

Un approccio GIS-BIM per il governo delle trasformazioni urbane. Il caso del comune di Aversa

Pierpaolo D'agostino¹, Rosa Anna La Rocca¹, Giuseppe Antuono¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale Università degli Studi Federico II di Napoli, pierpaolo.dagostino@unina.it; larocca@unina.it; giuseppe.antuono@unina.it

Abstract. Lo studio ha l'obiettivo di definire e sperimentare un metodo semiautomatizzato basato sull'integrazione GIS-BIM che rappresenti uno strumento di supporto per le pubbliche amministrazioni nel processo di rilascio dei titoli abilitativi per interventi sul patrimonio edilizio. Se l'apporto innovativo dello studio è il tentativo di integrare ambienti di conoscenza; il limite è la necessità di una forte interazione tra la lungimiranza della ricerca scientifica e la lentezza dell'apparato burocratico.

Parole chiave: E.Permit, BIM, modello multiscalare integrato.

1 Introduzione

Lo studio proposto si concentra sulla necessità di mettere a punto strumenti digitali innovativi a supporto della conoscenza e del controllo delle trasformazioni in ambito urbano, con particolare riferimento agli interventi sul patrimonio edilizio privato.

Come è noto, tali interventi sono sottoposti a procedure di controllo della conformità da parte della pubblica amministrazione che può deliberare a favore o meno del rilascio del titolo abilitante alla trasformazione, in ragione sia dell'intervento richiesto, sia della rispondenza della richiesta con le norme urbanistiche attive sul territorio. L'introduzione delle applicazioni BIM ha sostanzialmente modificato, ampliandole, le modalità di trattamento e gestione delle informazioni consentendo la redazione di un metodo di conoscenza in grado di integrare tra loro attività multidisciplinari. Ciononostante, ancora poco indagata risulta la linea di ricerca orientata alla sperimentazione dell'integrazione tra le tecnologie BIM e quelle sviluppate in ambiente GIS [2], fondamentale per lo sviluppo della *smartness* urbana conforme ai dettami della sostenibilità, in quanto capace di ottimizzare le attività di integrazione di dati e di analisi spaziali a supporto del processo di *urban management* [14]. In linea con tali premesse, l'obiettivo di mettere a punto e di sperimentare un protocollo metodologico multidisciplinare per strutturare un modello di gestione GIS/BIM rappresenta uno dei *focus* di questo lavoro che prende in esame le pratiche edilizie del comune di Aversa (CE) in Campania, presentate nel periodo 2016-2021. In particolare, la ricerca è sintetizzata nel paper in tre parti.

Nella prima parte vengono affrontate le principali questioni metodologiche alla base di tale integrazione. Nella seconda parte si affrontano più specificatamente le questioni

relative al modello di integrazione. Nella terza parte viene illustrata la sperimentazione della procedura semi-automatica orientata alla verifica delle correlazioni geometrico-informative, che si pone quale strumento utile al decisore amministrativo durante l'intero iter di accoglimento-verifica-rilascio dei titoli abilitativi necessari per la realizzazione degli interventi edilizi [7], restituendo un modello territoriale multiscalare che apre ad ulteriori riflessioni nelle conclusioni sugli sviluppi del percorso di ricerca, orientato alla verifica delle potenzialità dell'integrazione di metodi di conoscenza innovativi a supporto delle decisioni nel governo delle trasformazioni in ambito urbano.

2 Il modello di integrazione GIS-BIM. Questioni di metodo

La digitalizzazione e l'innovazione di processi, prodotti e servizi ad essa connessi, si configura come uno dei più attuali temi di interesse che investono tutti i livelli della politica nazionale ed i settori produttivi del nostro Paese. Secondo il PNRR [12], l'elemento cardine nel panorama di riforme messe in atto dal governo italiano mira a irrobustire l'uso delle tecnologie digitali nel sistema produttivo e nei servizi pubblici, nelle competenze che l'utenza è chiamata ad esprimere nell'interazione tra cittadino e macchina amministrativa e burocratica.

In tale contesto, la riforma della pubblica amministrazione mediante il miglioramento delle capacità amministrative sia a livello centrale sia a livello locale assomma una quota significativa dell'impiego delle risorse messe in campo (il 27% è destinato alla sola transizione digitale [11], mirando, tra l'altro, alla promozione della semplificazione e digitalizzazione delle procedure amministrative mediante l'utilizzo dei servizi digitali, con l'obiettivo di ridurre le procedure burocratiche.

Nel contesto dell'ingegneria applicata alle procedure pubbliche, parole chiave come ambiente di condivisione, interoperabilità, ICT sono ormai glossario condiviso per tradurre i paradigmi e i nuovi metodi offerti dalla tecnologia e dalle infrastrutture digitali prima discusse. Alcune di queste, peraltro, confluiscono nell'architettura normativa: ne è un esempio l'emanazione del D.M. 560/2017, decreto attuativo per disciplinare strumenti e processi riferiti alla metodologia BIM.

Sebbene questa metodologia sia conosciuta in relazione alla gestione dei processi di progettazione e all'attività correlata ad essa, la necessità di tenere una chiara e sicura filiera di condivisione informativa digitale impone che siano altrettanto chiare le "regole di ingaggio" in relazione ai flussi di gestione della commessa, dalle attività sino alla documentazione di contratto. Queste problematiche divengono quantomai spinose, poi, qualora si inizi a ragionare sul come declinare questa filiera nell'ambito dell'iter valutativo di proposte progettuali funzionali alla gestione amministrativa, per gli iter autorizzativi in ambito edilizio e relativo rilascio di titoli abilitativi ecc..

Un tema questo per il quale recenti implementazioni del BIM hanno prodotto framework procedurali condivisi (vedi Fig. 1). Tra questi, quello maggiormente efficace pare essere la definizione dell'E-Permit [1]. In particolare, i processi E-Permit rendono possibile ottenere un controllo automatico finalizzato al rilascio di un titolo abilitativo o un'autorizzazione amministrativa relativa a un certo progetto elaborato in ambiente BIM. In relazione alla definizione di uno specifico regolamento o norma

tecnica, si diviene in grado di effettuare in maniera automatica tutte le verifiche previste dal regolamento stesso sul file in formato aperto IFC, noto per essere attualmente il più strutturato formato di scambio aperto nei flussi operativi BIM. Grazie all'E-Permit, una pubblica amministrazione può disporre, in potenza, della possibilità di istituire la pratica in modalità del tutto automatica, sfruttando le potenzialità del cosiddetto Code Checking, ossia della verifica delle caratteristiche formali e prestazionali del clone digitale del manufatto oggetto di interesse. In tal senso le informazioni contenute nel data set rappresentano uno strumento dinamico di conoscenza del territorio che, se opportunamente implementato, può costituire uno strumento in grado di elevare l'efficienza di tutto il processo amministrativo, incidendo sia sulla qualità del servizio offerto, sia, soprattutto, sul miglioramento della vivibilità urbana da parte dell'utente finale.

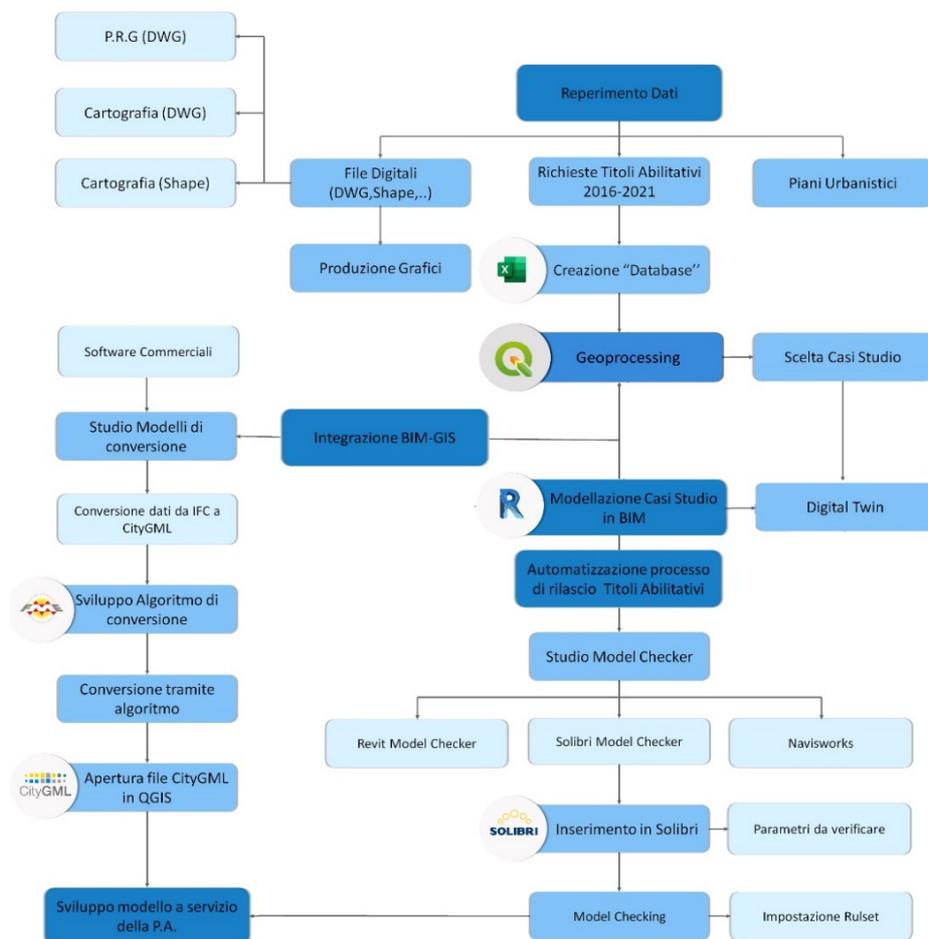


Fig. 1. Il processo di gestione e interoperabilità informativa. Schema metodologico.

Tuttavia, l'interrogativo che è possibile porsi, scendendo al livello meramente operativo del confronto tra utente e struttura amministrativa di riferimento, è volto a comprendere come sia possibile incidere materialmente per far virare dalla rappresentazione del processo di validazione tecnica di un intervento progettuale alla sua virtualizzazione, passando da una mediazione tecnica attraverso elaborati informativi ai cosiddetti modelli informativi [10].

Peraltro, proprio nella interoperabilità che si richiede a tali modelli BIM, si impone come mettere in relazione dati pensati per gestire un manufatto con quelli utili alla sua messa a sistema geospaziale, attraverso le più tipiche e consolidate modalità di gestione informativa GIS.

Nell'integrazione BIM-GIS nel dominio spaziale, attraverso principalmente il ricorso all'architettura GML (*Geography Markup Language*), infrastrutture digitali definite *object-oriented* per la specifica natura testa alla messa in relazione di singole istanze tipizzate, si inserisce un nodo sostanziale prima ancora che formale da sciogliere, posta la necessità di fusione del modello BIM nei *layer* di contesto geospaziale. Ciò descrive la difficoltà dell'integrazione tra questi due sistemi, che nascono per gestire informazioni di diverso tipo e con differenti rappresentazioni digitali e livelli di dettaglio ad esse connessi, generando principalmente problemi di interoperabilità geometrica e semantica, che sono peraltro alla base dell'approccio metodologico presentato nel presente contributo.

Ebbene, scopo precipuo del lavoro proposto consiste nella costruzione di un ambiente di conoscenza "integrata" che, se da un lato consente di gestire la domanda di trasformazione urbana, dall'altro consente di ottimizzare il processo informativo necessario per rispondere a tale domanda anche attraverso l'aggiornamento del dato cartografico ed alfanumerico.

Utilizzando come approccio la conversione di formati di scambio aperto (vedi Fig. 1) sarà possibile comprendere come integrare le informazioni prodotte in ambiente BIM in formati di file standard GML e quindi operabile in ambiente GIS, simulando un ciclo operativo diretto tra utenza e amministrazione pubblica.

3 Il modello di integrazione GIS-BIM per il governo delle trasformazioni urbane e territoriali

In questa parte si fa riferimento alla possibilità di mettere a punto una procedura in grado di supportare il compito dell'amministratore pubblico sia nel momento della verifica, sia, soprattutto, nella fase di strutturazione dei dati territoriali che essa deve necessariamente gestire. Proprio dalla corretta strutturazione dei dati deriverà il quadro delle azioni necessario alla definizione di opportune azioni di governo delle trasformazioni urbane. Il processo descritto in questo lavoro deve essere inteso come un'attività dinamica che necessita, cioè, di opportune iterazioni, tuttavia, già allo stato attuale esso è in grado di fornire materiale per approfondimenti e ulteriori sviluppi tesi all'ottimizzazione delle procedure amministrative. D'altra parte, l'utilizzo di tecnologie GIS risponde alla necessità di mettere a punto procedure speditive aggiornabili e scalabili quasi in tempo reale.

Per comprendere a fondo il senso del lavoro svolto soprattutto nella fase di sviluppo metodologico è necessario, seppur brevemente, soffermarsi sulla complessità dell'oggetto di studio: la città e le trasformazioni a cui essa inevitabilmente è sottoposta. L'adozione di paradigmi interpretativi per lo studio, la modellizzazione ed il governo del territorio, necessita della parallela messa a punto di ambienti di conoscenza in grado di rappresentare e formalizzare i fenomeni urbani. Gli approcci teorici delle scienze urbane di recente definizione considerano la città e il territorio come sistemi dinamicamente complessi caratterizzati da elevata entropia antropica [8]. La definizione forse più calzante riconosce la città come luogo della complessità [5] e dunque proprio in quanto tale, la città esige metodi di lettura e di analisi adeguati oltre che strumenti e tecniche di controllo innovativi. L'adozione del pensiero sistemico e della teoria della complessità è uno dei riferimenti teorico-metodologico alla base dello sviluppo della piattaforma dinamica integrata proposta in questo studio. Tale assunto metodologico è necessario per conoscere l'andamento dei fenomeni urbani, la loro evoluzione e definire i possibili assetti futuri del sistema urbano. Per consentire un'opportuna conoscenza inoltre è utile lo sviluppo di tecniche e strumenti che consentano di leggere il territorio attraverso la predisposizione di molteplici livelli informativi che, oltre a consentire una lettura multilivello, permettano di gestire ed interpretare dati e informazioni. Lo sviluppo di tali ambienti di conoscenza diviene fondamentale anche come "immagine" del modello interpretativo del territorio in grado di rappresentare i fenomeni urbani e supportare le decisioni di governo delle trasformazioni. Gli avanzamenti più recenti nel campo della conoscenza e rappresentazione della città sono rappresentati dall'integrazione fra GIS e BIM che sembra rappresentare un'ulteriore svolta nella maniera di intendere e gestire la trasformazione urbana e l'oggetto edilizio.

L'integrazione tra le potenzialità di tali "sistemi tecnologici per la conoscenza" costituisce, con buone probabilità, il futuro del "sapere tecnico". Tale consapevolezza ha guidato l'intera impostazione del lavoro che certamente necessita di ulteriori approfondimenti. Ciononostante, un primo risultato consiste nella definizione di un protocollo standardizzato che le amministrazioni comunali potrebbero adottare per esperire le pratiche necessarie al rilascio dei titoli abilitativi che rappresentano una consistente aliquota della domanda di trasformazione espressa dalle utenze urbane (cittadini residenti, utenti proprietari, ecc.). Il protocollo, sperimentato sul comune di Aversa prevede lo sviluppo di tre fasi principali: 1) acquisizione/elaborazione della richiesta di trasformazione; 2) integrazione/sovrapposizione delle informazioni con le regole della trasformazione urbana vigenti sul territorio comunale; 3) trasmissione/distribuzione del titolo abilitante. Nella prima fase si sviluppano tutte le azioni di raccolta dei dati: informazioni da parte del richiedente, dati comunali riguardanti le regole della trasformazione vigente sul territorio, estrazione delle informazioni significative, omogeneizzazione e prima classificazione in data-set utili alla predisposizione dell'ambiente informativo comunale. Nella seconda fase le azioni riguardano sia la georeferenziazione delle informazioni anche attraverso la definizione di unità territoriali minime, sia la connessione di una serie di *layer* informativi desunti dalla fase precedente. La terza fase costituisce l'output della procedura amministrativa urbanistica e presuppone una serie di verifiche precedenti prima del trasferimento

nell'apposito ambiente di conoscenza territoriale di tutte le informazioni elaborate. Le informazioni non utilizzate possono essere conservate in un *repository* specificamente predisposto e dal quale, attraverso operazioni di *data-retrival*, potranno essere richiamate. Nella terza fase, inoltre, vengono pianificate attività di distribuzione dei dati, attraverso procedure di accesso al sistema mediante profilazione della tipologia di utenza (singolo proprietario, impresa privata e/o pubblica).

La verifica della metodologia è stata svolta nel comune di Aversa in provincia di Caserta in Campania. Il comune ha una superficie di poco meno di 9 km² con una popolazione di 50.640 abitanti e una densità abitativa maggiore di 5000 ab/ km². Da un punto di vista urbanistico, è disciplinato da un PRG approvato nel 2001 e non ha ancora proceduto all'adeguamento richiesto dalla LUR 16/2004.

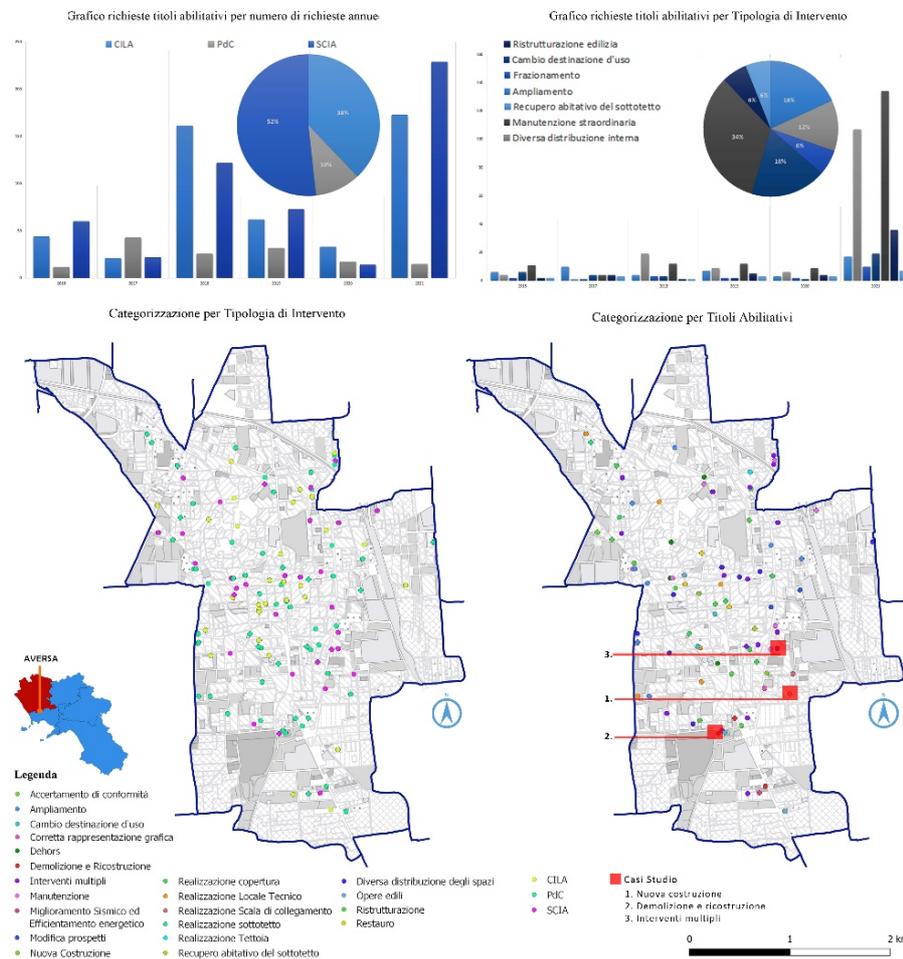


Fig. 2. Analisi statistica delle richieste dei titoli abilitativi implementati nel database nella sperimentazione della procedura sul territorio di Aversa.

In prima analisi sono state selezionate le richieste di titoli abilitativi presentate nel periodo 2016-2021. Le pratiche sono state geolocalizzate attraverso il software QGIS e poi selezionate per la verifica puntuale della procedura (vedi Fig. 2). Uno dei casi maggiormente significativi dei tre selezionati è una richiesta di Permesso di Costruire per la realizzazione di un edificio residenziale di nuova edificazione in zona di completamento. Il caso ha permesso di sperimentare le verifiche di conformità urbanistiche e l'integrazione dei dati GIS/BIM.

4 Il modello di integrazione GIS-BIM. Una sperimentazione

Al fine di automatizzare la gestione e verifica delle pratiche edilizie, riguardanti le richieste dei titoli abilitativi nell'ambito territoriale prototipale del comune di Aversa, la prima fase dell'approccio metodologico ha riguardato la strutturazione di un sistema informativo, con la geolocalizzazione e categorizzazione degli interventi, attraverso la discretizzazione della componente vettoriale e informativo-descrittiva, in forma di attributi, secondo la tipologia di titolo abilitativo richiesto.

La descrizione prevalentemente "orizzontale" e/o tabellare dei dati GIS, integranti norme e ogni altra risorsa (calcoli, stime, relazioni, ecc.), nonché il livello di dettaglio richiesto da alcuni strumenti urbanistici, richiede una maggiore rappresentatività del fenomeno urbano/architettonico per consentire un'immediata comprensione del territorio e degli elementi topografico-architettonici in esso inseriti ed oggetto di trasformazione. Pertanto, è stato strutturato un database spaziale che vede l'implementazione degli attributi del sistema informativo in QGIS con i dati dei modelli parametrici BIM, attraverso la codifica di un vocabolario unificato tra lo standard CityGML e IFC, sia nella modellazione delle caratteristiche geometriche che nel livello di sviluppo degli elementi.

In particolare, con riferimento ai casi studio selezionati rispetto al titolo abilitativo che serve all'intervento di trasformazione edilizia (tralasciando in questa fase le CILA, in quanto comunicazioni con minore valore rispetto alle tipologie di interventi di nuova costruzione, demolizione e ricostruzione, cambio di destinazione d'uso), sono stati elaborati i modelli parametrici, secondo un approccio CAD to BIM (vedi Fig. 3) [6] utile a ricostruire digitalmente la geometria dei componenti edilizi [3] provvedendo al data enrichment a livello di categorie, di famiglie, di tipi e di singole istanze. Ne deriva un modello, per tipologia di intervento, caratterizzato da una granularità spaziale e semantica, in termini di informazioni geometriche, alfanumeriche e di documentazione, adatto alla successiva fase di verifica dei parametri urbanistico-edilizi del progetto di trasformazione relativo.

Difatti, per anticipare la risoluzione di eventuali criticità e difformità dei progetti durante tutte le fasi del processo di validazione e rilascio del titolo abilitativo, un ruolo chiave è rivestito dal *Model Checking* che nella fase di *Design Review* consente di verificare la correttezza delle informazioni contenute nel modello BIM, sia dal punto di vista geometrico-formale che nei confronti della normativa di riferimento.

In particolare, con l'occasione sono stati comparati diversi *Model checker* (tra cui *Revit Model Checker*, *Solibri Model Checker*, *Navisworks Manage*), nel confronto delle

funzioni di *Geometry checks* (controllo della forma e della presenza degli elementi costruttivi che sono stati modellati), *Data checks* (controllo dei parametri definiti dall'utente come *codice assembly*, descrizione e commenti), *Naming conventions* (controllo delle convenzioni di denominazione) e *Requirements checks* (verifica che gli elementi del modello soddisfino i requisiti del progetto). Ad ogni modo, *Solibri Model Checker* è quello apparso il più versatile per le analisi delle incoerenze, da cui possono derivare le successive azioni di coordinamento “coerenziale” dei parametri geometrico-urbanistici (vedi Fig. 4), quali ad esempio: l’altezza massima, la distanza minima dai confini del lotto, la distanza minima tra edifici antistanti aventi almeno una parete finestrata, aumento massimo di volume, aumento massimo di altezza.

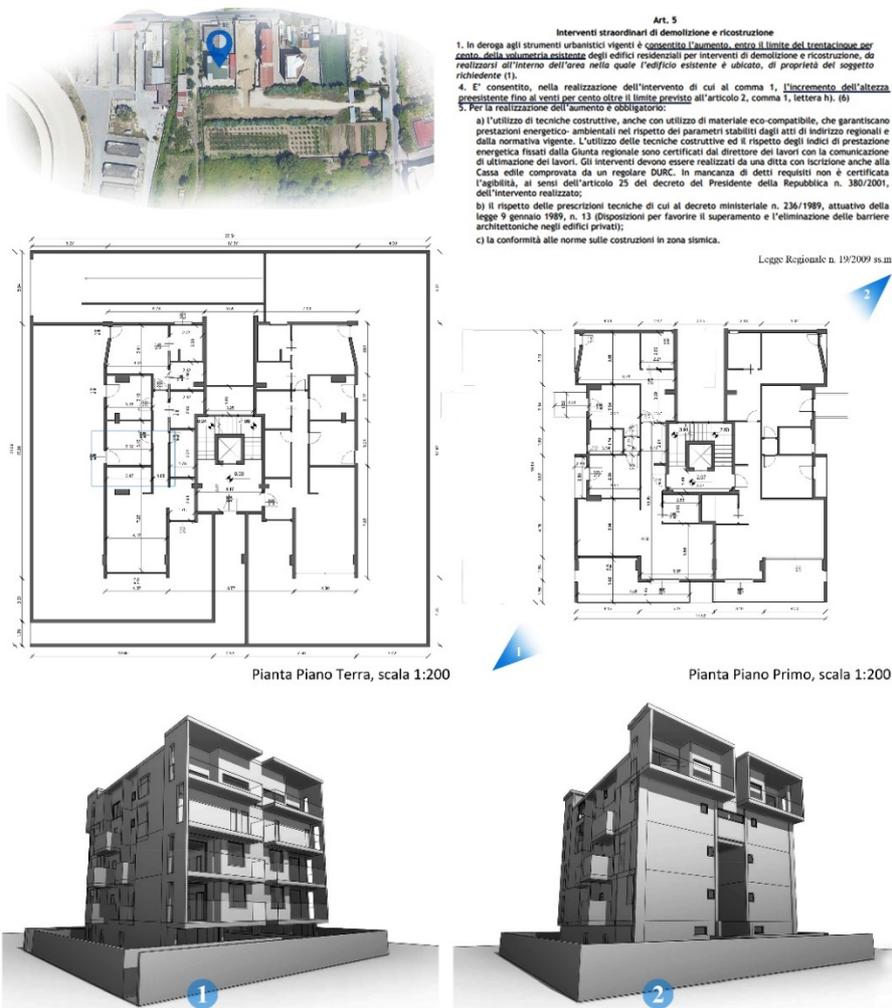


Fig. 3. Esiti della modellazione parametrica BIM per uno dei casi studio, dei tre selezionati, per cui è stato richiesto un Permesso di Costruire per la realizzazione di un edificio residenziale.

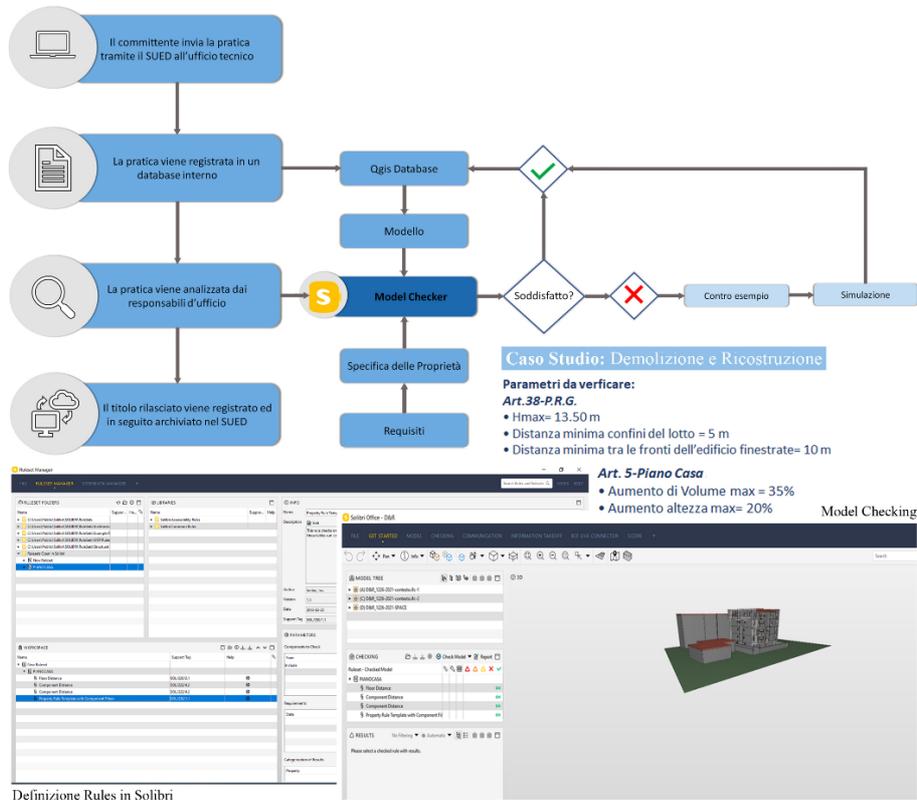


Fig. 4. Schema metodologico per la verifica del modello BIM coi i parametri urbanistici e validazione dell'integrazione con il database GIS.

La verifica digitale dei progetti, ovvero il controllo digitale delle pratiche, non può che ricollegarsi ad una traduzione degli esiti del rilascio (o dello svincolo) dell'atto amministrativo e trasmissione al professionista che ne ha fatto richiesta, nel processo "circolare" di trascrizione informativa dei modelli BIM in ambiente GIS, in grado di relazionare le rispettive mutue interazioni.

Cosicché, l'ultima fase del lavoro ha riguardato lo sviluppo di un algoritmo in *Visual Scripting*, nella piattaforma di integrazione dati *Feature Manipulation Engine*, per superare i problemi dovuti all'interoperabilità semantica e geometrica nell'integrazione GIS/BIM [7] mediante un processo ETL (*Extract, Transform and Load*) pensato per la codifica spaziale dei dati d'origine IFC nel formato aperto standard CityGML.

La prima parte dell'algoritmo (vedi Fig. 5) è costituito da un lettore dati degli elementi costruttivi o strati del modello IFC, corrispondente ad un particolare tipo di caratteristica del documento CityGML. Per uniformare i codici di identificazione di attributi ed elementi nella conversione IFC-CityGML è stato predisposto un trasformatore *AttributeCreator* per associare i dati, relativi ad ogni tipologia di elemento, con un ID comune ed in un univoco sistema di coordinate, attraverso

Nella seconda parte dell'algoritmo, la trasformazione *CityGMLGeometrySetter* ha consentito di creare per ciascun elemento architettonico (elementi strutturali e collegamenti, nonché muri, coperture e pavimenti) un documento/modello CityGML con geometria valida, con ruoli degli elementi definiti e un livello di dettaglio impostato come *Lod3Multisurface* [4], proposto dallo standard CityGML. Una specifica è necessaria per i sistemi di aperture per cui, a differenza degli altri elementi architettonici, il trasformatore *FeatureMerger* assicura che ogni apertura sia posizionata in fusione del proprio identificativo sulla *WallSurface* appropriata, conducendo alla descrizione finale dell'algoritmo in *Openings workflow* [13].

Infine, nella fase finale della conversione e trasferimento nel database, il modello edilizio è stato così arricchito con attributi conformi allo standard CityGML (come *gml_id*, *feature class*, *name*, *elementi*, etc.), integrando le informazioni associate in una rappresentazione che da grafico-simbolica si arricchisce della componente informativo-spaziale utile all'ottimizzazione del processo di analisi e validazione delle pratiche edilizie.

5 Conclusioni

Questo studio ha tentato di mostrare come l'implementazione dei processi d'integrazione BIM-GIS sia una prospettiva di ricerca che apre scenari interessanti per approfondimenti multisettoriali. Lo scenario prefigurato, infatti, prevede la possibilità di alleggerire il processo di rilascio dei titoli abilitativi per interventi sul patrimonio edilizio. Le richieste di tali titoli sono una parte significativa della domanda di trasformazione espressa dall'utenza urbana. Le verifiche necessarie attualmente vengono esperite in tempi molto lunghi e spesso sono oggetto di contenziosi. La procedura messa a punto, senza alcuna pretesa di esaustività, vuole essere una prima risposta verso la "transizione digitale" assumendo che la corretta gestione delle informazioni unitamente alla capacità di progettare ambienti conoscitivi adeguati possa rappresentare l'avvio per ottimizzare i tempi dei processi amministrativi. Del resto, la scelta di applicare la metodologia proposta in una città media della realtà campana ha consentito il perseguimento di un duplice risultato: da un lato di verificare i differenti step controllandone gli output e intervenendo per ottimizzare i processi in caso di necessità; dall'altro di sperimentare la possibile estensione dell'E-Permit a varie tipologie di trasformazione, anche nell'ottica delle nuove riforme normative orientate alla digitalizzazione dei processi.

6 Riconoscimenti

Il contributo è frutto del lavoro di ricerca congiunto degli autori. In particolare, P. D'Agostino è autore del paragrafo 2; R. A. La Rocca è autrice del paragrafo 3; G. Antuono è autore del paragrafo 4. Introduzione e Conclusioni sono in comunione tra gli autori.

Riferimenti bibliografici

1. ACCA SOFTWARE Homepage, E-Permit BIM, il BIM verso gli aspetti di gestione amministrativa, <https://www.ingenio-web.it/24591-e-permit-bim-il-bim-verso-gli-aspetti-di-gestione-amministrativa>, ultimo accesso 2022/05/29.
2. Barazzetti, L., Banfi, F.: BIM and GIS: When parametric modeling meets geospatial data. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, IV-5/W1, 1–8 (2017).
3. Barki, H., Fadli, F., Shaat, A., Boguslawski, P., Mahdjoubi, L.: BIM Models Generation from 2D CAD Drawings and 3D Scans: an Analysis of Challenges and Opportunities for AEC Practitioners. *Building Information Modelling (BIM), Design Construction and Operations*, WIT Press, 369-380 (2015).
4. Benner J. Geiger A. Gröger G. Häfele K. Löwner M.: Enhanced LoD concepts for virtual 3D city models. *ISPRS*, II-2/W1, 51-61 (2013).
5. Bertuglia, C. S., Vaio, F.: Il fenomeno urbano e la complessità. Bollati Boringhieri, Torino (2019).
6. Bianchini, C., Inglese, C., Ippolito, A.: Il contributo della Rappresentazione nel Building Information Modeling (BIM) per la gestione del costruito. *DisegnareCon*, 9, 16 (2016).
7. Colucci, E., De Ruvo, V., Lingua, A., Matrone, F., Rizzo, G.: HBIM-GIS Integration: From IFC to CityGML Standard for Damaged Cultural Heritage in a Multiscale 3D GIS. *Appl. Sci.*, 10, 1356 (2020).
8. Fistola, R., Gargiulo, C., La Rocca, R. A.: Rethinking vulnerability in city-systems: A methodological proposal to assess “urban entropy”. *Environmental impact assessment review*, 85, 106464 (2020).
9. Floros, G., Pispidikis, I., Dimopoulou, E.: Investigating Integration Capabilities Between Ifc and Citygml LOD3 for 3d City Modelling. *ISPRS*, XLII-4/W7,1-6 (2017).
10. Pavan A., Mirarchi C., Giani M.: BIM: metodi e strumenti. *Progettare, costruire e gestire nell'era digitale. Tecniche Nuove*, Milano (2017).
11. Piano: connettività, servizi, competenze, cloud e cittadinanza digitale, MITD Homepage, <https://innovazione.gov.it/notizie/articoli/obiettivi-2026/>, ultimo accesso 2022/05/28.
12. PNRR, MITD Homepage, <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf>, ultimo accesso 2022/05/27.
13. Song, Y., Wang, X., Tan, Y., Wu, P., Sutrisna, M., Cheng, J.C.P., Hampson, K.: Trends and Opportunities of BIM-GIS Integration in the Architecture, Engineering and Construction Industry: A Review from a Spatio-Temporal Statistical Perspective. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 6, 397 (2017).
14. Torabi Moghadam, S., Ugliotti, F. M., Lombardi, P., Mutani, G., Osello, A.: BIM-GIS modelling for sustainable urban development. *NEWDIST* (2016).