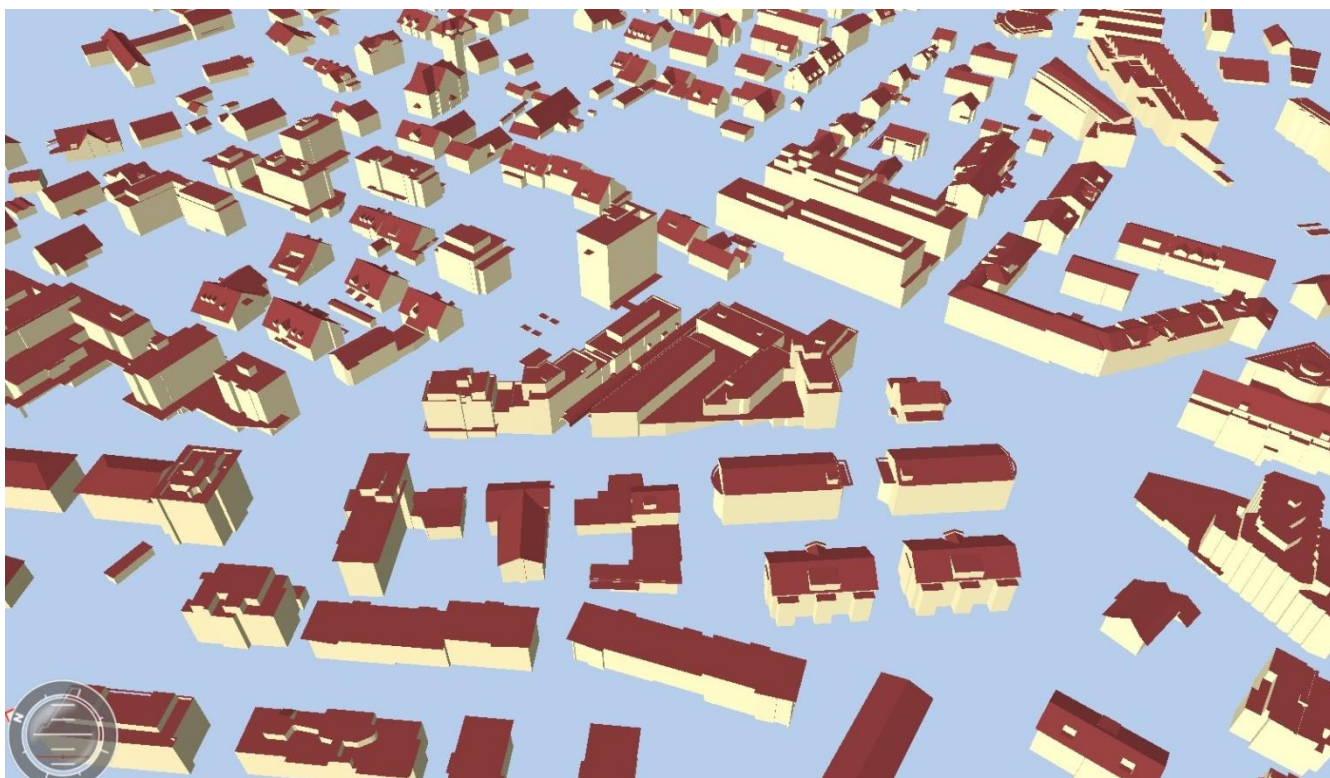


REALIZAREA MODELULUI VIRTUAL REALISTIC AL UNEI LOCALITĂȚI ÎN STANDARD CITYGML

*Activitatea 9 Elaborarea și realizarea soluției noi pentru tehnologia
„aplicarea standardului CityGML”*

LIVRABIL 9.1

**Descrierea operațiunilor, instrumentelor și metodelor de lucru
privind aplicarea standardului CityGML
(rezumat)**



Decembrie 2014

REZUMAT

LIVRABIL 9.1 Descrierea operațiunilor, instrumentelor și metodelor de lucru privind aplicarea standardului CityGML

Livrabilul este dezvoltat parțial fiind structurat pe 6 capitole:

- Un capitol introductiv (capitolul 1) care descrie standardul CityGML;
- Un capitol (capitolul 2) care descrie operațiile de aplicare a standardului CityGML la modelările 3D ale unei localități;
- Un capitol (capitolul 3) în care se descrie softul și procedurile FME pentru transformarea modelului 3D în format CityGML;
- Un capitol (capitolul 4) în care se descriu metodele de obținere a formatului intermediar CityGRID;
- Capitolul 5 descrie metodele de lucru pentru obținerea informațiilor necesare formatului standard CityGML;
- Un ultim capitol de realizare a modelelor 3D dintr-o localitate în format CityGML

Astfel, rezultatele obținute în urma activităților descrise în primele 5 capitole sunt prezentate succint în capitolul 6.

1 Standardul CityGML

Orice aplicație de realitate virtuală se desfășoară într-o scena virtuală compusă dintr-o colecție de modele, de obiecte tridimensionale. În mod obișnuit, crearea scenelor virtuale (modelarea) și vizualizarea (redarea) acestora se desfășoară ca două procese separate, datorită cerințelor de timp de execuție foarte diferențiate.

Modelarea scenelor virtuale este un proces prin care se creează colecția de modele ale obiectelor care compun scena virtuală. Procesul de modelare a obiectelor se desfășoară asistat de calculator, în diferite sisteme de proiectare, care pun la dispoziția proiectantului funcții de creare a modelelor pornind de la diferite date de intrare.

Pentru aplicațiile de realitate virtuală pot fi folosite atât sisteme de proiectare automată de uz general, cum este, de exemplu Autocad-ul.

Rezultatul operației de modelare îl reprezintă modelele obiectelor sau colecțiile de modele care compun o scena virtuală, și acestea sunt memorate sub formă de baze de date grafice, alcătuite dintr-unul sau mai multe fișiere.

Bazele de date grafice sunt reprezentate pe suport de memorie (fișiere) a modelelor obiectelor și a scenelor virtuale și conțin toate informațiile necesare pentru redarea scenelor.

Bazele de date obișnuite, utilizate pentru stocarea, actualizarea și regăsirea unor informații după un anumit criteriu, se bazează pe diferite modele de date, ca de exemplu modelul ierarhic, modelul rețea, modelul relațional, modelul orientării pe obiecte. În momentul de față, majoritatea sistemelor de

baze de date sunt sisteme relaționale care asigură eficiență și fiabilitate în actualizarea și regăsirea informațiilor memorate.

Formatele 3ds și dxf sunt formate de export ale sistemelor de proiectare de uz general. Ele nu au fost concepute special pentru proiectarea bazelor de date grafice, astfel că nu pot avea decât o utilizare limitată. De regulă, acestea se folosesc pentru proiectarea unor obiecte tridimensionale individuale, care sunt apoi înglobate în scene descrise prin formate mai complete.

Limbajul VRML (Virtual Reality Modeling Language) este un limbaj de scripting folosit pentru descrierea scenelor virtuale tridimensionale. Un fișier VRML este un fișier ASCII care conține descrierea unei scene virtuale și a unor acțiuni interactive, și poate fi accesat prin rețea folosind programe de navigare (browsere). Deși utilizarea cea mai frecventă a limbajului VRML constă în crearea și redarea scenelor 3D prin rețeaua Internet, un fișier VRML poate fi folosit și ca descriere a unei scene virtuale pentru aplicații de realitate virtuală care nu se desfășoară în rețea.

2 Descrierea operațiilor de aplicare a standardului CityGML la modelările 3D ale unei localități

Formatul CityGML

CityGML a fost propus pentru a rezolva problema inexistenței unui format standard pentru gestionarea și schimbul modelelor 3D. În urma unui proces continuu de cercetare în anul 2008 formatul CityGML 1.0.0 a fost adoptat ca standard de către Open Geospatial Consortium (OGC), un consortium internațional de peste 385 de companii, agenții guvernamentale, instituții de cercetare și universități. În prezent CityGML este recomandat la nivel European pentru a fi implementat în municipiile și capitalele europene, acest proces fiind deja în plină desfășurare în țări ca Germania, Elveția, Belgia, Olanda și Franța.

CityGML este un model informațional creat în cod VRML pentru reprezentarea obiectelor urbane în spațiul 3D.

CityGML definește clase și relații între cele mai relevante obiecte topografice din localități sau regiuni geografice ținând cont de proprietățile lor geometrice, topologice, semantice și de aspectul vizual. Aceste informații cu caracter tematic sunt astfel structurate și incluse în model, încât să nu deranjeze structura geometrică și formatele de schimb și totuși să permită analize sofisticate în diferite domenii de aplicabilitate cum ar fi simulări, studii de impact, facilități de management, interogări tematice complexe.

Nivele de detaliere a modelelor

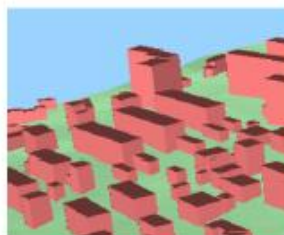
CityGML definește 5 nivele de detalii (LOD - Level Of Details), unde obiectele sunt descrise mai detaliat după cum crește LOD. Simultan, fișierele CityGML pot conține mai multe reprezentări pentru fiecare obiect în diferite grade LOD.

Tabelul 1. Nivelurile de detaliu în CityGML

	LOD0	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
Descrierea modelului la scară	regional, peisaj	oras, regiune	sector din oraș, proiecte	modele arhitecturale (exterior)	modele arhitecturale (interior)
Clasa de precizie	cea mai mică	mică	medie	mare	foarte mare
Precizia absolută a punctului 3D (poziție / înălțime)	mai mică decât LOD 1	5/5m	2/2m	0.5/0.5m	0.2/0.2m
Generalizare	generalizare minimă (clasificare a utilizării terenului)	blocurile obiectelor sunt generalizate; >6*6m/3m	obiectele sunt generalizate >4*4m/2m	obiectele apar asemenea realității; >2*2/1m	Reprezentarea elementelor constructive și a deschiderilor
Talpa reazemului	-	-	-	efecte exterioare reprezentative	forma reală a obiectului
Forma acoperișului / structură	Nu are	plată	tip acoperis orientativ	forma obiectului reală	forma obiectului reală
Mobilier urban	-	obiecte importante	obiecte importante	forma obiectelor reală	forma obiectelor reală
Obiecte de vegetație solitare (SolitaryVegetation Object)	-	obiecte importante	obiectele mai mari de 6m	obiectele mai mari de 2m	toate, forma obiectelor reală
Zone umplute cu vegetație (PlantCover)	-	>50*50m	>5*5m	<LOD2	<LOD2



LOD0



LOD1



LOD2



LOD3



LOD4

Fig 2.1 Nivelurile de detaliu în CityGML, exemplificare (sursa: Groger et al 2008, 9)

3 Descrierea softului și procedurilor FME pentru transformarea modelului 3D în format CityGML

Conversia fișierelor .shp în CityGML utilizând FME

Conversia fișierelor cu forma .shp de la ESRI în formatul CityGML a fost realizat cu ajutorul software-ului FME.

FME consideră că un set de date de forma *shape* sunt o colecție de fișiere *shape* într-un singur director. Tipul de geometrie și definițiile atributelor ale fiecărui fișier *shape* trebuie să fie definite în fișier înainte de a fi citit sau scris. *Building surfaces* și *Ground surfaces* au fost adăugate ca seturi de date sursă. (Fig. 2.1)

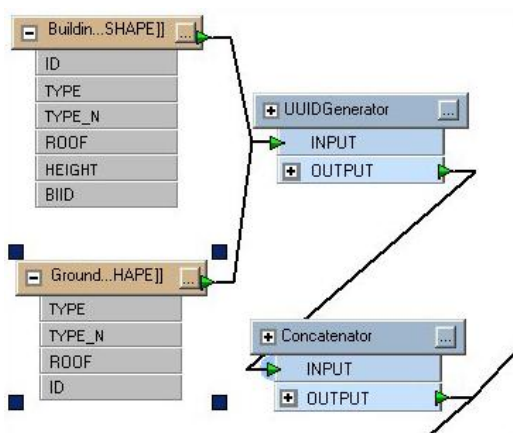


Fig. 3.1 Sursa de date

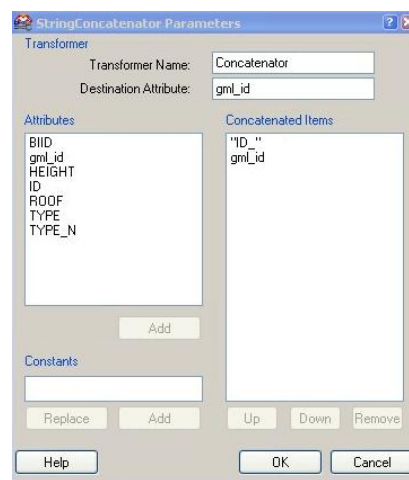


Fig. 3.2 Transformator Concatenator

Operatori folosiți în cadrul modelelor de generare

După adăugarea datelor sursă în FME pașii de conversie sunt concepuți cu transformatoare, cum ar fi:

- **UUIDGenerator**

Acest transformator calculează un UUID (identificator unic universal), pentru fiecare caracteristică de intrare, și îl adaugă ca un atribut nou. UUID-ul este exprimat ca fiind de tip *string* din 8 cifre hexazecimale, fiecare urmat de o cratimă, apoi trei grupuri de 4 cifre hexazecimale, fiecare urmat de o cratimă, apoi de 12 cifre hexazecimale. Un exemplu de UUID de la datele rezultate arata ca: *UUID_f484b3cd-012d-23cf-8fcb-58986cd61150*.

Acest tip de atribut este necesar pentru a se putea identifica în mod unic fiecare structura din cadrul modelului. În scopul de a aduce datele din ArcGIS în CityGML, ID-ul GML este creat folosind transformatorul *UUIDGenerator*. Crearea structurii ierarhice în cadrul CityGML se bazează pe definirea relațiilor de subordonare între clasele de elemente (clădiri, părți de clădire, pereților, fețe ale acoperișului, podea).

- **String Concatenator**

Acest transformator se folosește pentru a forma noi atribute prin concatenarea valorilor a două sau mai multe câmpuri. StringConcatenator permite utilizatorului să creeze noi atribute pentru structurile modelului pentru a asigura unicitatea elementelor în cadrul procesului de transformare în formatul CityGML.

După transformatorul *Concatenator*, datele de ieșire s-au separat în două moduri diferite. Primul merge la transformatorul *Geometry Remover*, în scopul de a elimina geometria clădirii, iar al doilea mod merge în *AttributeFilter*, în scopul de a filtra atributele de intrare depinzând de informațiile semantice ale construcțiilor. (Fig. 3.3)

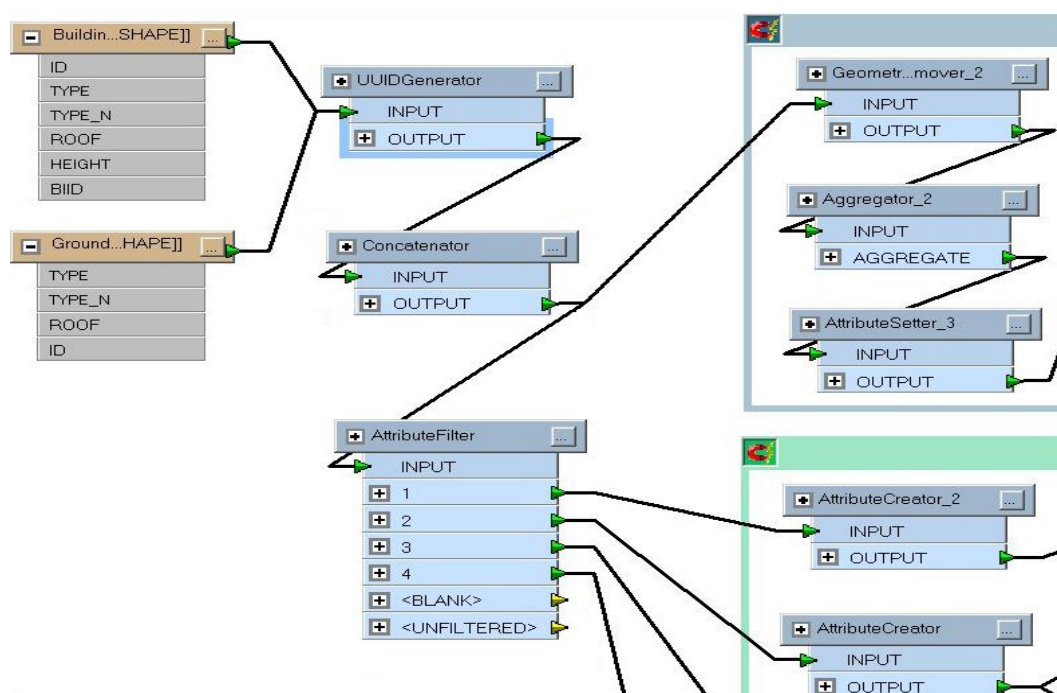


Fig. 3.3 Datele sursă și primele transformări în FME Workbench

- **AttributeFilter**

Ieșirile transformatorului de filtrare corespund cu tipurile asociate elementelor componente. În cadrul procesului de transformare este necesar un minim de tipuri pentru a se asigura un model coerent:

- 1 se referă la „acoperiș”;
- 2 se referă la „pereți”;
- 3 se referă la „baza construcției”;
- 4 se referă la „acoperișuri speciale (lucarne, mansarde)”.

Gruparea grafică a transformatorilor se realizează prin intermediul bookmark-urilor. Acestea permit realizarea unui mai bun control asupra transformatorilor folosiți prin intermediul graficii.

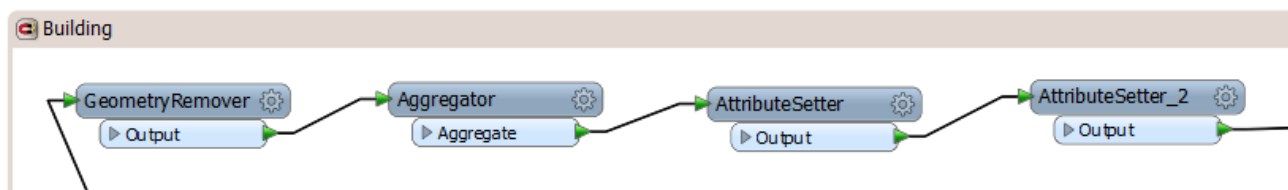


Fig. 3.4 Secvența de corelare cu formatul CityGML

În secvența de mai sus se realizează setarea atributelor specific pentru tipul Building din CityGML. Ca și ierarhie în structura de date .xml această structură ocupă un loc primar, toate celelalte date structure fiind subordonate acesteia.

- **GeometryRemover**

Elimină complet geometria obiectelor. Este folosit cu precădere în structuri în care partea descriptivă a datelor primează sau în cazul transformării geometriei pentru stergerea geometriei anterioare.

- **Aggregator**

Combină caracteristicile geometrice și textual în valori agregate, astfel încât să se creeze o singură înregistrare unică pentru fiecare clădire.

- **AttributeSetter**

Setează un atribut existent la o valoare constantă sau la altă valoare a unui alt atribut. În cadrul modelului este transformatorul care face legătura între partea textuală care susține geometria din formatul .shp cu formatul CityGML. Atributele sunt necesare pentru definirea clădirilor în modelul de date CityGML.

- **AttributeCreator**

Reprezintă o altă modalitate de adăugare a atributelor și completare a valorilor necesare racordării cu formatul .gml. Noile atribute au fost create în scopul de a seta valorile pentru dimensiunea sistemului de coordonate, nivelul de detaliere stabilit sau tipul suprafeței.

Este importantă legarea obiectelor în ordinea aferentă standardului CityGML, în caz contrar, modelul nu va fi validat.

- **AttributeCopier**

Transformatorul folosit pentru această operațiune este Attribute Copier

În cele mai multe cazuri atribuirea id-urilor unice nu este necesară pentru toate elementele din cadrul modelului. Astfel ca, structurile de ordin superior de tipul 'Building', sau 'Cityobjectmember' pot avea ca ID valoarea unui atribut furnizat de utilizator.

O astfel de alegere facilitează identificarea obiectelor în cadrul modelelor, sau poate fi de ajutor în momentul în care se realizează relaționări cu alte baze de date. O condiție obligatorie este asigurarea unicității ID-urilor folosite. Nerespectarea acestei condiții duce la concatenarea tuturor elementelor de ordin inferior (Surfaces, BuildingParts , BuildingInstallation) sub aceeași structura de rang superior.

Modelele pot fi salvate și parametrizate sub forma de fișiere care pot fi executate fără alte ajustări. Acest lucru permite utilizarea lor de către utilizatori nefamiliarizați cu conceptele prezentate în standardul CityGML fără a intervenii în modelul propriu-zis. O astfel de utilizare ajută în cazul modelelor complexe în care schimbarea unui parametru poate afecta întreaga structură a modelului.

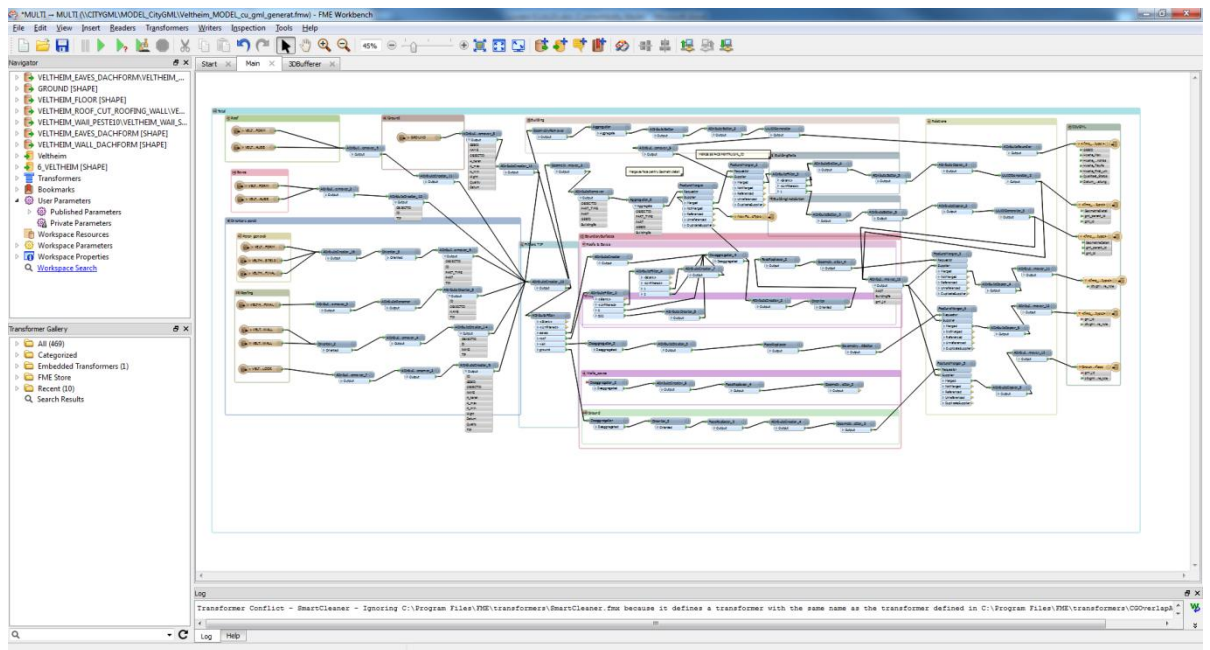


Fig. 3.7 Schemă complexă de generare a modelelor în standard CityGML

4 Descrierea procedurilor de obținere a formatului intermediar CityGRID

Metodologia de generare a fișierelor în formatul specific CITYGRID

Formatul CITYGRID este un format intermediar de tip vector care permite modelarea în cadrul unei structuri ierarhice de tip .xml în care cea mai mică unitate este reprezentată de geometria de tip linie. Structura folosită de CityGRID este asemănătoare din multe puncte de vedere cu structura CityGML. CityGRID folosește o interfață de tip CAD pentru faza de vizualizare și editare a datelor.

Conversiile între diferite formate sunt asigurate prin intermediul posibilităților de import/export ale aplicației, dar în mare parte se sprijină pe platform FME.

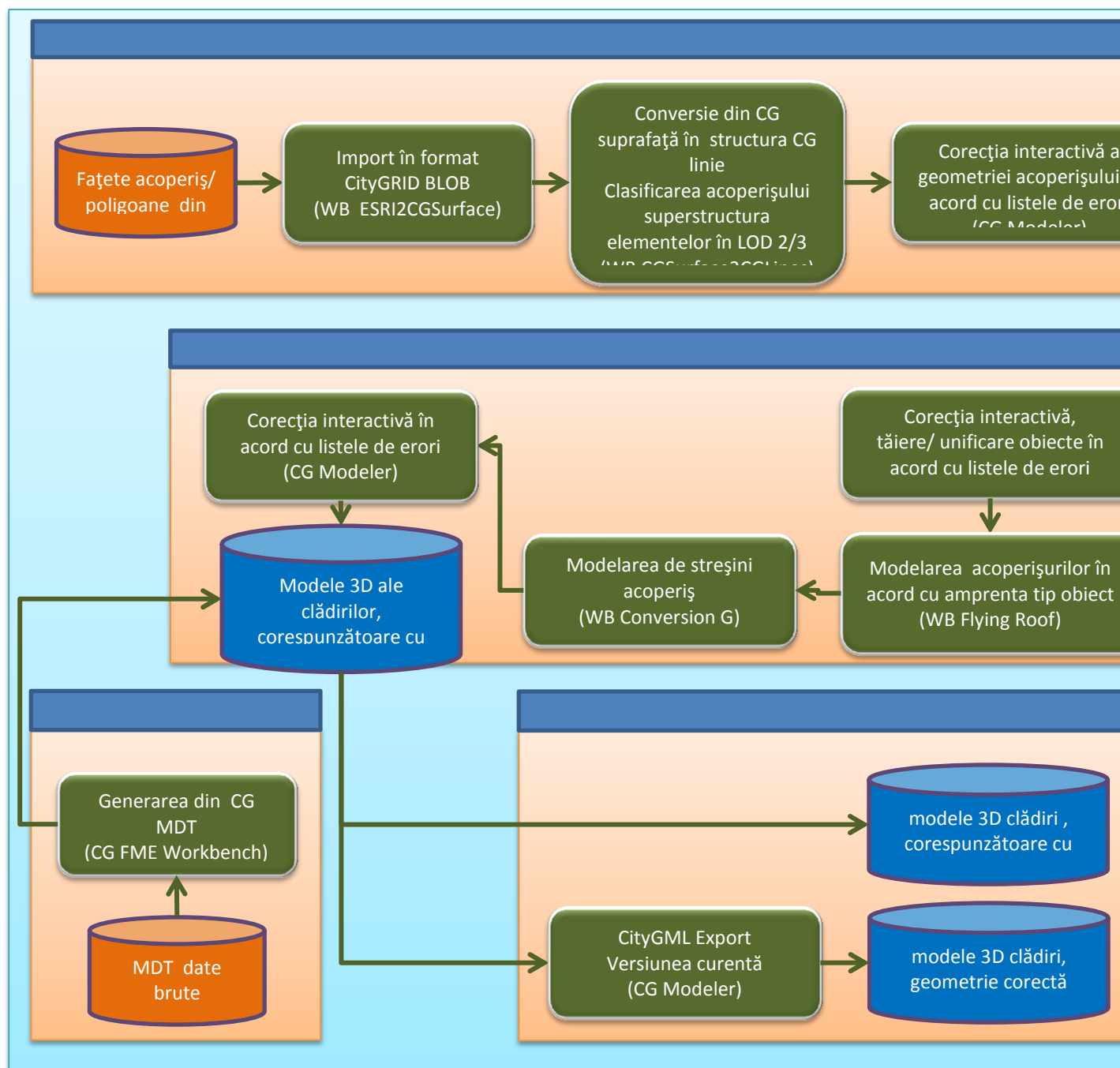


Fig. 4.1 Schema de obținere a formatului CITYGRID

Prelucrarea prin intermediul CityGRID facilitează utilizarea suprafețelor verticale care nu pot fi evidențiate în formatele shape de tip GIS deoarece asupra poligoanelor verticale nu se pot efectua operații clasice de modelare.

Acest format este dezvoltat de compania UVM Systems din Austria ca un format intermediar către CityGML.

Pentru conversia datelor din format shape vectorizate în condiții de coplanaritate, în format CityGRID se utilizează o transformare de tip *.fme* și anume *ESRI2GCGSurface* care transformă poligoanele în geometrie de tip față.

Acest format este intermediar pentru următorul pas de transformare care completează transformarea în format vectorial prin traducerea elementelor de tip față în elemente liniare.

În urma rulării aplicațiilor de transformare rezultă un fișier de tip *.xml* care poate fi importat în CityGRID. Pe lângă fișierul cu datele grafice se pot crea fișiere conținând un desfășurator al operațiilor efectuate asupra elementelor, precum și, avertizări cu privire la elementele care au generat situații interpretate de translație ca și erori. Pe baza acestui fișier se poate intervenii în fișierul *.xml*.

O altă alternativă de obținere a formatului *.xml* ar fi vectorizarea structurii acoperișului într-un mediu CAD sau chiar într-un mediu S.I.G. care permite utilizarea geometriei de tip linie.

Utilizarea unei geometrii de tip linie are ca principal dezavantaj faptul că obținerea unui plan cu o formă complexă se realizează cu dificultate, fără a putea folosi funcțiile ajutoare utilizate în cazul geometriei de tip polygon. Din aceste considerente utilizarea unei transformări este pe deplin justificabilă și de preferat, în primul rând pentru a eficientiza procesul de extragere a detaliilor geometrice.

Pentru editare se folosește extensia CGModeler din pachetul CityGRID. Acesta permite editarea elementelor grafice și textual ale modelului. Modelul de stocare a datelor folosit de CityGRID este unul arborescent, între care există relații de tipul MASTER/ SLAVE pentru elementele liniare care definesc geometria.

Structura geometrică este grupată în mai multe clase de elemente subordonate modelului:

- UNITATE;
- OBIECT
- COMPLEX DE ELEMENTE
- ELEMENT
- LAYER
- LINIE

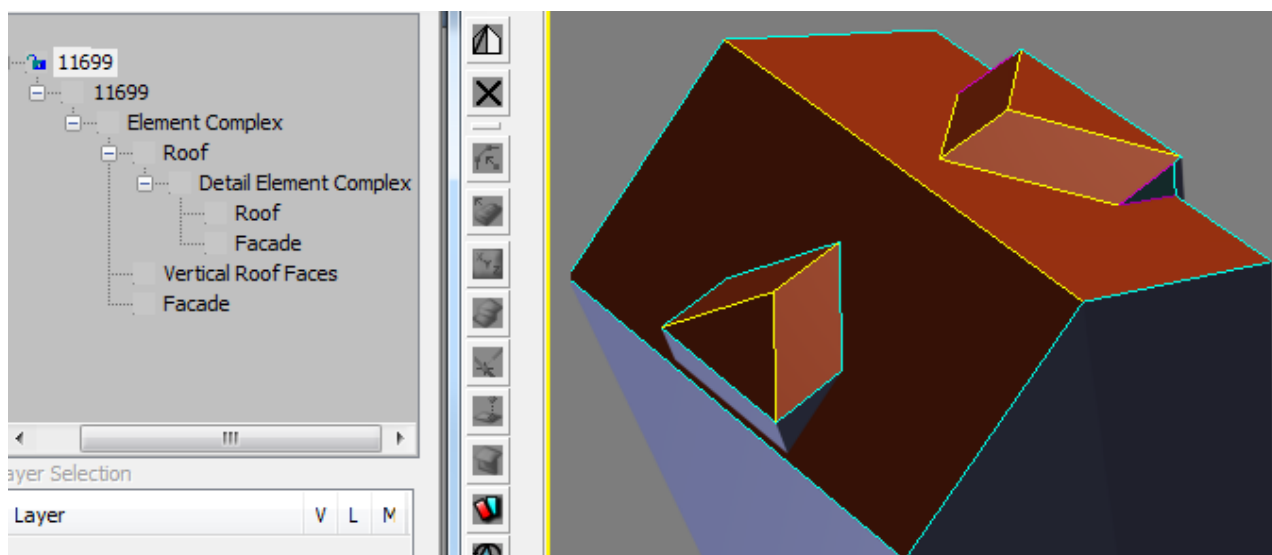


Fig. 4.2. Structură CityGRID

Pentru redarea detaliilor acoperișului se folosesc relații de subordonare care sunt compatibile cu CityGML. De exemplu lucarnele pot fi reprezentate ca detalii ale acoperișului, având corespondentul *BuildingInstallation* în standardul CityGML.

Metodologia avansata de generare a fișierelor în formatul specific CITYGRID

În cazul în care datele geometrice extrase în timpul procesului de vectorizare 3D au fost supuse unor prelucrări suplimentare față de verificările topologice obligatorii, pentru conversia acestora într-un format de tip *.xml*, așa cum este cel folosit de CityGRID se pot utiliza transformări elaborate în care structurile geometrice sunt grupate atât după relațiile spațiale, dar și pe baza atributelor acumulate în timpul prelucrărilor.

Aceste prelucrări vizează procesul de atribuire a unor coduri unice care pot identifica în mod unic diferitele componente geometrice în cadrul structurii.

Aceste coduri se pot atribui diferențiat pe întreaga zonă sau diferențiat pe structuri geometrice specifice acoperișului (lucarne, streășină, acoperiș principal).

În cazul utilizării unor prelucrări avansate care pe lângă atribute separa și acoperișul în unități component și anume streășina, lucarne și acoperiș principal, se poate obține direct structura finală a modelului în format *.xml*

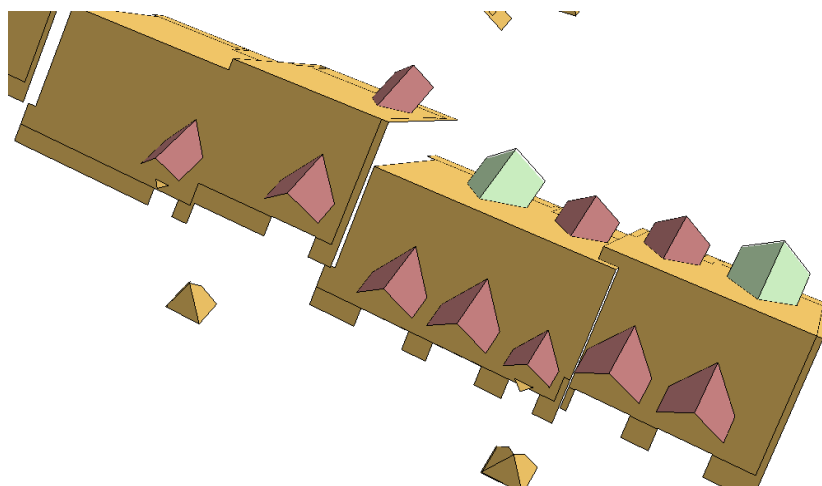


Fig. 4.3. Geometrie de tip polygon separată pe componente

O astfel de transformare denumită generic *EsriSHPtoCityGRIDXML* se poate realiza în două etape, la fel ca și transformarea primară prezentată anterior. O primă etapă vizează “traducerea” structurii de poligoane în liniile aferente formatului CityGRID, urmată de exportul liniilor în formatul *.xml*. Între aceste etape este de preferabil a se introduce o etapă de verificare pentru eliminarea erorilor de atribuire eronată a anumitor elemente în unități învecinate.

Pentru constituirea modelului ierarhic specific CityGRID se folosesc attribute calculate automat în timpul primei etape de transformare.

Utilizarea atributelor în determinarea apartenenței unei anumite structuri la un element “părinte” este o modalitate sigură și eficientă de realizare a transformării cu respectarea structurii ierarhice corecte.

	FID	Shape *	OBJECTID	citygrid_E	COUNTER1	MASTER	citygrid_P
▶	0	Polyline ZM	1606	4597	73348	73349	1875
	1	Polyline ZM	1865	4073	73350	73351	3011
	2	Polyline ZM	1783	4501	73352	73353	2727
	3	Polyline ZM	2174	4472	73354	73355	2685
	4	Polyline ZM	2174	4471	73356	73357	2685
	5	Polyline ZM	538	4384	73358	73359	1576
	6	Polyline ZM	1415	4287	73360	73361	583
	7	Polyline ZM	1415	4288	73362	73363	583
	8	Polyline ZM	733	4563	73364	73365	3704
	9	Polyline ZM	1034	4499	73366	73367	2722
	10	Polyline ZM	627	4161	73368	73369	386
	11	Polyline ZM	1208	4265	73370	73371	

◀ ▶ 1 ▶ ▶ | (0 out of 710 Selected)

Fig. 4.4. Tabelă de attribute pentru fișierul ce conține lucarnele

Etape de editare în CityGRIDModeler

Etapele de editare cuprind următoarele faze de procesare a fișierelor:

- Etapa de inserare a amprentelor sau a unui strat ce conține informații despre cladirile modelate. În general amprente sunt inserate pentru crearea pereților, în lipsa acestora nefiind posibilă extragerea streșinei.
- Etapa de tăiere a suprafețelor în conformitate cu amprente. Această etapă este necesară în cazul în care acoperișurile se suprapun pe amprente successive. Această operație este o consecință a condiției de unicitate a elementelor de tip clădire.
- Etapa de extrudare a amprentelor pentru construirea pereților. În urma acestei etape se creează streșinile clădirilor. Pereții clădirilor sunt extrudați până la acoperiș, iar în partea inferioară sunt extrudați cu o valoare arbitrară aleasă astfel încât să fie mai jos decât intersecția cu terenul.
- Intersecția cu DTM-ul se realizează în ultima etapă, în care pereții clădirilor se secționează în funcție de cota terenului. După această etapă urmează exportul în formatul CityGML. Tot în această etapă se obține și linia reală de intersecție cu terenul

După fiecare etapă se verifică fișierele pentru erori și se modelează manual eventualele erori de geometrie, sau greșeli datorate interpretării eronate a liniilor acoperișului.

5 Descrierea metodelor de lucru pentru obținerea informațiilor necesare formatului standard CityGML

Informațiile de adresă

Pentru a genera adresele corespunzătoare unei zone trebuie să exportăm de pe server doar adresele corespunzătoare acestei zone. Avem nevoie de aceste adrese la generarea fișierului .citygml pentru a atribui fiecărei clădiri adresa corectă. Această corespondență se face pe baza câmpului BuildingID. Pentru a exporta adresele de pe server procedăm în felul următor:

- Adăugăm în ArcMap limita zonei și fișierul de adrese de pe server.
- Verificăm apoi să fie completat câmpul BuildingID în fișierul de adrese de pe server.
- Selectăm printr-o interogare spațială toate punctele de adresă care sunt incluse în limita respectivă (Selection → Select by Location)

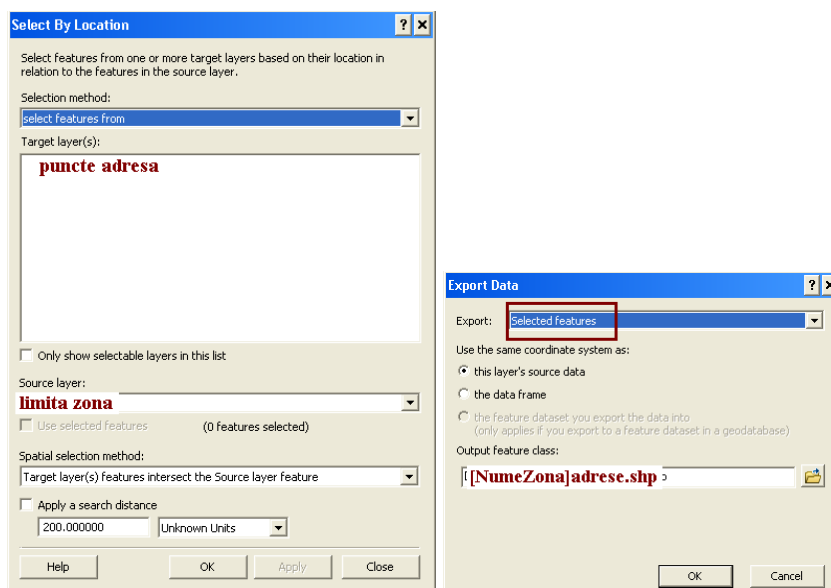


Fig. 5.1 Selectarea informației de adresă

- Exportăm punctele selectate sub forma unui fisier .shp (click dreapta pe fisierul de puncte de adresa de pe server → Data → Export data (verificam sa apara bifat selected features)) pe care il denumim sub forma [NumeZona]adrese.shp (fig. 4.1 dreapta)

Obținerea modelului 3D al construcțiilor

După ce informația de adresă, respectiv un cod de identificare a fost atribuit fiecărei construcții, se poate trece la modelarea propriu-zisă. Se pleacă de la alegerea unei zone de editare în format vectorial fig. 5.2 care poate fi vizualizată în perspectivă fig. 5.3:

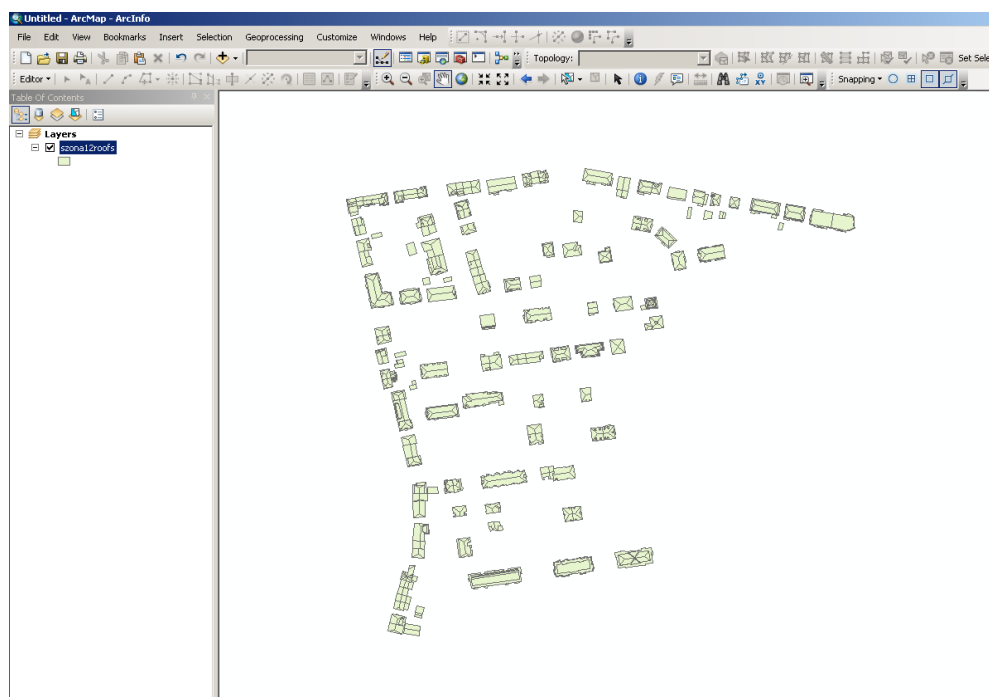


Fig. 5.2 Zona de editare - format vectorial

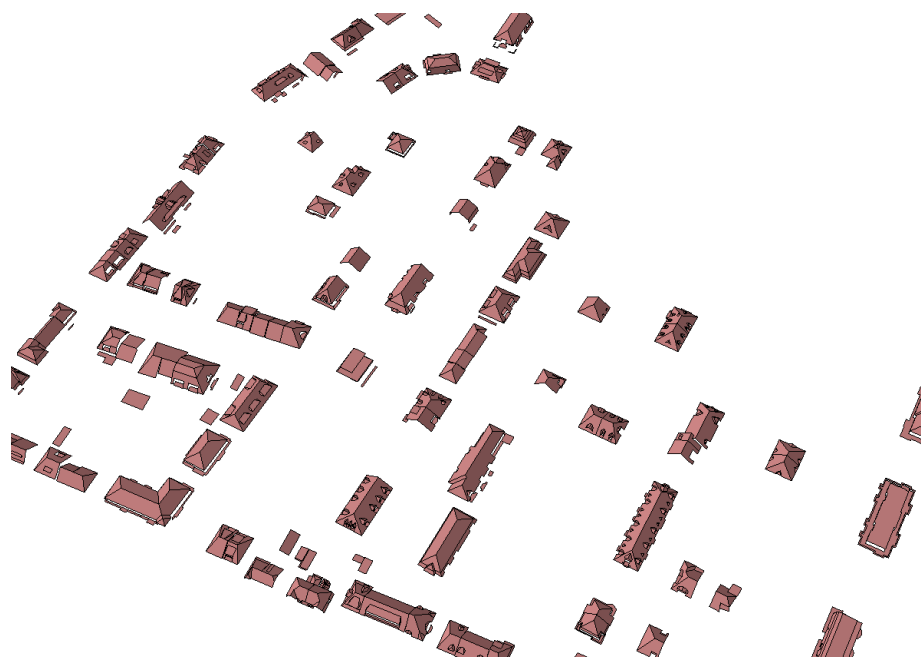


Fig.5.3. Zonă editare în ArcGDS

Etape de parcurs:

1) în fișierul shp nou creat se șterg toate câmpurile importate din dwg.

OPEN ATTRIBUTE TABLE-> click dreapta pe câmpul respectiv->DELETE FIELD

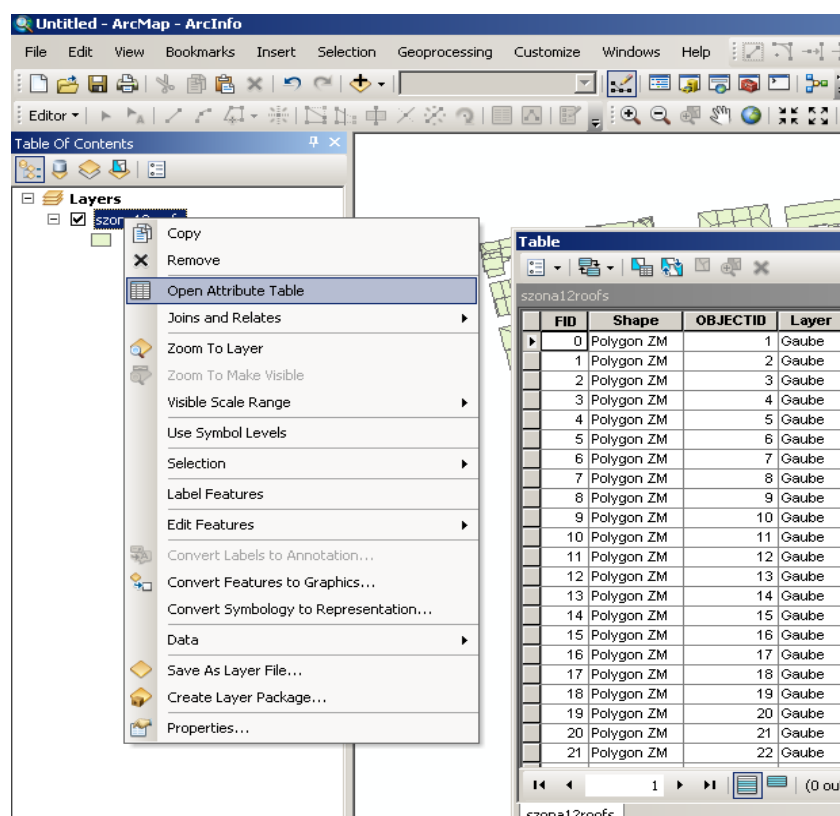


Fig. 5.4 Tabelul de interogare

1) se adaugă următoarele câmpuri ce reprezintă informații pentru cityGML:

- tip - tip Long
- BuildingID – tip Text
- BuildPart – tip Long
- BuildPart - tip Text
- Nr - tip Long
- ZminRoof - tip Double
- Hteren - tip Double
- Extrude - tip Double
- Valoare - tip Double
- Ground - tip Double

astfel: click dreapta pe addresses - OPEN ATTRIBUTE TABLE-> Table Options>Add Field

2) se calculează valoarea câmpului nou creat "nr" ca fiind egală cu valoarea câmpului OBJECTID, astfel:

3) se calculează valoarea câmpului nou creat "ZminRoof" ca fiind egală cu valoarea minimă a fiecărei suprafețe de acoperiș în parte, astfel:

4) se află cota terenului pe care se află fiecare clădire;

Vom crea în acest fișier un câmp automat Z_Min care va prelua înălțimea minimă a MNT-ului

5) după care se vor calcula valorile pentru: hteren, extrude, valoare, ground

6) se adaugă attribute clădirilor (adresa, informații privind adresa unei case)

7) se stabilesc părțile de clădire

Uneori o clădire poate fi compusă din mai multe părți componente sau clădiri anexe, dar care au aceeași adresă. Aceste părți se selectează și li se atribuie același cod de adresă.

8) în cazul în care pentru o clădire nu există o adresă se va crea o valoare fictivă care se va da dintr-un tabel de valori fictive disponibile.

9) în cazul în care există mai multe adrese la o clădire, se va scrie doar valoarea uneia dintre adrese în câmpul BuildingID

Setarea geometriei în concordanță cu standardul CityGML

În cazul Sistemelor Informaționale Geografice, avantajelor clasice ale utilizării aplicațiilor open-source: reducerea costurilor, control asupra tehnologiei utilizate etc.; li se adaugă o componentă extrem de importantă, și anume: compatibilitatea cu standardele existente în acest domeniu, marea majoritate a aplicațiilor GIS open source fiind 100% compatibile cu standardele în vigoare. Elaborarea standardelor ce guvernează modul de gestionarea a informației geospațiale cade în sarcina Open Geospatial Consortium, un organism internațional independent, format din reprezentanți ai agențiilor

guvernamentale, companii private și mediul universitar. Standardele elaborate de OGC sunt mai apoi preluate de alte organisme internaționale de standardizare, cele mai importante fiind ISO și CEN.

Pe lângă setarea nivelului de detaliere conform standardului CityGML o altă etapă esențială în obținerea modelelor 3D este constituită de stabilirea geometriei fiecărei structuri componente a modelului.

Atribuirea geometriei se face urmând specificațiile descrise de standardele în vigoare.

Setarea acestor caracteristici se face prin intermediul aplicației FME, valorile prestabilite fiind definite ca atribute ale structurilor modelului final.

Definirea structurii ierarhice CityGML

Multe dintre obiectele prezente într-un model în format CityGML sunt agregate ale altor obiecte. Această relație se poate stabili tot prin intermediul atributelor de tip `gml_id` și `gml_parent_id`. Principiul de baza este de a relaționa pe baza atributelor fiecare element considerat element secundar, sau “child element” cu elementul principal sau “parent element”.

În cazul editării unui model deja existent, după executarea operațiilor necesare, în momentul scrierii efective a modelului sunt generate id-uri unice pentru fiecare element component al modelului, astfel ca utilizatorul nu trebuie să intervină în etapa de generare a id-urilor, cu excepția cazului în care se fac modificări în structura ierarhică a modelului, caz în care este necesar să se stabilească relațiile de subordonare.

Pentru cazul de urmărit în acest proiect, și anume de creare a unui model 3D în standard CityGML, etapa de creare a relațiilor este esențială și cade în întregime în sarcina celui care crează schema de generare a modelului.

Standardul aferent formatului CityGML este tot acela care dictează și rolul fiecărei structuri în cadrul modelului.

6 Realizarea modelului 3D dintr-o localitate în formatul standard CityGML

În figurile următoare sunt prezentate exemple de clădiri modelate folosind schemele descrise anterior. Modelele pot fi vizualizate în FME DataInspector sau în softuri dedicate de vizualizare a modelelor 3D în format CityGML.

Verificarea modelelor se poate face și înainte de transformarea acestora din formatul .SHP în CityGML în softuri cum sunt ArcMap sau ArcScene, sau orice altă aplicație care suportă formatele specificate mai sus.

