformacja jest utrudniona bądź niemożliwa.

Ostatnim etapem prac winna być transformacja opracowanego schematu aplikacyjnego UML na schemat aplikacyjny GML. Zasady przekształcania tych schematów aplikacyjnych określa norma ISO 19136 (ISO 19136, 2007), która w załączniku E zawiera stosowny zbiór reguł kodowania.

ADE CityGML dla danych 3D mapy zasadniczej

W rozumieniu art. 2 pkt 7 ustawy *Prawo geodezyjne i kartograficzne* (Ustawa, 1989) mapą zasadniczą jest *wielkoskalowe opracowanie kartograficzne, zawierające informacje o przestrzennym usytuowaniu punktów osnowy geodezyjnej, działek ewidencyjnych, budynków, konturów użytków gruntowych, konturów klasyfikacyjnych, sieci uzbrojenia terenu, budowli i urządzeń budowlanych oraz innych obiektów topograficznych, a także wybrane informacje opisowe dotyczące tych obiektów.*

Mając na uwadze różnorodność celów, którym służy mapa zasadnicza ze względu na jej bogactwo informacyjne można przypuszczać, że zastosowanie trójwymiarowych danych geometrycznych zwiększyłoby jej wartość użytkową oraz ułatwiłoby interpretację jej treści.

W związku z powyższym podjęto próbę opracowania rozszerzonego schematu aplikacyjnego ADE CityGML na potrzeby opisu struktur trójwymiarowych danych mapy zasadniczej, wykorzystując metodykę opisaną w poprzednim rozdziale.

Pierwszym etapem prac było dokonanie tabelarycznego przyporządkowania wybranych klas obiektów występujących w modelach pojęciowych krajowych zbiorów danych przestrzennych odpowiednim klasom modelu CityGML. Podobieństwo określano na podstawie semantyki pojęć oraz właściwości atrybutów.

Następnie model CityGML, zapisany uprzednio w języku UML, został rozbudowany o sformalizowany opis wybranych klas obiektów występujących w modelach pojęciowych danych ewidencji gruntów i budynków, geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu oraz bazy danych obiektów topograficznych (rys. 6).

Utworzony schemat aplikacyjny UML został przetransformowany na schemat aplikacyjny GML (rys. 7). Transformację wykonano metodą automatyczną przy wykorzystaniu oprogramowań *ShapeChange* oraz *Enterprise Architect*.

W celu weryfikacji poprawności opracowanego schematu CityGML dokonano jego sprawdzenia na wybranym przypadku studialnym. Trójwymiarową geometrię obiektów utworzono przez integrację danych ewidencyjnych i topograficznych z danymi z lotniczego skaningu laserowego. Stosowne operacje i przekształcenia zostały wykonane w oprogramowaniu FME Workbench. Wygenerowane pliki CityGML sprawdzono pod kątem poprawności semantycznej i syntaktycznej przy wykorzystaniu programu Altova XMLSpy.

Podsumowanie

W artykule wykazano, że rozszerzenie dziedziny schematu aplikacyjnego CityGML może służyć jako wzorzec do sformalizowanego opisu danych 3D, umożliwiając jednoznaczne rozumienie struktur tych danych oraz ich spójną implementację w różnych środowiskach i za pomocą odmiennych narzędzi informatycznych. Ponadto wykazano, że, zastosowanie reguł kodowania opartych na metajęzyku XML daje możliwość weryfikacji poprawności zawartości plików *.gml* oraz pozwala na skuteczną wymianę danych 3D pomiędzy różnymi systemami geoinformacyjnymi.

Pomyślna realizacja kolejnych etapów budowy ADE CityGML dla danych 3D mapy zasadniczej oraz uzyskane rezultaty wykonanych prac testowych upoważniają do stwierdzenia, że zilustrowana w tym artykule metodyka, oparta na generowaniu modelu pojęciowego na podstawie schematu CityGML, zapewnia opracowanie poprawnego schematu aplikacyjnego dla danych trójwymiarowych.

Odnosząc się do zakresu tematycznego mapy zasadniczej należałoby sformułować postulat uzupełnienia kolejnej wersji Specyfikacji OGC CityGML o moduł tematyczny *Utilities*, w którym znajdowałyby się klasy obiektów reprezentujące urządzenia i sieci uzbrojenia terenu.

Warto zwrócić uwagę, że opracowanie modelu pojęciowego danych 3D mapy zasadniczej nie uwzględnia innych zagadnień problemowych z zakresu tworzenia mapy zasadniczej w wersji 3D. Istotną kwestią wymagającą analizy jest chociażby problem integracji danych pochodzących z różnych repozytoriów informacyjnych w celu budowy trójwymiarowej geometrii obiektów, w szczególności w kontekście postępu technologicznego jaki dokonał się w ostatnich latach w dziedzinie rozwoju nowoczesnych, precyzyjnych metod i technik pomiarowych. Niezbędne wydaje się podjęcie działań mających na celu doprowadzenie do pełnej automatyzacji procesów integracyjnych danych pochodzących z różnych zbiorów danych państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego, co jest warunkiem koniecznym osiągnięcia interoperacyjności, a zarazem umożliwienia wspólnego, wieloaspektowego wykorzystywania tych zbiorów.

Trójwymiarowe dane przestrzenne stanowią czynnik materializujący geometryczną i topologiczną strukturę przestrzeni oraz warunkują lokalizację obiektów wraz z przypisaną do nich treścią tematyczną, stąd to opracowanie można traktować jako zaczątek rozważań dotyczących bardziej złożonego zagadnienia, jakim jest budowa trójwymiarowych infrastruktur informacji przestrzennej, które dostarczą podstawy do zastosowania zaawansowanych metod analitycznych w celu optymalizacji decyzji biznesowych, dotyczących różnych dziedzin życia gospodarczego i społecznego.

Literatura

- Dyrektywa 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 marca 2007 r. ustanawiająca infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE). L. 108/1.
- ISO 19136, 2007: Geographic information. Geography Markup Language (GML). ISO/TC 211 Geographic Information/ Geomatics.
- ISO 19107, 2003: Geographic information. Spatial Schema. ISO/TC 211 Geographic Information/ Geomatics.
- Kmiecik A., 2005: Problematyka modelowania informacji geograficznej w schematach GML. *Roczniki Geomatyki* t. 3, z. 4: 91-98, PTIP, Warszawa.
- Kolbe T., Gröger G., Plümer L., 2005: CityGML: Interoperable access to 3D city models. Proceedings of the Symposium on Geo-information for disaster management: 883-899, The Netherlands, Delft.
- OGC, 2012: OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. OGC.
<http://www.opengis.net/spec/citygml/2.0>
- OGC, 2014: Modeling an application domain extension of CityGML in UML. OGC Best Practice, OGC 12-066.
- Stoter J., Beetz J., Ledoux H., Reuvers M., Klooster R., Janssen P., Penninga F., Zlatanova S., van der Brink L., 2013: Implementation of a National 3D Standard: Case of the Netherlands. [In:] Progress and New Trends in 3D Geoinformation Sciences. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography: 277-298, Springer Berlin Heidelberg.
- Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. *Prawo geodezyjne i kartograficzne*. Dz.U. 2010 nr 193, poz. 1287 z późn. zm.

Streszczenie

Celem artykułu jest analiza aspektów metodologicznych budowy tzw. rozszerzenia dziedzinowego schematu aplikacyjnego CityGML (ang. Application Domain Extension CityGML) na przykładzie mapy zasadniczej. W opracowaniu podjęto próbę przedstawienia modelu pojęciowego danych 3D przy zastosowaniu mechanizmów integracji schematu CityGML z modelami pojęciowymi krajowych baz danych przestrzennych, na podstawie których jest tworzona mapa zasadnicza.

Proces budowy ADE CityGML składał się z 4 etapów: (1) opisanie modelu CityGML w języku UML, (2) identyfikacja zależności pomiędzy klasami obiektów CityGML i klasami obiektów krajowych modeli danych przestrzennych, (3) opracowanie ADE CityGML w języku UML, (4) transformacja schematu aplikacyjnego z UML do GML.

Przeprowadzone badania wskazały, że rozszerzenie dziedzinowego schematu aplikacyjnego CityGML może służyć jako wzorzec do sformalizowanego opisu danych 3D, umożliwiający jednoznaczne rozumienie struktur tych danych oraz ich spójną implementację w różnych środowiskach i za pomocą odmiennych narzędzi informatycznych.

Odnosząc się do zakresu tematycznego mapy zasadniczej należałoby sformułować postulat uzupełnienia kolejnej wersji Specyfikacji OGC CityGML o moduł tematyczny Utilities, w którym znajdowałyby się klasy obiektów reprezentujące urządzenia i sieci uzbrojenia terenu.

Pomyślna realizacja kolejnych etapów budowy ADE CityGML oraz uzyskane rezultaty wykonanych prac testowych upoważniły do stwierdzenia, że zilustrowana w niniejszym opracowaniu metoda, oparta na generowaniu modelu pojęciowego na bazie schematu CityGML, umożliwia opracowanie poprawnego schematu aplikacyjnego dla struktur danych mapy zasadniczej w trzech wymiarach.

Abstract

The main objective of this article is to analyse methodological aspects of developing CityGML Application Domain Extension illustrated with the example of the base map. The paper discusses an attempt to present a conceptual model of 3D data with the use of integration mechanisms of CityGML schema with conceptual schemas of the national spatial databases, on the basis of which the base map is created.

The process of developing CityGML ADE consisted of four stages: (1) description of the CityGML model in UML, (2) identification of relationships between CityGML object classes and object classes of the national models of spatial data, (3) development of CityGML ADE in UML, (4) transformation of application schema from UML to GML.

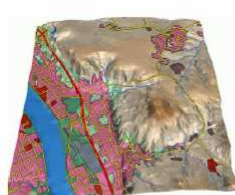
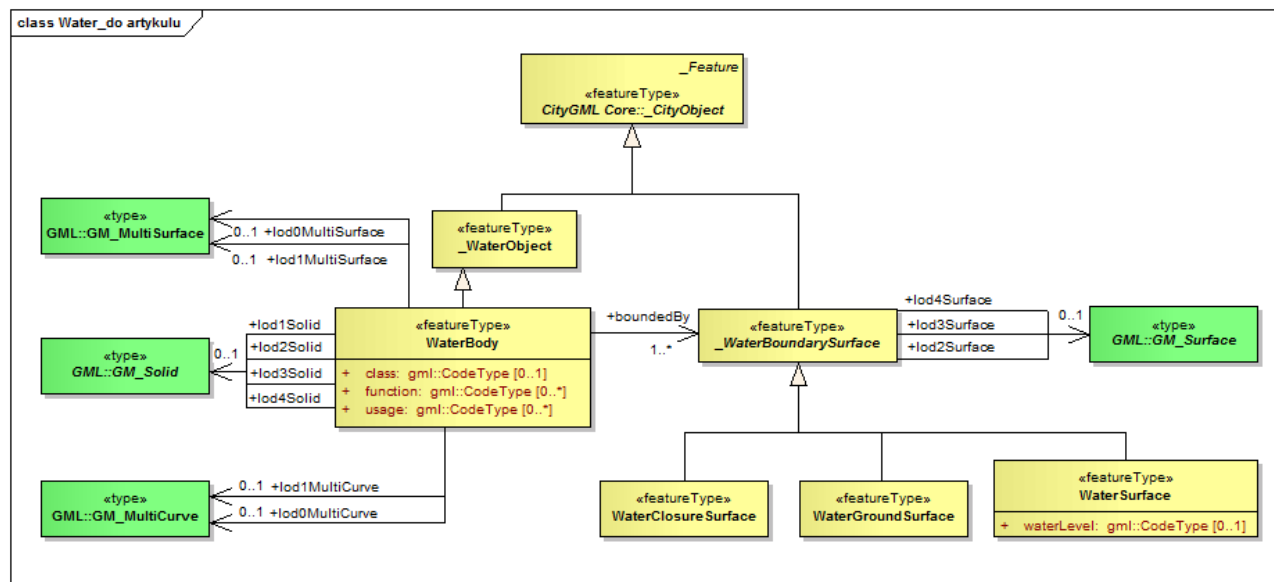
The conducted researches have indicated that the CityGML Application Domain Extension can serve as a pattern for describing formalised description of 3D data, allowing clear understanding of the data structures and their consistent implementation in different environments, using various IT tools.

Referring to the thematic scope of the base map, the postulate of supplementing the next version of CityGML OGC Specification with the „Utilities” Module containing object classes which represent the devices and network utilities, should be formulated.

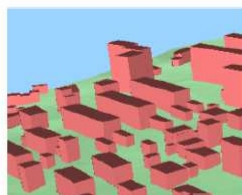
Moreover, the successful execution of all stages of creating ADE CityGML and obtained results of test work have confirmed that methodology illustrated in the paper (based on generating the conceptual model as an extension of CityGML) allows to develop the correct application schema for 3D data structures of the base map in three dimensions.

mgr inż. Katarzyna Góźdz
katarzyna.gozdz@wat.edu.pl

Rysunek 2.
Integracja CityGML
ze schematami
ISO 19107
(źródło: OGC, 2012)



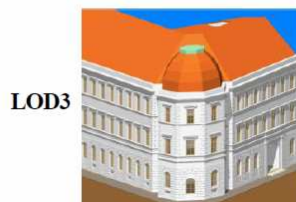
LOD0



LOD1



LOD2

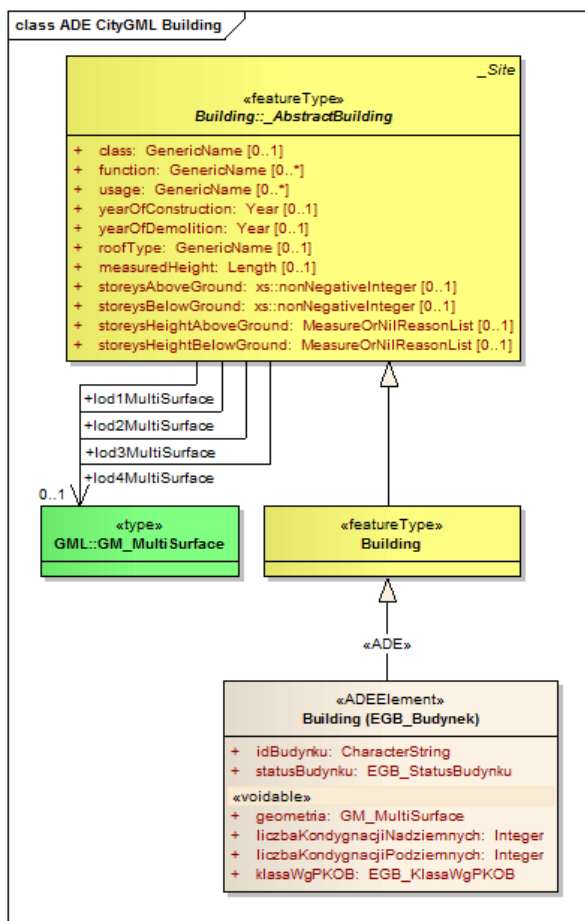


LOD3

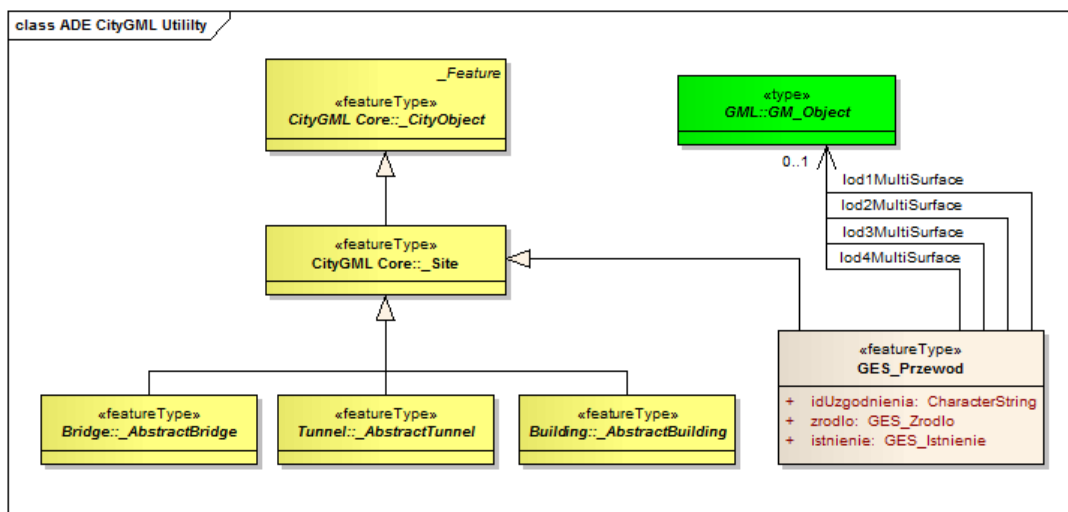


LOD4

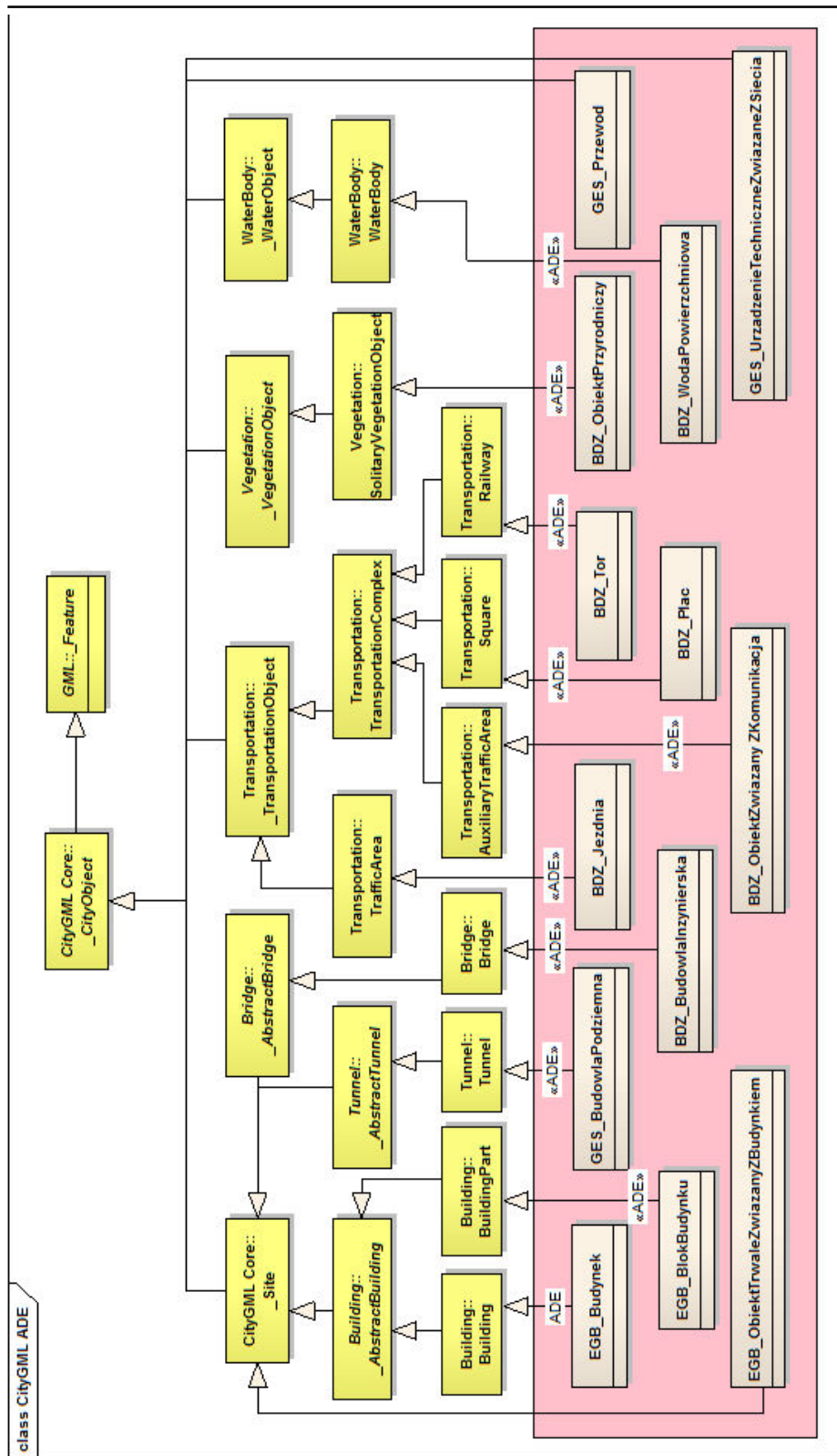
Rysunek 3. Poziomy szczegółowości w CityGML
(źródło: OGC, 2012)



Rysunek 4. Przykład rozwinięcia klasy Building (CityGML) o wybrane atrybuty klasy EGB_Budynek z modelu pojęciowego danych ewidencji gruntów i budynków (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 5. Przykład rozbudowy modelu CityGML o klasę obiektów GES_Przewod z modelu pojęciowego danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 6. Koncepcja budowy ADE CityGML dla danych 3D mapy zasadniczej – fragment schematu aplikacyjnego w języku UML (źródło: opracowanie własne)

```

<element name="idBudynku" type="string" substitutionGroup="bui:_GenericApplicationPropertyOfBuilding"/>
<element name="statusBudynku" type="gml:CodeType"
substitutionGroup="bui:_GenericApplicationPropertyOfBuilding"/>
<element name="geometria" substitutionGroup="bui:_GenericApplicationPropertyOfBuilding" nillable="true"/>
  <complexType>
    <simpleContent>
      <extension base="gml:MultiSurfacePropertyType">
        <attribute name="nilReason" type="gml:nilReasonType"/>
      </extension>
    </simpleContent>
  </complexType>
</element>
<element name="liczbaKondygnacjiNadziemnych" substitutionGroup="bui:_GenericApplicationPropertyOfBuilding"
nillable="true"/>
  <complexType>
    <simpleContent>
      <extension base="integer">
        <attribute name="nilReason" type="gml:nilReasonType"/>
      </extension>
    </simpleContent>
  </complexType>
</element>
<element name="liczbaKondygnacjiPodziemnych" substitutionGroup="bui:_GenericApplicationPropertyOfBuilding"
nillable="true"/>
  <complexType>
    <simpleContent>
      <extension base="integer">
        <attribute name="nilReason" type="gml:nilReasonType"/>
      </extension>
    </simpleContent>
  </complexType>
</element>

```

Rysunek 7. Koncepcja budowy ADE CityGML dla danych 3D mapy zasadniczej – fragment schematu aplikacyjnego w języku GML
(źródło: opracowanie własne)