

Standard dei dati 3D

Ariana.kubart@ocellus.se



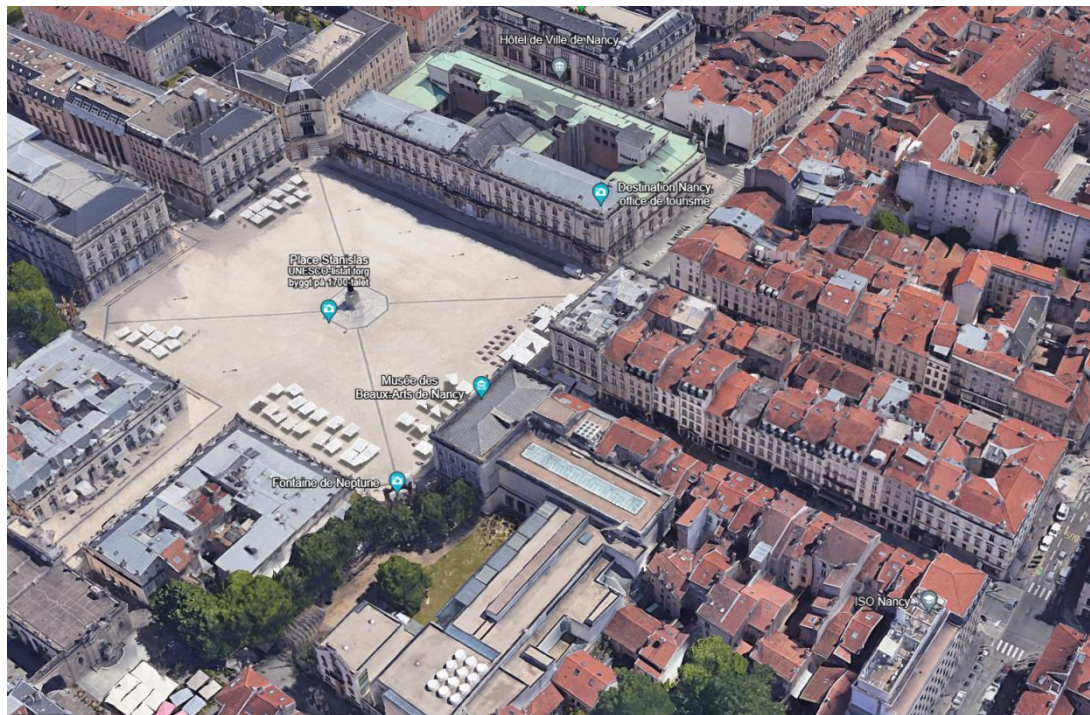
Risultati di apprendimento

Al termine di questa lezione, lo studente dovrà essere in grado di:

- Indicare diversi modi in cui i dati 3D possono essere memorizzati, con particolare attenzione alle codifiche CityGML.
- Riassumere le parti principali del modello concettuale CityGML e come possono essere utilizzate.
- Comprendere gli aspetti di CityGML che sono importanti per la conversione da e verso il BIM

Modelli Urbani 3D Semantici

- Forniscono informazioni geografiche, topografiche e semantiche sugli oggetti
- Interazioni tra gli oggetti
- Scomposizione gerarchica in parti più piccole (ad es. edificio-parete-finestra)
- Può essere complesso e coprire grandi aree

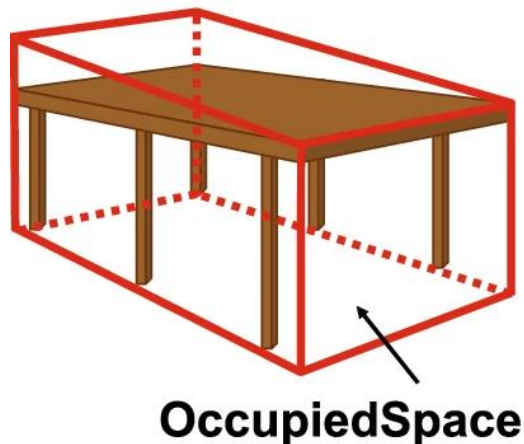


È possibile aggiungere molte informazioni semantiche a un modello 3D.
Modello 3D di Nancy, Francia, Google Earth

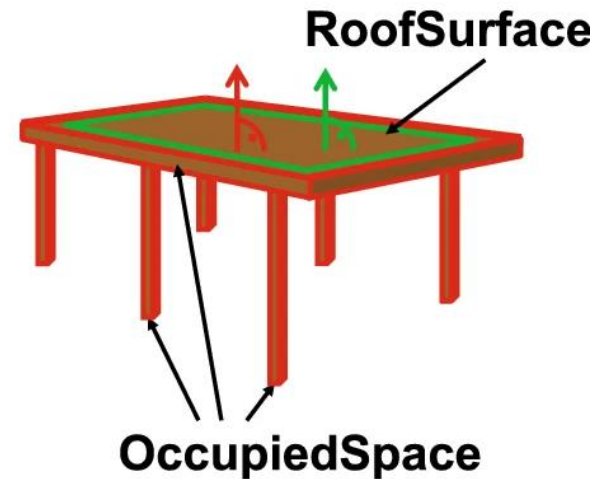
Standard CityGML

- CityGML è un modello di dati aperto dell'Open Geospatial Consortium (OGC)
- Obiettivo: rappresentare modelli 3D semantici
- La versione corrente è la 3.0, approvata nel 2021

Carport in LOD1



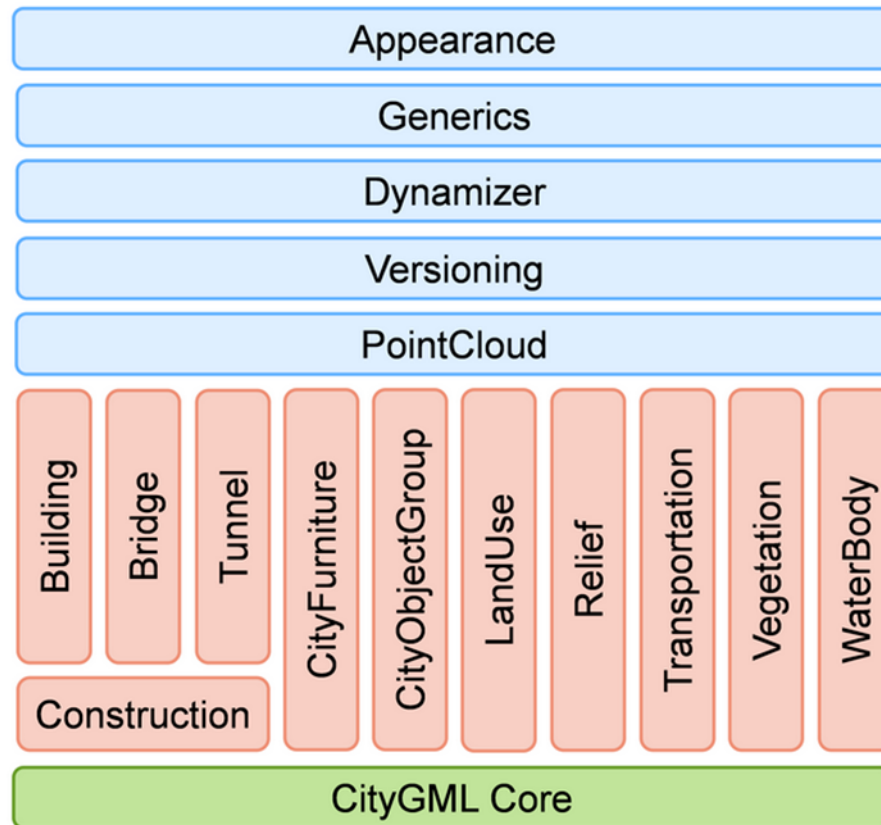
Carport in LOD2/3



Rappresentazione di una tettoia come OccupiedSpace in diversi LOD. Da: [CityGML 3.0: New Functions Open Up New Applications](#)

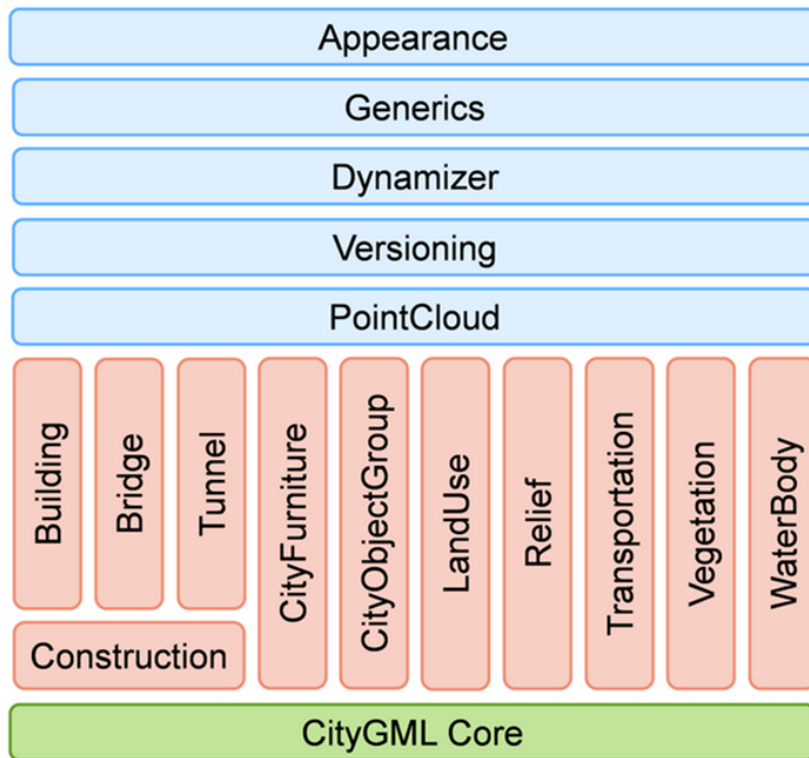
Modello Concettuale (MC) CityGML

- Gli oggetti comuni della città devono essere descritti allo stesso modo in tutti i modelli.
- CityGML definisce le classi degli oggetti più importanti, le modalità di scomposizione e gli attributi utili.
- Queste classi sono definite nel Modello Concettuale CityGML.



Moduli di Classe nel CM

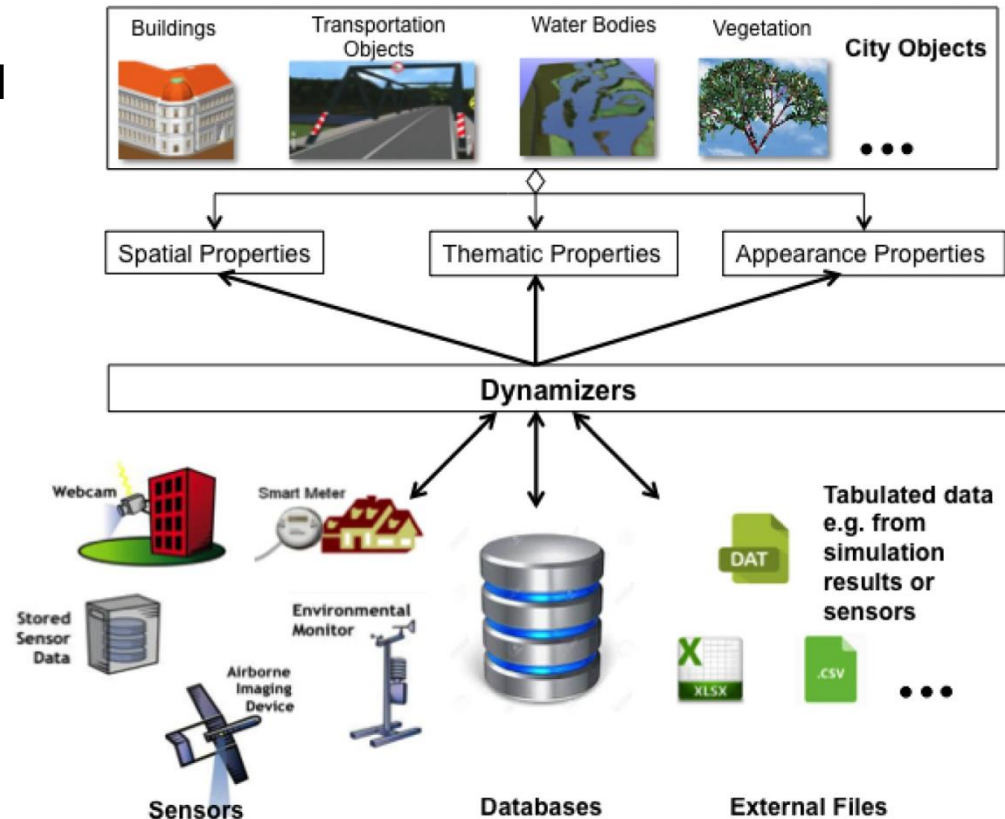
- Moduli di Classe di Estensione, visualizzati verticalmente in rosa
- I Moduli sono classi tematiche specifiche degli oggetti più importanti
- Non tutti i Moduli di Estensione devono essere inclusi in un modello 3D.



Modello Concettuale CityGML, [CityGML - Open Geospatial Consortium \(ogc.org\)](http://ogc.org)

Moduli Specifici di Aspetto in CM

- I cinque moduli verticali di colore blu nel CM
- Aggiungere aspetti specifici della modellazione, ad esempio texture, colori, tempo, versioni del modello...
- Utilizzabile con tutti i moduli di espansione



Rappresentazione concettuale dei dinamizzatori che permettono di migliorare le proprietà degli oggetti della città, Da: [CityGML 3.0: New Functions Open Up New Applications](#)

Informazioni semantiche nei modelli 3D

- Tutti gli oggetti appartengono a una classe o possono essere definiti come oggetti "generici".
- L'oggetto può essere rappresentato dalla semantica (= proprietà non spaziali), dalla geometria 3D, dalla topologia 3D, dalle apparenze e dai cambiamenti nel tempo.
- *featureID* univoco e obbligatorio per ogni oggetto

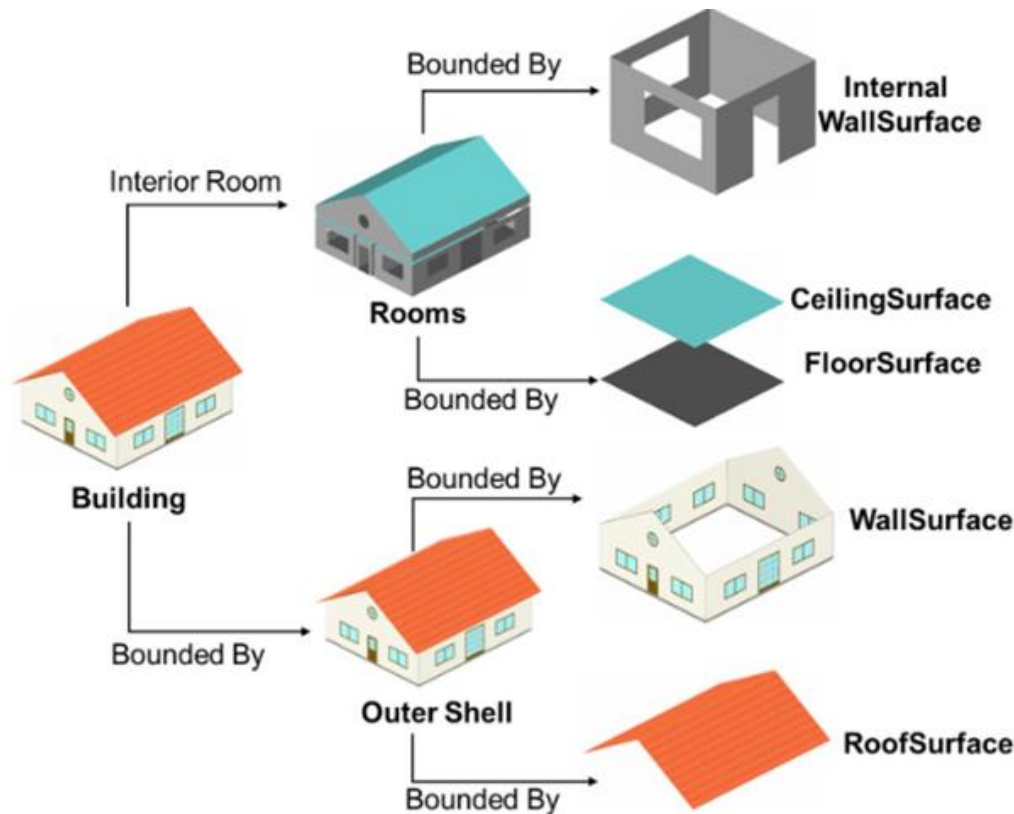


TU Delft esempio di cinque tipi di tetti: piatto, a capanna, a falde, piramidale e a shed.

[GitHub - tudelft3d/3dbook](https://github.com/tudelft3d/3dbook): Book for the course GEO1004: 3D modelling of the built environment

Schema di aggregazione

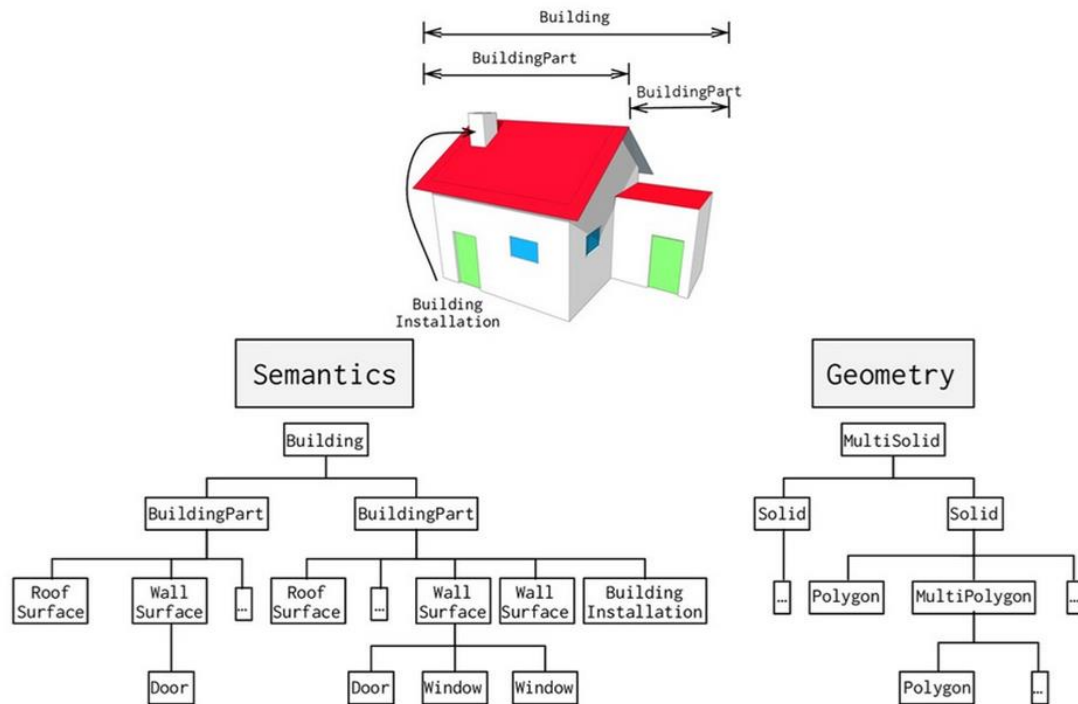
- Possono esistere interrelazioni gerarchiche tra gli oggetti della città
- Gerarchia di aggregazione - l'intero edificio e la sua scomposizione in parti (vedi figura)
- Utile per interrogazioni, simulazioni e analisi



Modellazione semantica-geometrica coerente

- Edificio e sue parti = gerarchia di aggregazione semantica
- Esiste anche una gerarchia geometrica - posizione, forma, estensione...
- È fondamentale che la semantica e la geometria degli oggetti corrispondenti siano collegate tra loro.

Spatio-semantic coherence



Livello di Dettaglio, LoD I

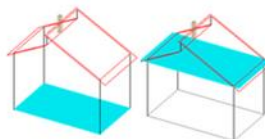
LOD0 – Modello altamente generalizzato

LOD1 – Modello a blocchi / oggetti di estrusione

LOD2 – Modello realistico, ma ancora generalizzato

LOD3 – Modello altamente dettagliato

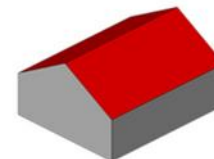
LOD0



LOD1



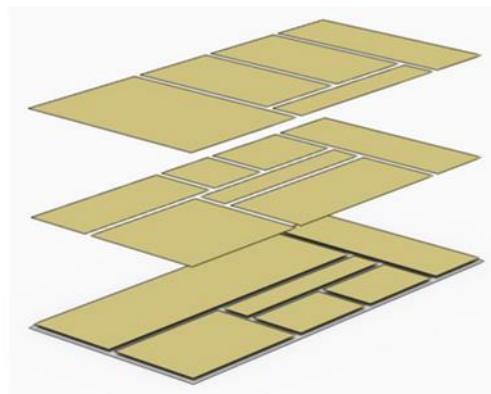
LOD2



LOD3



Rappresentazione dello stesso edificio reale nei livelli di dettaglio 0-3



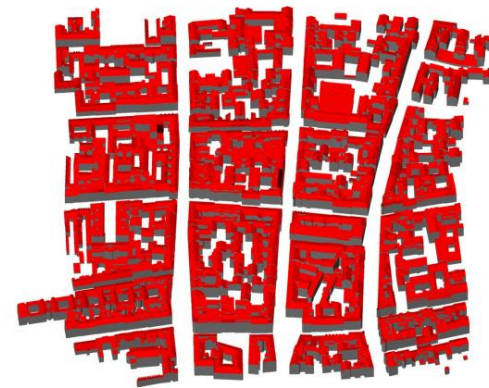
Rappresentazione della planimetria in LoD0 (sinistra) e in LoD2 (destra). Da: <https://www.gim-international.com/content/news/citygml-3-0-conceptual-model-approved-as-official-ogc-standard>

Livello di Dettaglio, LoD II

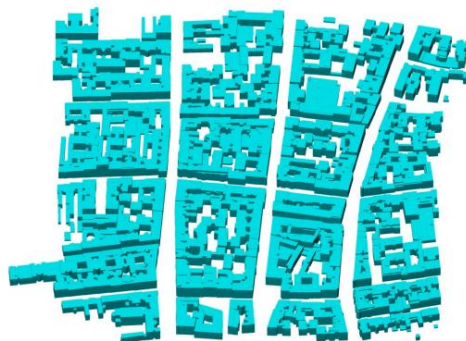
- I LoD sono applicabili sia agli interni che agli esterni.
- Singoli edifici o interi quartieri
- Possibilità di combinare diversi LOD nello stesso modello



(a)



(b)



(c)



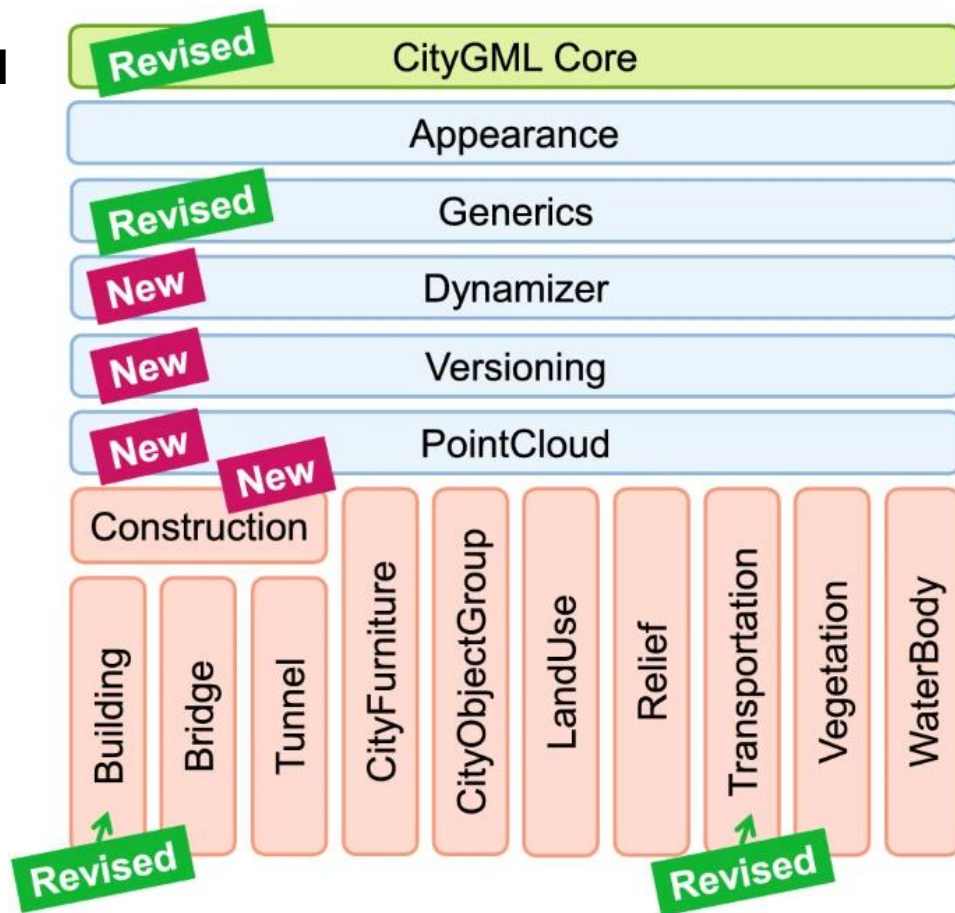
(d)

Rappresentazione visiva di diversi blocchi abitativi a Vienna (a) immagine sottostante da Google Maps, (b) rappresentazione del modello aperto LoD2 CityGML, (c) modello LoD1 trasformato da LoD2, (d) modelli LoD0 CityGML. Da Malhotra et al (2021)

Le versioni precedenti di CityGLM 1.0 e 2.0

- CityGLM 3.0 è un'evoluzione delle versioni 1.0 e 2.0.
- Le versioni 1.0 e 2.0 sono ancora utilizzate in molti modelli, ma possono essere aggiornate alla versione 3.0.
- La 3.0 ha molte nuove funzionalità

Parti nuove e rivisitate della versione 3.0, rispetto alla 2.0. Da: Kutzner et al (2020) [CityGLM 3.0: New Functions Open Up New Applications](#) | PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science ([springer.com](#))



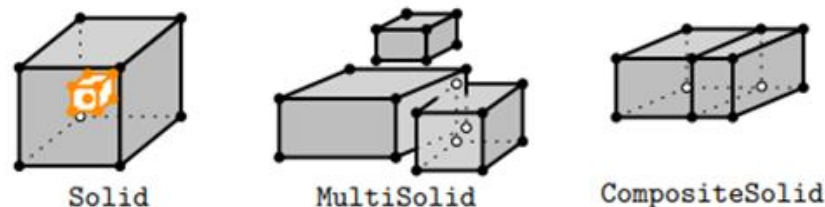
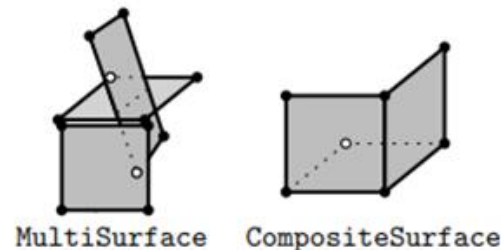
Rappresentazione della geometria

Le proprietà spaziali di tutti gli oggetti CityGML sono rappresentate da classi geometriche definite in ISO 19107

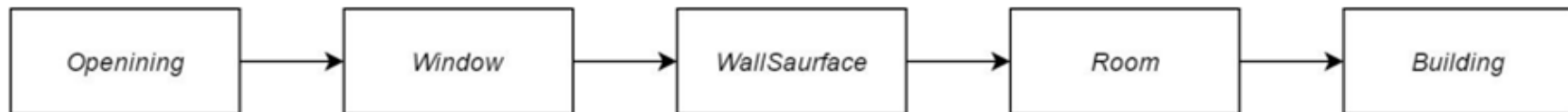
Queste includono :

- geometrie primitive - punti, curve, superfici e solidi
- diversi tipi di geometrie aggregate

Tutte le geometrie salvate nel modulo Core



Rappresentazione della topologia



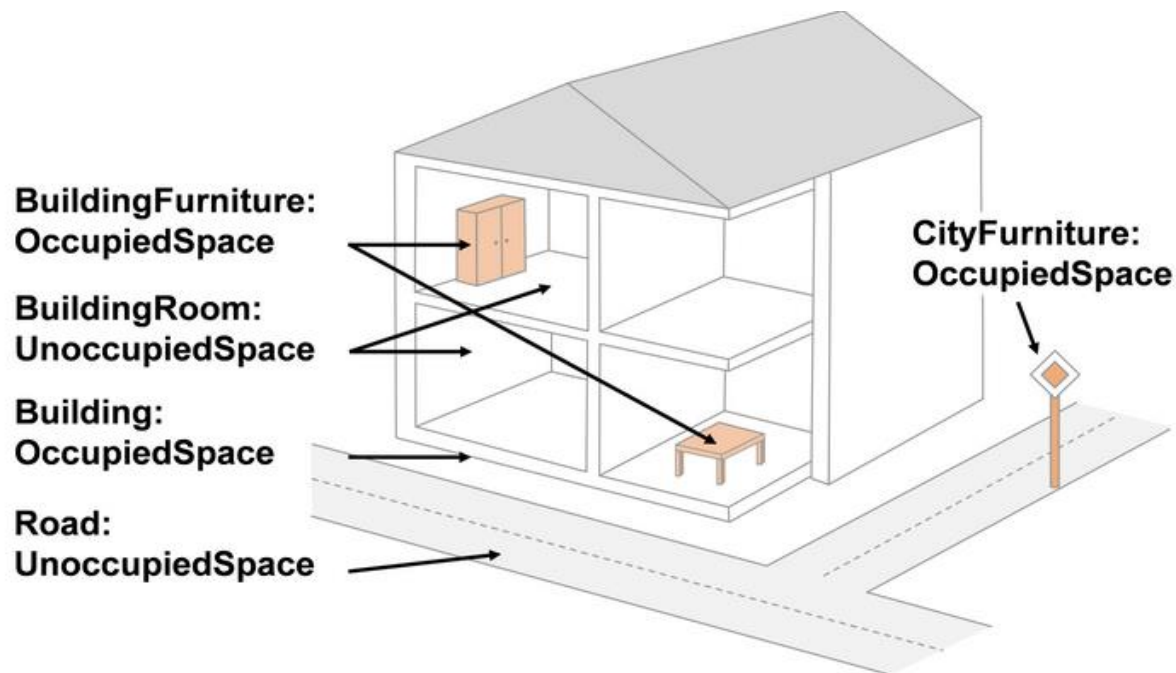
Schema CityGML che mostra la relazione tra la finestra e la stanza e l'edificio.

Da: Salheb (2019) Automatic Conversion of CityGML to IFC

- La topologia segue la scomposizione completa, in modo simile alla geometria.
- Relazioni tra gli elementi ben definite in CityGLM 3.0
- Spazi - oggetti del mondo reale
- Confini dello spazio - delimitano e collegano gli spazi (ad es. superficie del muro, superficie stradale...)

Spazi fisici e logici

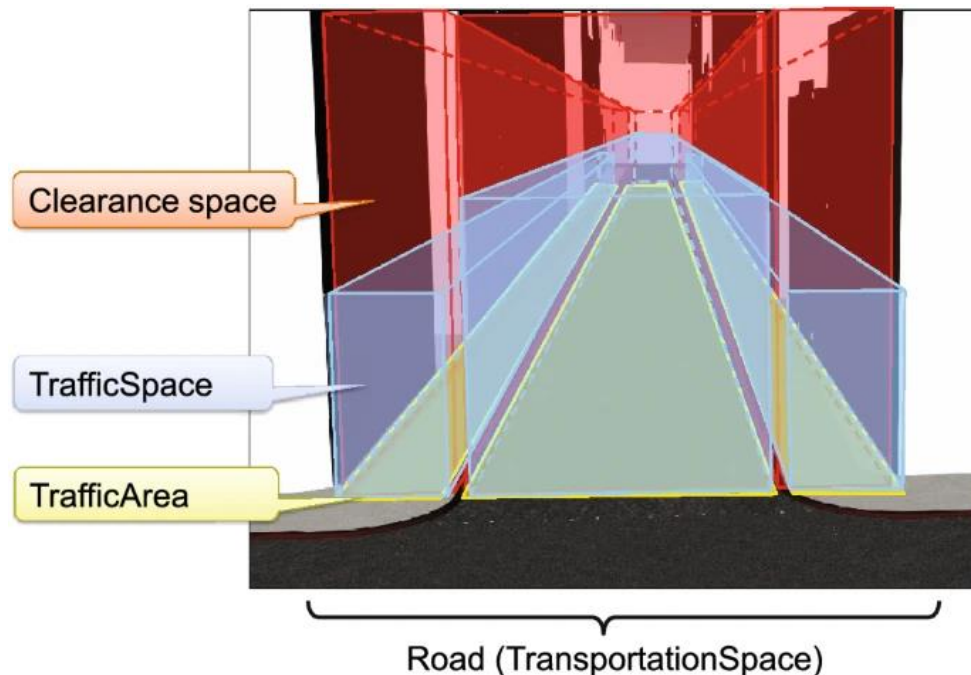
- Gli spazi fisici sono delimitati da oggetti fisici, ad esempio edifici, alberi...
- Occupati o non occupati (vedi figura)
- Spazi logici - tematici, ad esempio quartiere cittadino, unità immobiliare



Spazi occupati e non occupati. Da: Kutzner et al (2020) CityGML 3.0: New Functions Open Up New Applications

Esterni, interni e gerarchie

- Ogni edificio può avere esterni, interni e sotterranei
- Classificazione e scomposizione automatica possibile solo per le parti esterne (visibili), non per quelle interne
- Le applicazioni richiedono informazioni più dettagliate
- Possibilità di classificazione semiautomatica per unità più piccole



Scomposizione dello spazio di trasporto; è difficile ottenerla in modo completamente automatizzato. Da: Kutzner et al (2020) CityGML 3.0: New Functions Open Up New Applications

Coordinate e quota

Tutte le geometrie in CityGML devono :

- utilizzare valori di coordinate 3D
- essere assolutamente georeferenziate

Possono includere modelli di terreno

2.5D - una sola coordinata Z per tutti gli edifici

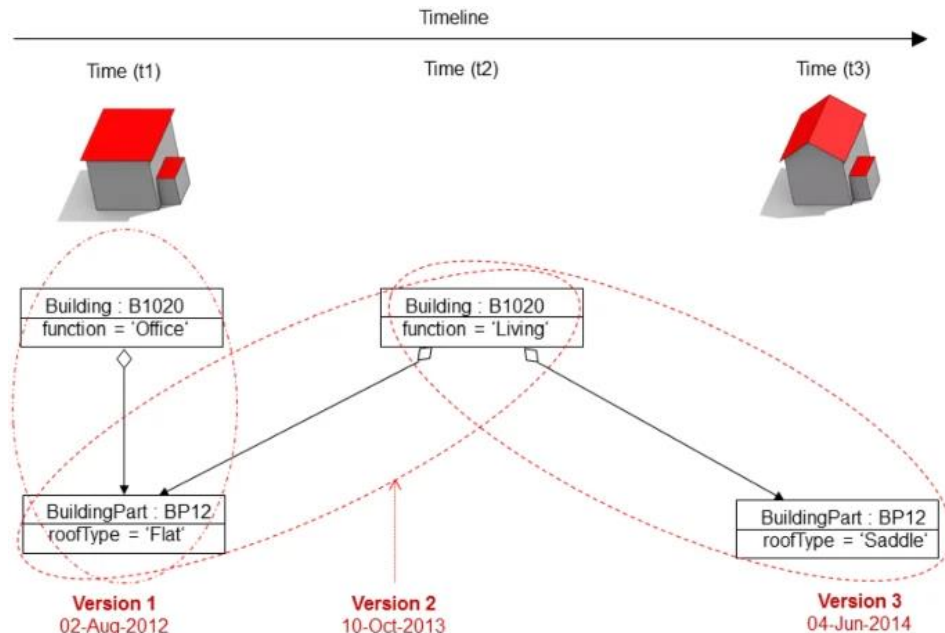


Schermata di ArcGIS Pro che utilizza i dati di formazione di Esri.

4D – Dimensione temporale

- Importante in Città intelligenti, Gemelli digitali
- Modulo di versioning - modifiche lente
- Modulo Dynamizer - modifiche rapide, ad es. dati dei sensori

```
<cityObjectMember>
  <Building gml:id="B1020_t1">
    <identifier>B1020</identifier>
    <consistsOfBuildingPart>
      <BuildingPart xlink:href="//identifier[text()='BP12']"/>
    </consistsOfBuildingPart>
    <creationDate>2012-08-02</creationDate>
    <terminationDate>2013-10-10</terminationDate>
    <function>Office</function>
  </Building>
</cityObjectMember>
<cityObjectMember>
  <Building gml:id="B1020_t2">
    <identifier>B1020</identifier>
    <consistsOfBuildingPart>
      <BuildingPart xlink:href="//identifier[text()='BP12']"/>
    </consistsOfBuildingPart>
    <creationDate>2013-10-10</creationDate>
    <function>Living</function>
  </Building>
</cityObjectMember>
```



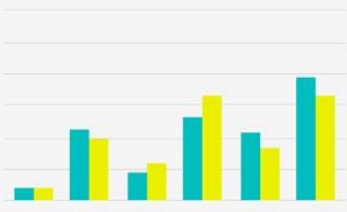
Esempio di versioni che rappresentano le modifiche di un edificio (in alto)
Rappresentazione di diverse versioni di oggetti cittadini all'interno di un dataset CityGML codificato in GML (a sinistra)
Da : Kutzner et al (2020) CityGML 3.0: New Functions Open Up New Applications

Estensioni del dominio di applicazione, ADE

Data added using the CityGML ADE feature

LOD (-2)

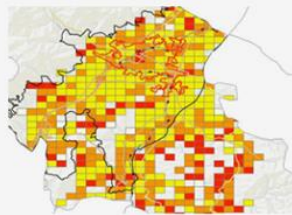
Graphs and charts



- National level, city level
- Indexing and projecting
- National government income and expenditures/economic activity

LOD (-1)

Heat maps



- Subregions/grids/administrative divisions
- Aggregate values for indices/areas
- Population/aging rates/road-to-area ratios, etc.
- Comparisons between cities/city analysis
- GIS/i-Urban Revitalization/e-Stat

LOD 0

Basic city planning maps



- Buildings/land (flat)
- Topographic models (height data)
- Building use/structure/area
- City plan studies/analysis
- GIS data

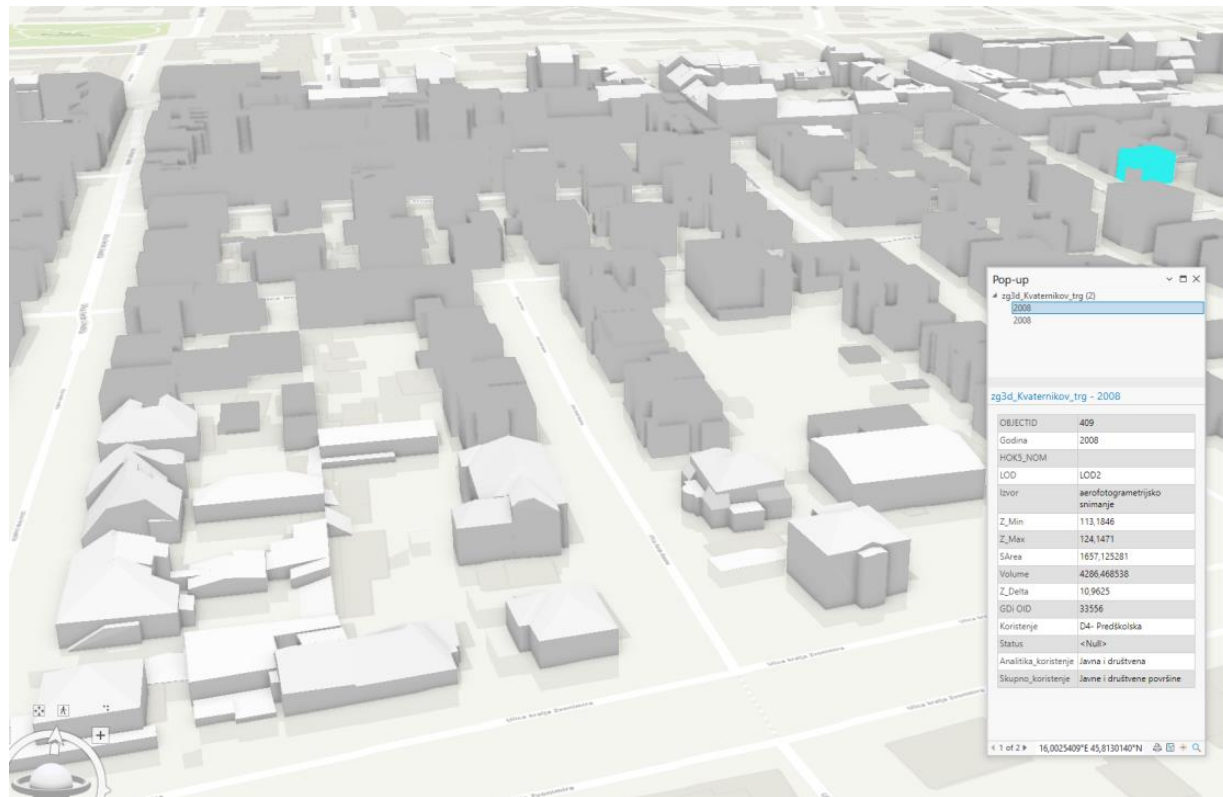
- Le ADE facilitano l'aggiunta di nuove classi, attributi o relazioni.
- Ad esempio, l'ADE Energia
- Utility network ADE

Qualità dei dati

I modelli urbani sono complessi insiemi di dati di grandi dimensioni

La qualità dei dati è un aspetto cruciale

- Precisione
- Completezza
- Usabilità
- Coerenza
- Unicità



Modello 3D semantico di Zagabria, Croazia. Schermata di ArcGIS Pro.

Codifiche di CityGML

GML – Geography Markup Language

CityGML è un nome sia per:
codifica GML basata su XML
modello concettuale di dati

Rilasciato da Open Geospatial
Consortium (OGC)

CityGML 3 permette di codificare i
dati in XML, in JSON o in schemi di
database

Three encodings:

- XML-based →



- JSON-based →



- SQL-based →



Codifica XML

Codifica originale del CityGLM

- Verboso
- Gerarchico
- Complesso
- non adatto al web

Non è più molto utilizzato

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <CityModel xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
3   xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
4   xmlns="http://www.opengis.net/citygml/2.0"
5   xmlns:bldg="http://www.opengis.net/citygml/building/2.0"
6   xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/citygml/2.0">
7   <cityObjectMember>
8     <bldg:Building gml:id="9a06451677c7">
9       <bldg:function>1070</bldg:function>
10      <bldg:lod1Solid>
11        <gml:Solid>
12          <gml:exterior>
13            <gml:CompositeSurface>
14              <gml:surfaceMember>
15                <gml:Polygon>
16                  <gml:exterior>
17                    <gml:LinearRing>
18                      <gml:pos>0.0 0.0 0.0</gml:pos>
19                      <gml:pos>0.0 1.0 0.0</gml:pos>
20                      <gml:pos>1.0 1.0 0.0</gml:pos>
21                      <gml:pos>1.0 0.0 0.0</gml:pos>
22                      <gml:pos>0.0 0.0 0.0</gml:pos>
23                    </gml:LinearRing>
24                  </gml:exterior>
25                </gml:Polygon>
26              </gml:surfaceMember>
27            ...
28          </bldg:Building>
29          <bldg:Building gml:id="jdhd76sa">
30            ...
31          </bldg:Building>
32        </cityObjectMember>
33      </CityModel>
```

Codifica CityJSON I

- l'alternativa più utilizzata alla codifica XML
JSON - JavaScript Object Notation
- anche CityJSON è uno standard OGC
- le coordinate sono memorizzate in un solo
posto, in un array separato, cioè i "vertici".

CityJSON consente una compressione completa e semplifica la struttura dei file rispetto alla codifica XML (figura a destra).

Esempio di coordinate in CityJSON (figura a sinistra)

```
1  "vertices": [  
2    [23234, 111009, 1392],  
3    [29456, 115134, 1007],  
4    [54508, 229995, 1961],  
5    ...  
6    [23134, 625134, 203]  
7  ]
```

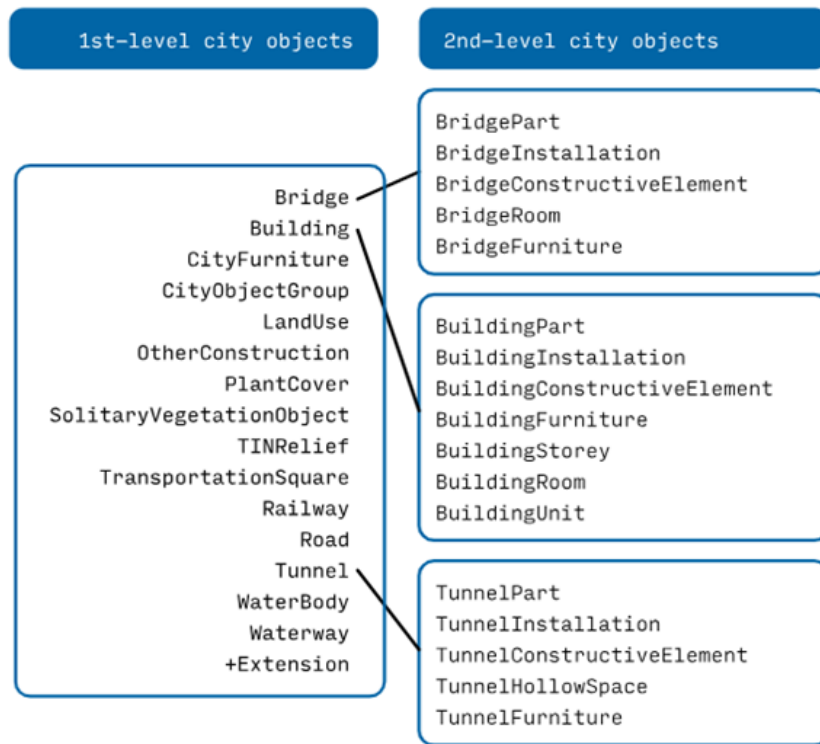
```
1  "CityObjects": {  
2    "id-1": {  
3      "type": "Building",  
4      "attributes": {...},  
5      "children": ["id-2", "id-3"],  
6      "geometry": [{...}]  
7    },  
8    "id-2": {  
9      "type": "BuildingPart",  
10     "parents": ["id-1"],  
11     "geometry": [{...}]  
12     ...  
13   },  
14   "id-3": {  
15     "type": "BuildingPart",  
16     "parents": ["id-1"],  
17     "geometry": [{...}]  
18     ...  
19   }  
20 }
```

Codifica CityJSON II

CityJSON:

- è adatto alle applicazioni web
- riduce le dimensioni dei dati: il file JSON occupa circa 6 volte meno spazio rispetto all'XML
- può essere memorizzato sia in database relazionali sia in database no-SQL

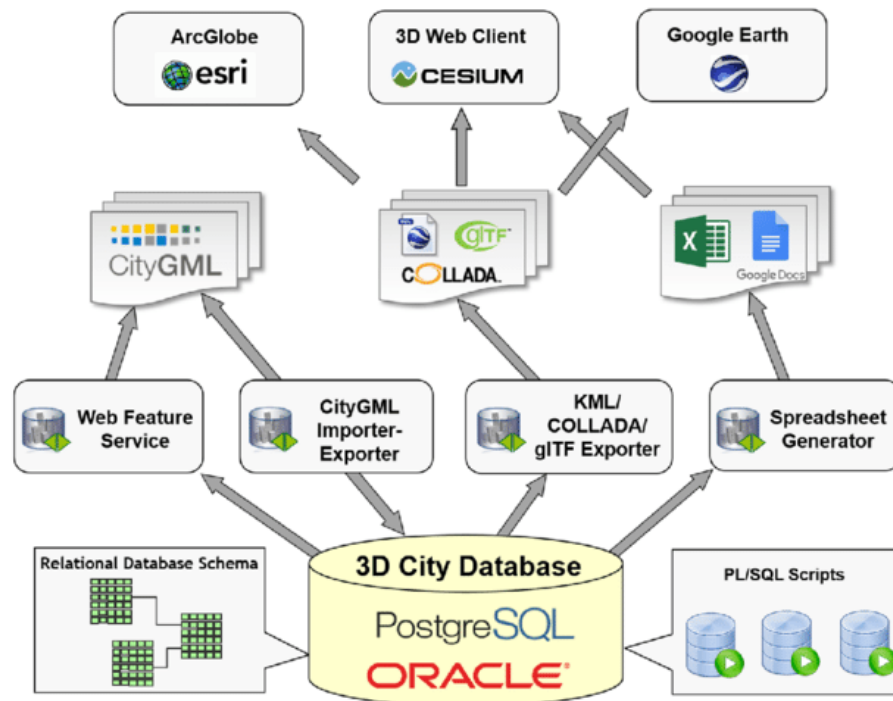
Due tipi di oggetti urbani - 1° e 2° livello (genitori e figli)



Codifica del database delle città 3D

- schema di database chiamato 3DCityDB
- non è uno standard ufficiale
- anche software open source

[3DCityDB Database – Homepage](#)

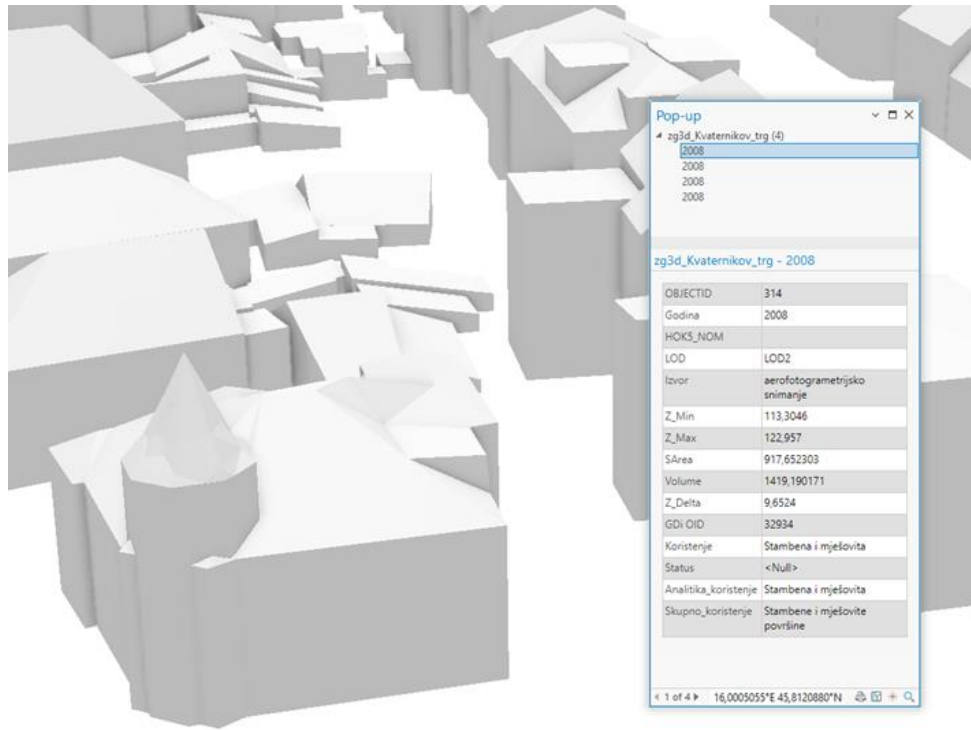


3DCityDB - una soluzione di geodatabase 3D per la gestione, l'analisi e la visualizzazione di modelli semantici di città 3D basati su CityGML., Yao et al. (2018)

Altri formati 3D

Il GML può essere combinato con molti altri formati

- Web Feature Service (WFS)
- Web Processing Service (WPS)
- KML/COLLADA o X3D files
- Web 3D Service (W3DS)
- Web Terrain Service (WTS)
- Indoor GLM



Esempio di modello 3D

LandInfra

- Un altro standard di dati 3D
- Ingegneria del territorio e civile
- Alcune sovrapposizioni con CityGML
- Include caratteristiche non disponibili in CityGML



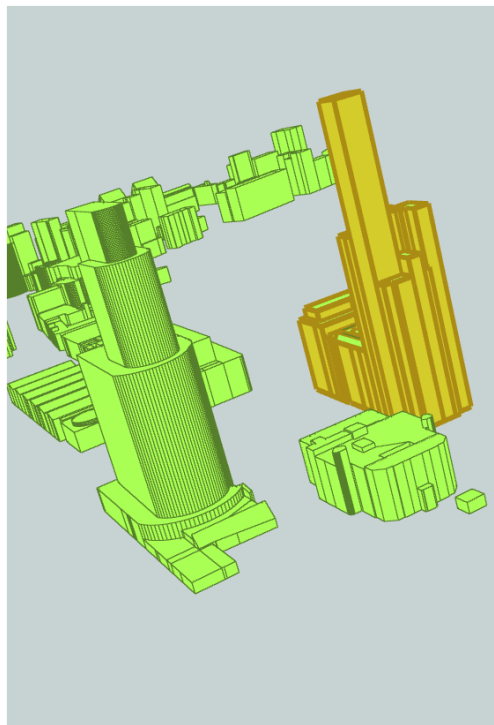
[Comparison between IFC, CityGML and LandInfra. Source: LandInfra BIM GIS.pdf](#)

Edifici 3D Inspire

Influenzato da CityGLM, ma semplificato

Obiettivo: garantire l'interoperabilità dei dati e dei servizi territoriali di diversi Paesi dell'UE.

Requisiti delle direttive UE (ad es. rumore, prestazioni energetiche)



Property	Value
Feature Type	BuildingPart
Coordinate System	EPSG:28992
Dimension	3D
Number of Vertices	606
Min Extents	92930.945999999996, 435425.1972, 0.0
Max Extents	93029.243000000002, 435500.67200000002, 135.50008840000001
Attributes (12)	
beginLifespanVersion (encoded: utf-16)	2013-01-15T00:00:00
conditionOfConstruction.owns (encoded: utf-16)	false
conditionOfConstruction.xsi_nil (encoded: utf-16)	true
fme_geometry (string)	fme_aggregate
fme_type (string)	fme_area
geometry3DLoD2.BuildingGeometry3DLoD2.horizontalGeometry...	1.0
geometry3DLoD2.BuildingGeometry3DLoD2.horizontalGeometry...	m
gml_id (encoded: utf-16)	fme-gen-778f112c-1978-4-ca9-a52d-f1c525f42f52
gml_original_coordinate_system (encoded: utf-16)	EPSG:28992
inspireId.Identifier.localId (encoded: utf-16)	fme-gen-778f112c-1978-4-ca9-a52d-f1c525f42f52
inspireId.Identifier.namespace (encoded: utf-16)	EUIR.C.BU
xml_type (string)	xml_area
IFEMultiArea (123 Parts)	
Name (encoded: utf-16)	geometry3DLoD2.BuildingGeometry3DLoD2.geometryMultiSurface
Geometry Traits (1)	
Part 0: IFMEPolygon	
Name (encoded: utf-16)	surfaceMember
Geometry Traits (1)	
gml_id (encoded: utf-16)	fme-gen-778f112c-1978-4-ca9-a52d-f1c525f42f52-1
Linear Boundary	True
Convex	True
Orientation	Right Hand Rule
Boundary: IFMELINE (4 Coordinates)	(92971.863129999998, 435461.867299999998, 32.1908558399999998), ...
Closed	Yes
Coordinates (4)	
0	92971.863129999998, 435461.867299999998, 32.1908558399999998
1	92983.949670000002, 435471.024700000001, 32.1909623299999998
2	92983.949670000002, 435471.024700000001, 32.19067957
3	92971.863129999998, 435461.867299999998, 32.1908558399999998
Part 1: IFMEPolygon	
Name (encoded: utf-16)	surfaceMember
Geometry Traits (1)	
gml_id (encoded: utf-16)	fme-gen-778f112c-1978-4-ca9-a52d-f1c525f42f52-2
Linear Boundary	True
Convex	True
Orientation	Right Hand Rule
Boundary: IFMELINE (5 Coordinates)	(92983.949670000002, 435471.024700000001, 32.1909623299999998), ...
Closed	Yes

Edifici INSPIRE GML visualizzati con Data Inspector. Da : [Converting CityGLM to INSPIRE 3D Buildings \(Annex III\) \(safe.com\)](#)

Grazie per la vostra attenzione



<https://birgitproject.eu/>

Finanziato dall'Unione europea. Le opinioni espresse appartengono, tuttavia, al solo o ai soli autori e non riflettono necessariamente le opinioni dell'Unione europea o dell'Agenzia esecutiva europea per l'istruzione e la cultura (EACEA). Né l'Unione europea né l'EACEA possono esserne ritenute responsabili.