

*Corso: Integrazione BIM-GIS. Blocco 1 - Integrazione BIM-GIS: Introduzione e flusso di lavoro.*

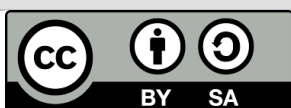
## Lezione 1.3: Conversione di dati BIM-GIS

### Note della lezione

#### **Autore(i)/Organizzazione(i):**

Ariana Kubart, Ocellus Information Systems AB, Sweden

#### **Licenza**



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

#### **Version**

Versione: 1.0-Ita

Data: Giugno 2024

#### **Sintesi**

L'ultima lezione di questo blocco approfondisce la conversione dei dati. Innanzitutto, fornisce informazioni su quali dati possono essere ottenuti da quale modello, prima di proseguire con la descrizione della conversione in entrambe le direzioni. In primo luogo, viene descritto il percorso da BIM a GIS, comprese le parti più complesse. Segue una spiegazione analoga della procedura GIS-BIM. Infine, la lezione fornisce una breve panoramica del software che si occupa della conversione.

#### **Risultati di apprendimento**

Al termine di questa lezione, il partecipante dovrà essere in grado di:

- Riassumere quali informazioni possono essere fornite dal modello BIM e GIS
- Descrivere le principali fasi e sfide della conversione BIM-GIS
- Descrivere le principali fasi e sfide della conversione GIS-BIM

#### **Competenze attese per l'accesso alla lezione**

Conoscenza del BIM e del GIS 3D corrispondente ai corsi BIRGIT Introduzione al BIM e al GIS 3D, Modelli di città e Gemelli digitali e completato L1.1 e L1.2.

***Durata prevista***

13 diapositive con informazioni e testo di accompagnamento, circa 1 ora e 30 minuti.

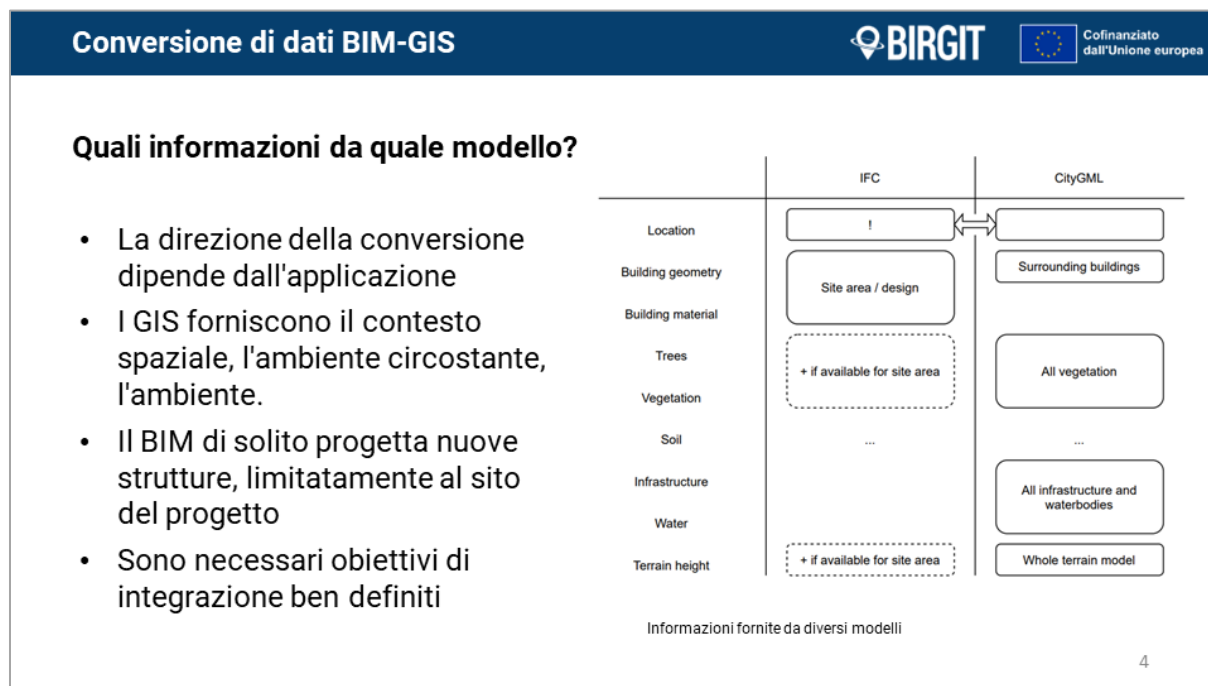
**Dichiarazione di non responsabilità**

*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*

## **Contenuto della lezione:**

Quali informazioni da quale modello? .....	4
Le versioni più recenti degli standard .....	5
Conversione BIM in GIS (I) .....	6
Conversione BIM in GIS (II) .....	7
Mappatura semantica.....	8
Trasformazione geometrica .....	10
Semplificazione .....	11
Conversione GIS a BIM (I) .....	12
Conversione GIS a BIM (II) .....	13
Mappatura semantica I e II.....	14
Passi per la trasformazione della geometria .....	16
Software di integrazione .....	17
Ulteriori letture e riferimenti .....	19

## Quali informazioni da quale modello?





La conversione **da BIM a GIS o viceversa** dipende dall'applicazione finale e dall'utente. Se siete, ad esempio, un architetto, probabilmente avete bisogno di importare i dati GIS nel modello BIM. Se si è un urbanista, è più probabile che si debba inserire un edificio di nuova progettazione nel modello di città esistente, cioè da BIM a GIS.

In generale, i GIS forniscono un contesto spaziale aggiuntivo ai modelli BIM, che sono principalmente destinati alla progettazione di nuovi edifici o strutture e sono limitati al sito del progetto. Alcune informazioni sul terreno e sulla vegetazione possono essere trovate anche nel modello BIM, se sono fornite nel file IFC. In ogni caso, l'edificio e i suoi materiali vengono solitamente estratti dal file IFC. Tuttavia, il GIS può aggiungere dati aggiuntivi e per un'area più ampia. Può trattarsi di dati sul terreno, sull'uso del suolo o sulle reti infrastrutturali e sugli edifici circostanti. Questo può migliorare le analisi su scala spaziale più ampia, relative ad esempio alla logistica o all'impatto ambientale. Inoltre, CityGML permette di modellare oggetti generici, cosa che non è così facile in IFC (cioè, caratteristiche che non sono rappresentate nel modello CityGML e che possono essere definite dall'utente).

Va notato che BIM-to-GIS significa conversione da un modello più dettagliato a uno meno dettagliato, il che comporta necessariamente una certa semplificazione. Il passaggio da GIS a BIM, cioè da un modello meno dettagliato a uno più dettagliato, è limitato dall'indisponibilità delle informazioni richieste in IFC. In questa lezione, analizzeremo più a fondo come funziona la **traduzione tra IFC e CityGML**.

## Le versioni più recenti degli standard

**Conversione di dati BIM-GIS**

  Cofinanziato dall'Unione europea

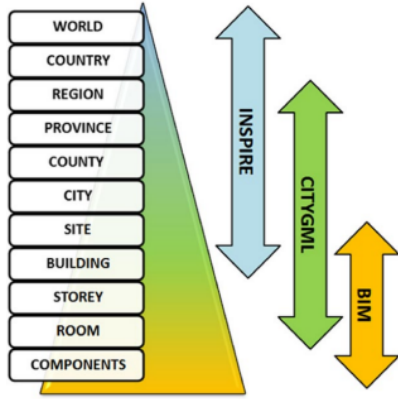
### Le versioni più recenti degli standard

**Versione CityGML 3.0**

- migliore integrazione con il BIM
- spazi interni in diversi livelli di dettaglio
- supporto per i dati dinamici dei sensori
- modellazione temporale
- Estensioni del dominio applicativo (ADE)

**Versione IFC 4.3**

- migliore interoperabilità con CityGML
- modellazione 4D e 5D entità energetiche e ambientali
- Infrastrutture BIM



Informazioni fornite da diversi modelli. Bachert (2023) Mapping the Energy ADE to CityGML 3.0

5



La **versione 3.0 di CityGML** offre un'integrazione molto migliore con il BIM, rispetto alle versioni precedenti. Include, ad esempio, la possibilità di rappresentare gli spazi interni in diversi livelli di dettaglio (LOD), il supporto per i dati dinamici dei sensori e per la modellazione temporale, nonché la capacità di estendere il modello informativo in estensioni del dominio applicativo (ADE).

Analogamente, **IFC4** è la versione più recente di IFC e presenta diversi miglioramenti rispetto a IFC2x3 per quanto riguarda l'interoperabilità con CityGML, le opzioni per la modellazione 4D e 5D e le entità energetiche e ambientali.

Tuttavia, molti dati possono ancora essere presenti nelle vecchie versioni degli standard. In tal caso, si raccomanda di considerare la loro conversione alle versioni più recenti.

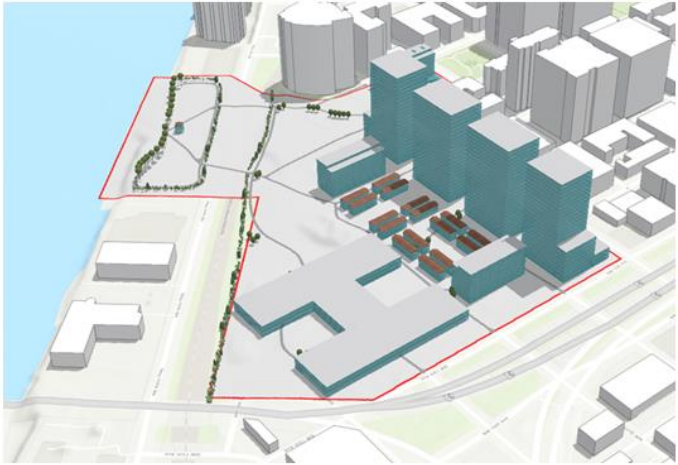
## Conversione BIM in GIS (I)

**Conversione di dati BIM-GIS**

  Cofinanziato  
dall'Unione europea

**Conversione BIM in GIS (I)**

- Visualizzazione e analisi dei nuovi progetti di sviluppo insieme agli oggetti esistenti
- Il modello CityGML consiste in un livello geometrico e uno semantico.
- Coerenza geometrica-semantica necessaria per gli oggetti esistenti in entrambi i livelli
- Conversione semantica e geometrica



Nuovo sviluppo visualizzato nell'ambiente cittadino esistente. Schermata dei dati di formazione di Esri.

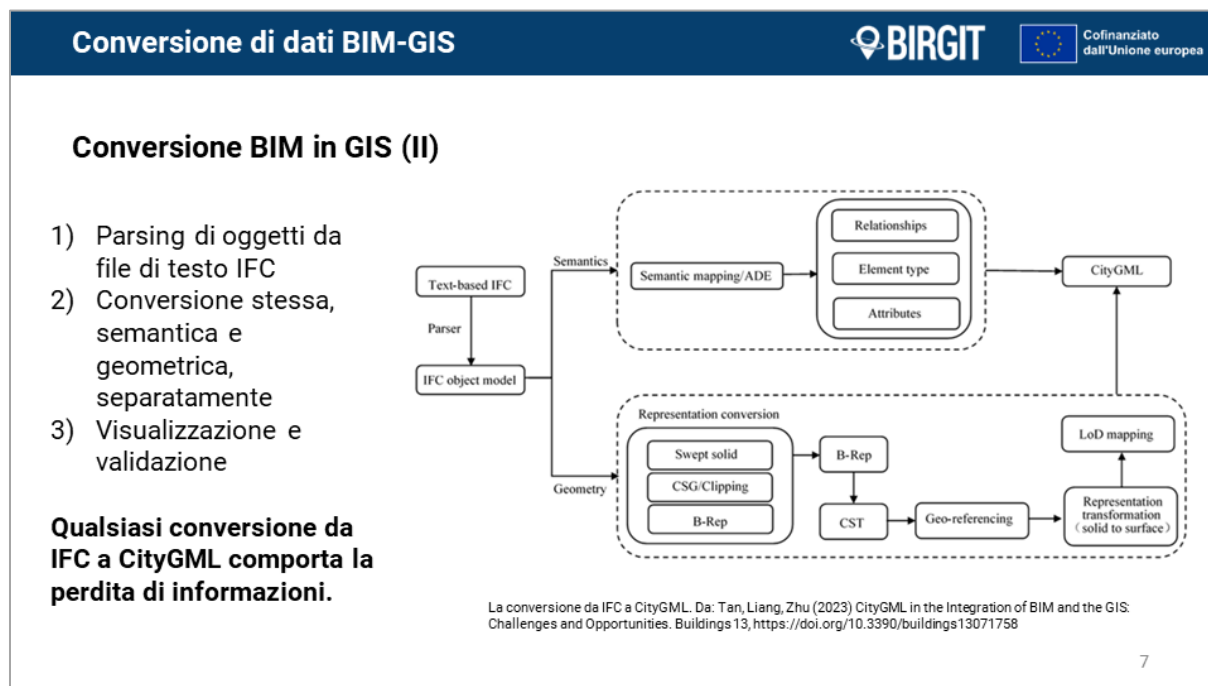
6

La conversione **da BIM a GIS** consente di visualizzare e analizzare il nuovo sviluppo pianificato insieme agli oggetti esistenti nei suoi dintorni.

Il modello CityGML è costituito da un livello **geometrico** e da un livello **semantico**. Se un oggetto specifico esiste in entrambe le gerarchie, viene collegato tramite relazioni per formare una coerenza geometrica e semantica. Ad esempio, se un muro di un edificio ha due finestre e una porta a livello semantico, la rappresentazione geometrica del muro deve contenere anche la geometria delle finestre e della porta.

Questo approccio consente una navigazione indipendente in entrambe le gerarchie e tra di esse. Supporta l'integrazione dei dati e l'interrogazione e l'analisi semantica spaziale. Pertanto, il compito principale del BIM-to-GIS è la conversione geometrica e la mappatura semantica (si veda più avanti una descrizione più dettagliata).

## Conversione BIM in GIS (II)



Come prima fase della conversione, il file IFC basato sul testo viene analizzato in un modello a oggetti. Successivamente, le informazioni semantiche e geometriche del modello a oggetti IFC vengono elaborate separatamente e convertite nel modello CityGML. Infine, l'ultima fase comprende il perfezionamento e la visualizzazione delle informazioni elaborate per garantire la validità dell'output.



Come già sappiamo, ci sono differenze nello scopo e nell'intento del BIM e del GIS, che si traducono in formati di dati IFC e CityGML diversi. Mentre il BIM è utilizzato per la modellazione dettagliata su scala ridotta, IFC utilizza classi per gestire tutti gli elementi pensabili di un edificio. In IFC4 sono presenti oltre 800 classi. Tuttavia, solo 60-70 di queste 800 classi sono legate alle informazioni geospaziali. E di queste, solo 17 classi possono essere mappate in CityGML.

In realtà, le classi di oggetti più rilevanti per CityGML sono solo un sottoinsieme di *IfcSpace* e tutti i sottotipi/subentità di *IfcBuildingElement*. Tutte le altre classi rappresentano oggetti mobili o sono classi astratte senza geometria.

È quindi importante capire che qualsiasi conversione da IFC a CityGML comporta una perdita di informazioni. Tuttavia, è vantaggioso conservare un certo sottoinsieme di informazioni da IFC, anche se tali informazioni non sono native di CityGML. Quale sia la parte di informazioni IFC dipende dal caso d'uso. In pratica, è possibile utilizzare il modulo Generic o l'Application Domain Extension (ADE) di CityGML.

## Mappatura semantica

Conversione di dati BIM-GIS


 Cofinanziato dall'Unione europea

### Mappatura semantica

Mappatura di tipi di elementi, relazioni e attributi da IFC a CityGML

**Diverse situazioni:**

- Alcuni oggetti vengono mappati direttamente uno a uno
- Altri mappano in diverse classi CityGML
- Molti oggetti IFC mappano in una classe CityGML
- Mappatura indiretta

**La semantica è di solito la principale limitazione della conversione**

CityGML	IFC
AbstractBuilding	IfcBuilding
-GroundSurface -FloorSurface -CeilingSurface	IfcSlab -GroundSlab -FloorSlab -CeilingSlab
RoofSurface	IfcRoof
-WallSurface -InteriorWallSurface	IfcWall -Interior Wall -Exterior Wall
WallSurface	IfcCurtainWall
GenericCityObject	IfcBuildingElementProxy
SolitaryVegetationObject	IfcBuildingElementProxy
Opening Door Window	IfcOpeningElement IfcDoor IfcWindow
BuildingInstallation	IfcBeam, IfcColumn, IfcCovering, IfcStair, IfcRailing, IfcRamp

IFC-CityGLM mapping. From: Sahleb et al (2020) Automatic conversion from CityGLM to IFC. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4W-1-2020-1-27-2020>

La mappatura semantica è la mappatura dei tipi **di elementi**, delle **relazioni** e degli **attributi** dal **modello di oggetti IFC** al **modello CityGML**.

La mappatura semantica consiste nell'identificare la semantica del set di dati IFC analizzato e nella sua successiva conversione in un modello semantico CityGML. In pratica, si esportano da IFC serie di file *.obj* rilevanti per la conversione e poi si trasformano i singoli file *.obj* in CityGML.

Alcuni oggetti possono essere mappati uno a uno. Ad esempio, *IfcDoor* può essere mappato direttamente a *Door* in CityGML e *IfcWindow* può essere mappato direttamente a *Window* in CityGML.

Al contrario, la mappatura uno-a-molti significa che una classe IFC può essere mappata a più classi CityGML. Ad esempio, *IfcSlab* può essere mappato a *OuterFloorSurface* quando la superficie è in alto, a *WallSurface* quando la superficie è orizzontale e a *OuterCeilingSurface* quando la superficie è in basso.

In alternativa, più classi IFC possono essere mappate su una singola classe CityGML mediante una mappatura molti-a-uno. In questo caso, possiamo nominare *IfcColumn*, *IfcBeam* e *IfcStair*, che sono tutti mappati a *BuildingInstallation* o *IntBuildingInstallation* in CityGML.



La mappatura indiretta si riferisce a situazioni in cui la classe IFC non può essere mappata direttamente in CityGML e che richiedono ulteriori operazioni geometriche basate sui risultati delle mappature uno-a-uno e uno-a-molti.

È quindi necessario non solo mappare le classi IFC alle entità CityGML, ma anche le proprietà e le relazioni delle classi.

Ad esempio, le proprietà di *IfcWindow* (come spessore, materiale, ecc.) devono essere mappate sulle proprietà corrispondenti dell'entità *Window* in CityGML. Questo assicura che il modello CityGML convertito possa mantenere e rappresentare gli attributi rilevanti di *Window*.



Inoltre, è importante mappare le relazioni tra *IfcWindow* e altre classi, come *IfcWalls* e *IfcOpeningElement*. Questo assicura che il modello CityGML convertito rappresenti accuratamente le associazioni tra *Window*, *Walls* e *Opening*.

Complessivamente, tutti gli edifici denominati appartengono alla classe *AbstractConstructiveElement*, sottoclasse *BuildingConstructiveElement*, modulo *Building*, in CityGML3.

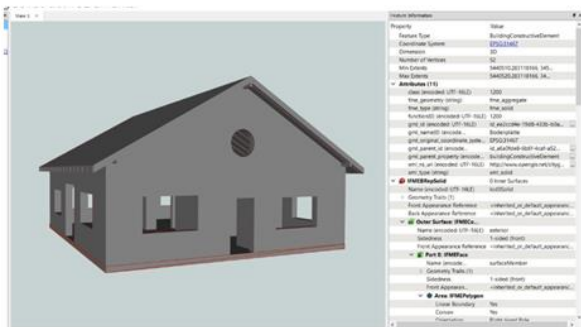
Se le informazioni semantiche corrispondenti per il modello IFC non sono disponibili in CityGML, è possibile applicare il modulo *Generics* e il meccanismo di estensione ADE (si veda anche sopra). Capita anche che alcune informazioni semantiche manchino nel file IFC ma siano previste o richieste in CityJSON. In ogni caso, **la semantica è di solito il limite principale della conversione.**

## Trasformazione geometrica

Conversione di dati BIM-GIS


 Cofinanziato dall'Unione europea

### Trasformazione geometrica



Fonte: [GitHub - tum-gis/ifc-to-citygml3](https://github.com/tum-gis/ifc-to-citygml3): An FME workspace for converting IFC data sets to CityGML 3.0 data sets

Ogni oggetto *IfcObject* nel file IFC viene controllato se:

- ha una geometria
- è all'esterno o all'interno di un edificio

Viene quindi memorizzato come GML:*Solid* o GML:*MultiSurface*.

Le sfide derivano dalla diversa rappresentazione geometrica e dal diverso livello di dettaglio.

In questa fase è possibile eseguire la georeferenziazione e la trasformazione del sistema di coordinate.

9

Nelle trasformazioni geometriche, ogni *IfcObject* filtrato nel file IFC viene controllato se ha una geometria e se è contenuto all'esterno o all'interno di un edificio. Viene quindi memorizzato come gml:*Solid* o gml:*MultiSurface*.

Analogamente alla mappatura semantica, alcuni oggetti possono essere trasformati direttamente, come *IfcRoof*. In altri casi, è necessaria una maggiore scomposizione. Questa scomposizione viene effettuata fino a trovare una mappatura finale. Ad esempio, un *IfcPlate* da solo potrebbe avere molti significati, quindi deve essere ulteriormente scomposto fino a diventare, ad esempio, *IfcWindow*, che viene poi mappato in *Window* in CityGML.



Le sfide della conversione geometrica derivano dalla diversa rappresentazione geometrica e dal diverso livello di dettaglio tra IFC e CityGML.

Come abbiamo già discusso, IFC definisce cinque livelli di sviluppo (LOD), ma non corrispondono ai quattro livelli di dettaglio (LoD) definiti in CityGML. Pertanto, la mappatura dei LoD è necessaria per convertire i modelli IFC in diversi LoD di CityGML.

La georeferenziazione e la trasformazione del sistema di coordinate possono essere eseguite nella trasformazione della geometria, se non sono state effettuate in precedenza sui dati di input.

## Semplificazione

**Conversione di dati BIM-GIS**

  Cofinanziato  
dall'Unione europea

**Semplificazione**

- La conversione da BIM a GIS porta alla semplificazione e all'eliminazione dei dettagli
- La scelta del livello ottimale è fondamentale
- È meglio personalizzare il modello IFC già a livello BIM, non nella conversione.
- Si raccomanda l'uso delle Model View Definitions (MVD).

Illustrazione della relazione tra IFC e CityGML (researchgate.net)

10



La conversione di IFC in CityGML implica la semplificazione e la **rimozione dei dettagli** e delle informazioni non necessarie nei dati. Delle oltre 800 classi definite nello schema IFC, la maggior parte non è rilevante nel GIS.

La scelta del livello ottimale di dettagli da convertire da un modello BIM è molto importante. Gli oggetti devono essere modellati con sufficienti dettagli, in base all'ambito di lavoro. Allo stesso tempo, troppi dettagli rendono il modello integrato molto grande, moltiplicano gli errori e causano ritardi nel software.

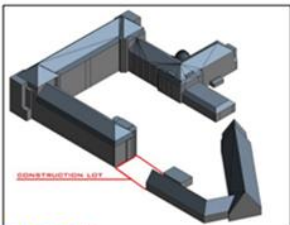
Il modello IFC può essere personalizzato già a livello BIM, non necessariamente in ritardo come nella conversione IFC-CityJSON. Le definizioni delle viste del modello (MVD, si veda anche il corso Introduzione al BIM) possono essere utilizzate per limitare il modello di dati a uno scopo specifico, come la progettazione o le analisi energetiche. Una serie di MVD predefiniti è disponibile nel database MVD di buildingSMART International.

In ogni caso, la convalida del file CityGML in uscita rispetto a uno schema dovrebbe essere una procedura standard a causa di tutti gli errori introdotti nelle diverse fasi.

## Conversione GIS a BIM (I)

  Cofinanziato dall'Unione europea
**Conversione di dati BIM-GIS**

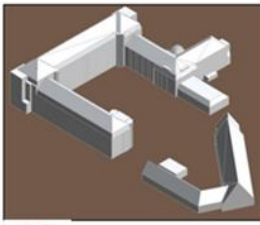
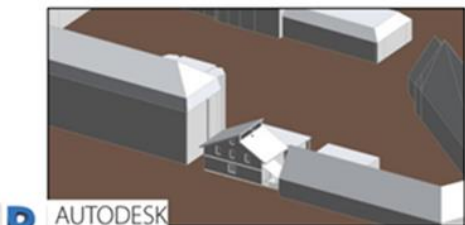
### Conversione GIS a BIM (I)



**Passi**

- 1) Definizione dei dintorni nel modello di città /file di dati CityGLM
- 2) Esportazione da CityGLM a IFC
- 3) Importazione in un software BIM

- Dati GIS utilizzati nel BIM - solitamente conversione **CityGML in IFC**
- Migliora le informazioni sull'ambiente circostante

Visualizzazione delle fasi di conversione da CityGLM a IFC. Da: Salheb (2019)  
Conversione automatica di CityGML in IFC, tesi di laurea magistrale, TU Delft

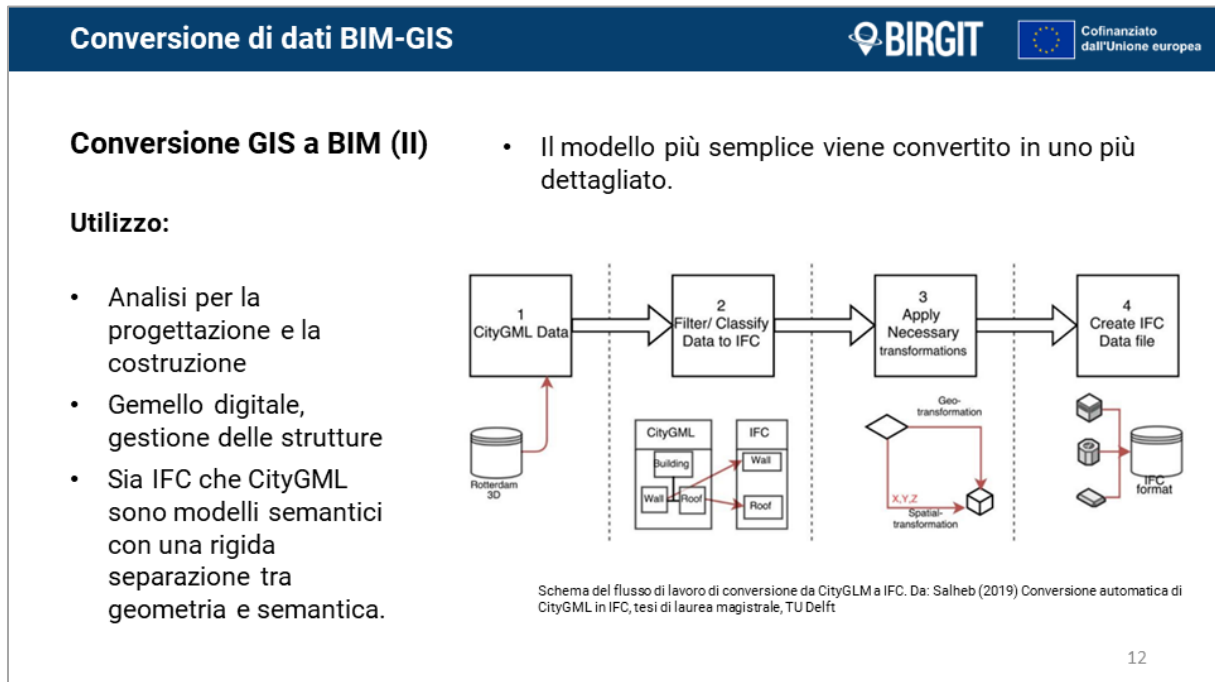
11

GIS-to-BIM significa che i dati geospaziali creati dal GIS vengono utilizzati nel BIM, il che di solito significa **conversione da CityGML a IFC**. In passato questo tipo di conversione era meno comune, in quanto il modello più semplice veniva convertito in uno più dettagliato.

Tuttavia, l'inserimento dei modelli semantici 3D della città e del terreno nel BIM migliora notevolmente le **informazioni sull'ambiente circostante**, sia per i progetti pianificati che per le ristrutturazioni. In questo caso, i dati GIS sono memorizzati secondo il modello IFC e gestiti dal software BIM.

Un'applicazione è quindi quella di creare un modello BIM semplificato degli edifici circostanti da CityGML e combinarlo con i modelli completi del progetto utilizzando il software BIM, come documentato dalle figure.

## Conversione GIS a BIM (II)





Non ci sono dubbi sui vantaggi della visualizzazione e dell'analisi di qualsiasi nuovo sviluppo nell'ambiente circostante. Le applicazioni sono numerose in tutte le fasi del ciclo di vita.

Nella fase di progettazione, si possono testare le diverse ubicazioni, l'esposizione dell'edificio o lo stesso progetto architettonico. Durante la costruzione, è possibile, ad esempio, ottimizzare la logistica del cantiere. In seguito, il modello BIM dettagliato all'interno del suo ambiente può diventare un gemello digitale con tutti i suoi vantaggi. Nel corso del corso sono previste lezioni specializzate sulle applicazioni (blocco 2 e 3).

Analogamente a CityGML, anche IFC è un modello semantico con una rigida separazione tra geometria e semantica. Di conseguenza, la mappatura semantica e la trasformazione della geometria sono due fasi diverse anche nella direzione GIS-BIM.

## Mappatura semantica I e II

Conversione di dati BIM-GIS


 Cofinanziato dall'Unione europea

### Mappatura semantica I

- IFC ha più classi di CityGML
- Solo una minoranza di classi è rilevante per la conversione
- Comunemente gli oggetti hanno un significato semantico diverso

**Sfida:** come mappare al meglio le semantiche da CityGML ai loro equivalenti in IFC?

Mappatura semantica da CityGML a IFC. Da Sahleb et al (2020) Conversione automatica da CityGML a IFC, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4-W1-2020-127-2020>.

13

Conversione di dati BIM-GIS


 Cofinanziato dall'Unione europea

### Mappatura semantica II

**Passi:**

- Corrispondenza tra gli schemi IFC e CityGML
- Indagine su quali oggetti e attributi corrispondono tra loro
- Dati rilevanti filtrati e classificati in IFC

Una certa perdita di informazioni semantiche è inevitabile, poiché molte parti non sono applicabili alla conversione.

IFC objects	CityGML 3.0 objects
IfcProject	CityModel
IfcSite	LandUse
IfcBuilding	Building
IfcBuildingStorey	Storey
IfcSpace	BuildingRoom
IfcWallStandardCase	BuildingConstructiveElement
IfcBeam	BuildingConstructiveElement
IfcSlab	BuildingConstructiveElement
IfcMember	BuildingConstructiveElement
IfcDoor	Door
IfcWindow	Window
IfcRailing	BuildingInstallation
IfcStair	BuildingInstallation

Mappatura tra gli oggetti IFC e CityGML.

14

IFC ha un numero elevato di classi, rispetto a CityGML. Come già sappiamo, solo una minoranza delle classi è rilevante nella conversione ed è comune con il diverso significato

semantico degli oggetti. La questione è quindi come mappare al meglio le semantiche da CityGML ai loro equivalenti in IFC.

Il primo passo della conversione è quindi la **corrispondenza tra gli schemi IFC e CityGML**, il che significa indagare quali attributi ed entità corrispondono tra loro. I dati rilevanti vengono poi filtrati e classificati in IFC.

Tuttavia, una certa perdita di informazioni semantiche è inevitabile a causa del fatto che molte entità non sono applicabili alla conversione.







## Software di integrazione

**Conversione di dati BIM-GIS**

**Software di integrazione**

- **Software gratuito**
  - KIT Model Viewer
- **Software commerciale**
  - FME
  - Applicazioni Esri-Autodesk
- **Algoritmi propri**

Tutti convertono in modi diversi, il che si traduce in output diversi



Applicazioni di cooperazione Esri-Autodesk: Aggiunti di arredi urbani da ArcGISa Infraworks (up), Modello BIM aggiunto a un modello di città in ArcGIS GeoBIM (screenshot)

16

Esistono software gratuiti e commerciali per la conversione BIM-GIS. Il terzo modo è quello di sviluppare algoritmi su misura.

Poiché i diversi software BIM trattano i dati IFC in modo diverso, lo stesso vale per quelli di conversione. Di conseguenza, i modelli GIS o BIM convertiti saranno diversi l'uno dall'altro, a seconda del software utilizzato.

I pacchetti software esistenti offrono un'elevata efficienza e robustezza e forniscono modelli di bell'aspetto. D'altra parte, sono costosi, possono non avere la possibilità di essere regolati in base a requisiti specifici e si comportano come una scatola nera. Le fasi di elaborazione dei dati sono nascoste agli utenti ed è complicato individuare la causa di eventuali errori.

L'integrazione più avanzata è fornita dai software ArcGIS di Esri e Autodesk, che sono compatibili tra loro. Per quanto riguarda i software di Autodesk, i più importanti per l'integrazione BIM-GIS sono Revit, che si occupa della progettazione dettagliata, e InfraWorks, che si occupa della progettazione concettuale e delle infrastrutture.

Un'altra opzione commerciale è FME, Feature Manipulation Engine. Anche FME supporta sia la conversione geometrica che la mappatura semantica. Tuttavia, converte il file, ma non consente di ottenere una conversione e una visualizzazione completa nelle applicazioni pratiche. È ArcGIS che può essere utilizzato come piattaforma per la gestione e la visualizzazione integrata dei dati.

I software commerciali (come Revit) spesso si aspettano che vengano importati solo modelli IFC completamente accurati. Se il modello IFC non è completo, può comunque funzionare in un software libero come KIT Model Viewer (successore di FZK Viewer). Tuttavia, il software gratuito è solitamente meno facile da usare rispetto a quello commerciale.

Lo scripting personalizzato offre flessibilità e può colmare le lacune nei dati di origine, ma difficilmente viene utilizzato nella pratica.

## Ulteriori letture e riferimenti

Bachert (2024) Mapping the Energy ADE to CityGML 3.0 Using a Model-Driven Approach, [ISPRS International Journal of Geo-Information](#) 13(4):121, DOI: [10.3390/ijgi13040121](#)

Salheb (2019) Automatic Conversion of CityGML to IFC, MSc thesis, TU Delft

Salheb et al (2020) AUTOMATIC CONVERSION OF CITYGML TO IFC. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLIV-4/W1-2020

Tan, Liang, Zhu (2023) CityGML in the Integration of BIM and the GIS: Challenges and Opportunities. Buildings 13, <https://doi.org/10.3390/buildings13071758>