



Interoperability between BIM and GIS systems. Methodological issues and first applications in the Lungara area of Rome

Silvia Cutarelli ("Sapienza" Università di Roma)

Data sharing between BIM and GIS systems represents an interesting research perspective, aimed at connecting information referred to different scales, useful for planning, architectural design and construction management. However, experiences concluded so far highlighted the difficulty of relating native formats and open standards; at an operational level, software integration still presents clear problems, because the export of geometric entities and data assigned to them requires several intermediate steps or involves a substantial loss of information. Studies on integrated digital systems for conservation of historical architecture are mostly related to a single building and often oriented to use existing interchange platforms for data transfer; the experience on area of Lungara, in Rome, focus on construction of a BIM model interoperable with forms of Risk Map through the informatic ontologies. The first phase of work aims at recording in Revit projects the information of Urban Units forms and checking the data that, vice versa, can be imported into SIT from the three-dimensional model. This application raises methodological and operational issues, highlighting the complexity of creating interoperable systems useful for protection and conservation of historical centers.

Historic Preservation Foundation Classes

Procedure e ontologie per l'interoperabilità nella tutela del patrimonio storico architettonico

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 12 (2024)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 19/2023

ISBN 978-88-85479-39-5

DOI: 10.14633/AHR442



L'interoperabilità fra i sistemi BIM e GIS.

Questioni di metodo e prime applicazioni sull'area della Lungara a Roma

Silvia Cutarelli

La condivisione dei dati fra i sistemi BIM e GIS costituisce, nel panorama attuale della ricerca, una prospettiva di approfondimento piuttosto recente, che appare particolarmente interessante per la possibilità d'integrare, tramite gli strumenti digitali, informazioni riconducibili a scale diverse, utili alla pianificazione, alla progettazione e alla gestione del costruito¹. Le sperimentazioni condotte sinora afferiscono ad ambiti disciplinari eterogenei e sono orientate a molteplici finalità, legate per esempio al contenimento dei consumi energetici², alla realizzazione o alla manutenzione delle infrastrutture³, alla sicurezza degli edifici⁴, alla conservazione del patrimonio culturale⁵; queste esperienze hanno evidenziato la difficoltà di relazionare i *dataset* geometrici e semantici dei sistemi, espressi tramite

1. Lo studio presentato in questo contributo è stato elaborato nel 2023. Una disamina analitica delle ricerche svolte negli anni precedenti, suddivise in base alle fasi di applicazione dei sistemi integrati nel ciclo di vita degli edifici, è pubblicata in MA, REN 2017.

2. Vedi per esempio il progetto DIMMER (District Information Modeling and Management for Energy Reduction), sviluppato dal Politecnico di Torino, vedi: DEL GIUDICE, OSELLO, PATTI 2014; OSELLO *ET ALII* 2017.

3. Vedi: BARAZZETTI, BANFI 2017; BARAZZETTI 2021.

4. Vedi: BOGUSLAWSKI *ET ALII* 2015; AMIREBRAHIMI *ET ALII* 2016.

5. Vedi le ricerche inerenti alla Gran Torre di Oristano (VACCA *ET ALII* 2018) oppure alle chiese di S. Maria dei Miracoli a Venezia, vedi MATRONE *ET ALII* 2019; e di S. Lorenzo a Norcia, vedi COLUCCI *ET ALII* 2020.

formati nativi o *standards* aperti. Sul piano operativo, pertanto, l'integrazione fra i software BIM e GIS presenta ancora criticità evidenti, poiché richiede procedure semi-automatiche, semplificazioni o integrazioni manuali, esportazioni e importazioni di *file* che comportano spesso procedure onerose o perdite consistenti d'informazioni; sotto il profilo concettuale, l'approccio all'interoperabilità fra GIS e BIM sottende metodi differenti, orientati alla trasformazione dei dati oppure alla costruzione di un modello intermedio, volto a collegare, unificare o integrare ambedue i sistemi⁶. Alla prima strategia sono riconducibili le piattaforme d'interscambio come FME (*Feature Manipulation Engine*); traducendo le informazioni espresse dai formati supportati, fra i quali sono gli standard IFC e GML, essa è utilizzata sovente per contestualizzare le architetture storiche, restituite in ambiente BIM, nell'ambito urbano circostante, rappresentato tramite *software* GIS *opensource*. Le tecnologie del *web* semantico mirano invece a costituire un modello distinto, collegato a quelli di origine tramite identificativi.

L'esperienza in corso sull'area della Lungara, a Roma, è diretta a realizzare un modello BIM interoperabile con i tracciati schedografici ordinati nella sezione Centri Storici della Carta del Rischio del Ministero della Cultura attraverso le ontologie informatiche⁷; nella cornice delle ricerche dirette a realizzare sistemi integrati per la conservazione del costruito, questa iniziativa presenta alcune specificità, legate alla scala urbana della rappresentazione, al tipo di approccio nella condivisione delle informazioni, all'orientamento bidirezionale del flusso dei dati. La fase iniziale del lavoro, in particolare, è finalizzata a registrare le informazioni relative alle Unità Urbane nei progetti generati tramite Autodesk Revit e a verificare i dati che, viceversa, possono essere importati nel SIT dal modello tridimensionale; il grado d'interoperabilità ricercato è in prima istanza di tipo sintattico, poiché la sperimentazione mira a definire innanzitutto una struttura di dati comune a entrambi i modelli⁸. L'applicazione presentata in questo contributo ha sollevato questioni di natura metodologica e

6. I diversi approcci all'interoperabilità fra GIS e BIM sono sintetizzati in J. HANNA, R. PREMARATNE, *Integration of Building Information Modelling (BIM) and Geographic Information System (GIS). The GeoBIM Benchmark case study*, Master thesis of Science in Civil Engineering, supervisor C.I. D.Gaetani, co-supervisor F. Migliaccio, Politecnico di Milano A.A. 2019-20, pp. 43-71, <https://hdl.handle.net/10589/166941> (ultimo accesso 24 novembre 2023) cui si rimanda per la bibliografia di riferimento.

7. Vedi FIORANI, ACIERNO in questo volume, pp. 32-70.

8. I livelli d'interoperabilità – assente (L0), tecnica (L1), sintattica (L2), semantica (L3), pragmatica (L4), dinamica (L5) e concettuale (L6) – sono elencati in una scala che identifica, per ciascuno, la premessa, le informazioni e i contenuti definiti, il dominio, l'obiettivo, la capacità, la descrizione e i requisiti prescritti, vedi WANG, TOLK, WANG 2009.

operativa, evidenziando la complessità di relazionare sistemi utili alla gestione e alla tutela della città storica.

L'impostazione del modello a scala urbana della Lungara e la parametrizzazione delle informazioni

La rappresentazione dell'ambito urbano della Lungara si è basata, per gli aspetti geometrici, su elaborati redatti a scale diverse (figg. 1-2), perlopiù fruibili in formati vettoriali, come la Carta Tecnica Regionale Numerica della Regione Lazio⁹ (1:5000), la planimetria catastale del Comune di Roma (1:2000), i rilievi pubblicati negli studi di Maurizio Caperna¹⁰ (1:500 e 1:200). La necessità di combinare fonti grafiche eterogenee ha indotto a impostare su Autocad una pianta di riferimento unitaria¹¹, poi collegata ai progetti di Revit; la raffigurazione degli elevati è stata invece avviata tramite i prospetti disponibili. In mancanza di elaborati, le altezze sono state desunte dagli *shapefile* della CTRN del I Municipio e il modello è stato infine confrontato con le viste tridimensionali di Google Maps e Google Earth.

Nella zona in esame, estesa fra gli argini del Tevere e le pendici del Gianicolo, sono stati schedati sulla Carta del Rischio undici edifici puntuali (UU-EPRS) e ventiquattro aggregati (UU-A), distribuiti lungo l'asse viario principale e sui percorsi secondari, quasi tutti paralleli o perpendicolari a via della Lungara (fig. 3); la Salita di S. Onofrio si dispone invece con giacitura obliqua a definire la testata settentrionale dell'area compresa fra le porte Settimiana e Santo Spirito. Gli isolati, spesso articolati da numerose unità edilizie, presentano configurazioni differenti, prevalentemente lineari o con cortili, e risultano privi di vuoti edilizi o di anditi di separazione fra le fabbriche; l'unico collegamento, a sud, è costituito dalla porta urbana. Le caratteristiche del tessuto urbano hanno condizionato l'identificazione delle componenti schedate nel SIT¹² e la modellazione in ambiente BIM a queste connessa; la possibilità di scambiare dati è infatti legata a un'impostazione coerente dei due sistemi, al fine di garantire un flusso di lavoro efficace e adeguato a implementare, successivamente, le informazioni riferite alle Unità Urbane con quelle riconducibili alle Unità e ai Fronti Edilizi (UE e FE).

9. CTRN 5K, fogli nn. 374062 e 374101, <http://dati.lazio.it/catalog/it/dataset/carta-tecnica-regionale-2002-2003-5k-roma/resource/0b337b95-7949-41da-bba2-147aed798a3a> (ultimo accesso 20 ottobre 2023).

10. Vedi: CAPERNA 2013; CAPERNA 2020, in particolare pp. 133-147.

11. Il perimetro di isolati, edifici, pertinenze e assi viari è stato ricavato dalla sovrapposizione della pianta dei setti murari a quella catastale, mentre le altimetrie del terreno, specificate nella carta topografica, sono state interpolate con le quote dei fronti.

12. Vedi MARTELLO 2023; vedi anche CAPERNA, ERCOLINO, MARTELLO in questo volume, pp. 184-215.



Figura 1. Stralcio della Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN) relativa all'area della Lungara, Roma, <http://dati.lazio.it/catalog/it/dataset/carta-tecnica-regionale-2002-2003-5k-roma/resource/ee089059-bdec-499c-a91c-a3f2a71f32ce> (ultimo accesso 20 ottobre 2023).

PROSPETTO SU VIA DELLA LUNGARA

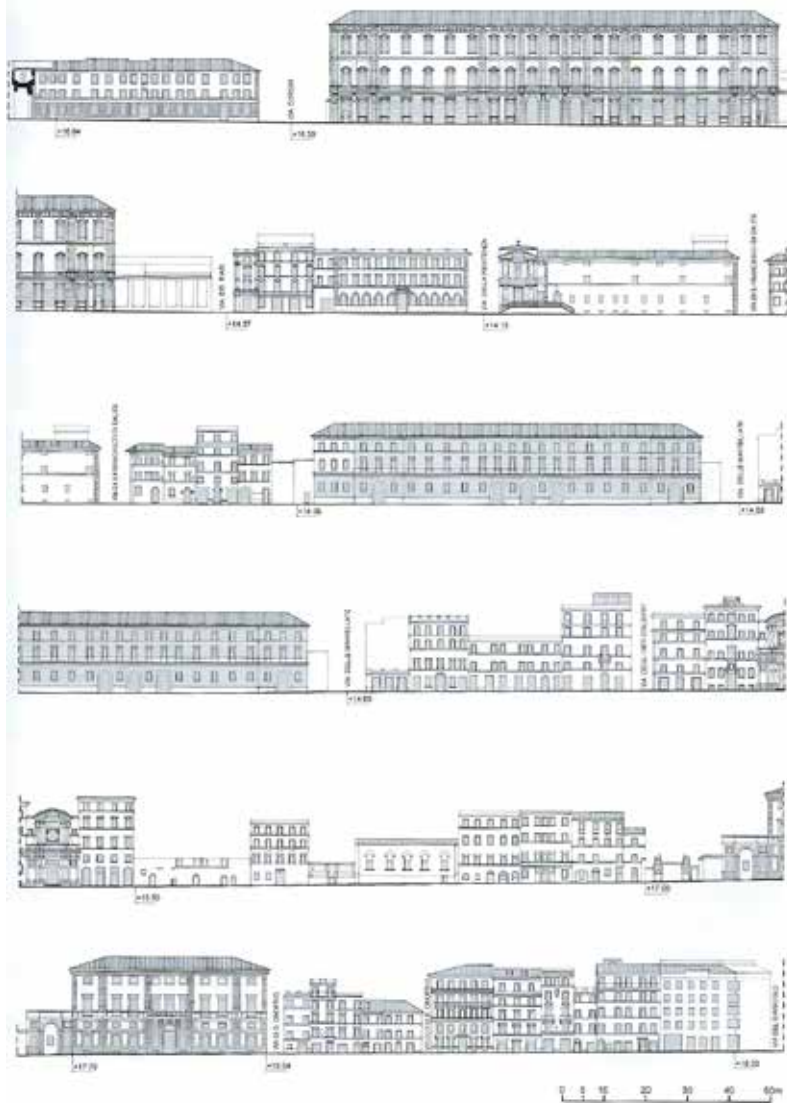


Figura 2. Rilievo del prospetto nord-est di via della Lungara (da CAPERNA 2020, p. 141).



Figura 3. Le Unità Urbane schedate nella Carta del Rischio: rappresentazione degli indici globali di modifiche e trasformazioni (da MARTELLO 2023, p. 246).

I progetti di Revit sono stati così relazionati secondo una struttura gerarchica simile ai tracciati della sezione Centri Storici della Carta del Rischio, collegati digitalmente e diretti ad approfondire la lettura del costruito con approccio interscalare¹³ (fig. 4).

La condivisione delle informazioni implica l'allineamento dei parametri delle famiglie di sistema e caricabili ai campi delle schede per consentire il trasferimento dei dati; la mappatura è diretta a esplicitare i contenuti descrittivi del GIS, registrati nelle tabelle alfanumeriche e solo in parte restituiti graficamente da forme geometriche bidimensionali. Punti, linee e poligoni georeferenziano su una base satellitare estesa a tutto il territorio nazionale i *layers* informativi inerenti a limiti amministrativi, cartografia di base, beni culturali, centri storici e siti UNESCO, vulnerabilità e rischio, pericolosità sismica, idrogeologica e ambientale-aria: i perimetri di Centri Storici, Unità Urbane, Spazi Urbani e Unità Edilizie, in particolare, individuano la posizione geografica e i rispettivi indici di vulnerabilità e trasformazione; i Fronti Edilizi, invece, sono localizzati da segmenti.

La parametrizzazione delle schede UU-A e UU-EPRS è stata avviata tramite l'analisi dei campi, enumerati in una tabella e qualificati in base a tipo, vocabolario, ripetitività, obbligatorietà ed eventuale lunghezza del testo¹⁴ (figg. 5-7); i valori numerici sono stati precisati secondo le classi di Revit, che distingue le dimensioni (lunghezza, area, volume ecc.) dai tipi generici (intero o numero, se caratterizzato da cifre decimali). Ciascuna voce è stata quindi associata alla componente fisica cui si riferisce e alla famiglia virtuale che la rappresenta per specificare le informazioni archiviate nel *database* sul modello tridimensionale.

Nonostante sembrino immediate e automatiche, queste operazioni esigono cautela, poiché coinvolgono il processo di modellazione, intesa come «lavoro concettuale di definizione del modello, astruendo i suoi dati, processi e vincoli dalla realtà»¹⁵. Esse risultano inoltre subordinate alle impostazioni del *software* e alla restituzione di dati di *output*: la creazione di abachi, etichette di testo e filtri grafici è infatti gestita su Revit in base alle categorie selezionate per parametrizzare le voci dei

13. La ricerca preliminare alla definizione dei modelli schedografici e all'ingegnerizzazione sulla Carta del Rischio è illustrata in FIORANI 2019.

14. Le caratteristiche dei parametri sono esplicitate nelle norme di compilazione delle schede (FIORANI *ET ALII* 2022, pp. 60-97; FIORANI *ET ALII* 2023, pp. 47-82). I campi dei tracciati, di tipo testuale, numerico o booleano, sono qualificati da vocabolari aperti o chiusi; essi possono essere ripetitivi e obbligatori per il salvataggio della scheda o per il calcolo degli indici di vulnerabilità e trasformazione. La lunghezza è indicata solo per le voci descritte da vocabolari aperti o da liste di termini che comprendono l'opzione "altro"; selezionando quest'ultima, infatti, si aggiunge nella scheda informatica una stringa di testo libero.

15. WANG, TOLK, WANG 2009, p. 1 (traduzione dell'autore).

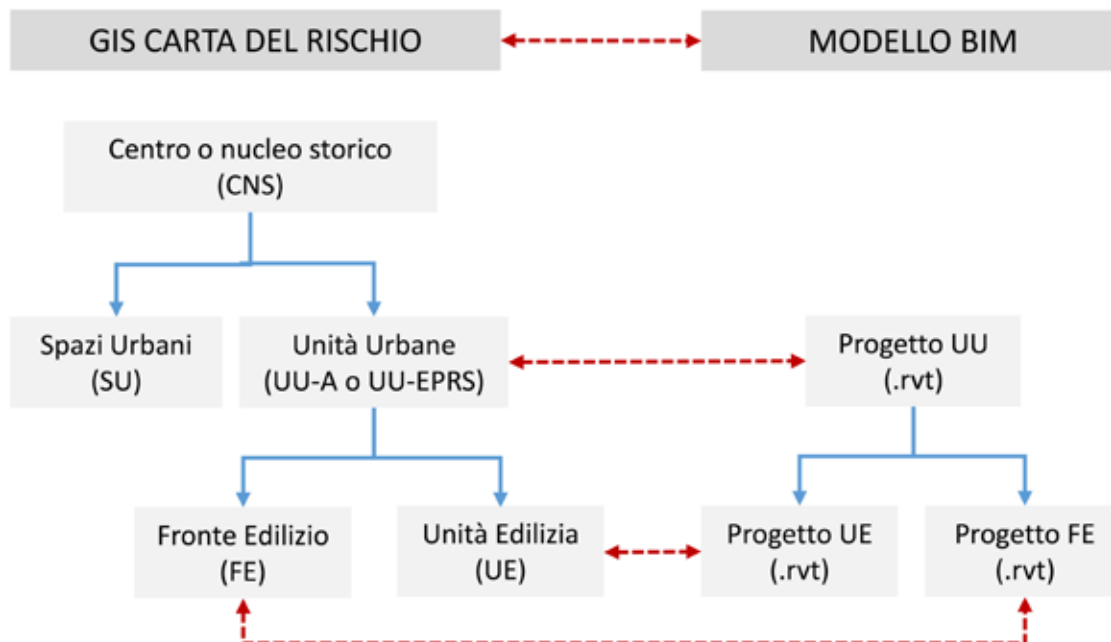


Figura 4. Grafico delle relazioni fra i tracciati della Carta del Rischio e i corrispondenti progetti elaborati su Revit (elaborazione S. Cutarelli, 2023).

tracciati; la costruzione di elenchi e computi è riservata solo a famiglie e istanze che risiedono in un progetto, mentre è consentita la visualizzazione di eventuali modelli collegati.

Dalla ricognizione dei campi delle schede UU si rileva come i soli attributi sovrapponibili fra i due sistemi siano costituiti dai dati dimensionali e dalle coordinate geografiche¹⁶; le voci prive di corrispondenze, più numerose, vanno invece inserite attraverso parametri generati *ex-novo* e associati alle famiglie di sistema o caricabili. La mancanza di categorie rappresentative delle componenti urbane dell'edificato, come gli aggregati e i relativi fronti, i collegamenti e i vuoti edilizi, induce ad assegnare i relativi attributi a famiglie di solito usate per scopi differenti; i parametri riferiti alle Unità Edilizie, pertinenti alla scala architettonica, sono invece riconducibili alle masse concettuali.

Le sezioni Localizzazione, Anagrafica e Sistema Edilizio delle schede UU-A e UU-EPRS sono costituite da campi perlopiù correlati all'intera Unità Urbana, che specificano il centro storico di riferimento, l'ubicazione, i dati catastali, l'identificazione, l'utilizzazione, l'impianto, i dati dimensionali e quantitativi generali, l'accessibilità alle informazioni. L'attribuzione di queste informazioni alla categoria dei gruppi, popolata da istanze generate tramite l'unione delle masse, riproduce in ambito virtuale una condizione aderente alla realtà costruita; nondimeno, l'ipotesi è stata esclusa perché la mancanza di filtri grafici associati a questa famiglia avrebbe pregiudicato la visualizzazione delle informazioni. I parametri delle Unità Urbane sono stati ricondotti anch'essi alle masse concettuali, così come le voci pertinenti ai collegamenti edilizi, che identificano il tipo di connessione e l'isolato collegato; per evitare la sovrapposizione di dati relativi a componenti diverse dell'edificato sono stati tuttavia generati tipi distinti, denominati masse UU-A, UU-EPRS, UE e C.

Le funzioni generiche e specifiche vengono invece espresse da campi ripetitivi e richiedono pertanto la disponibilità di istanze diverse per localizzare valori molteplici di uno stesso parametro; se gli attributi fossero assegnati a una singola entità, quale per esempio la massa UU-A, le singole stringhe di testo dovrebbero essere ripartite da un separatore. Tale condizione stabilisce una relazione biunivoca fra i due sistemi senza aggiungere informazioni ulteriori a quelle archiviate nella Carta del Rischio; assegnando i parametri ai pavimenti di massa UE, invece, le destinazioni d'uso sono state specificate in relazione ai singoli piani del modello tridimensionale.

La localizzazione dei vuoti edilizi e l'identificazione delle Unità Edilizie confinanti individuano

16. Latitudine e longitudine del centroide delle Unità Urbane, basate sul sistema di riferimento WGS84, sono automaticamente acquisite nella piattaforma a valle della perimetrazione del poligono sulla mappa satellitare; in ambiente BIM, invece, i valori delle coordinate del punto di rilevamento sono definite tramite un apposito comando (Gestisci/Posizione progetto/Coordinate/Specifica coordinate del punto) o anche attraverso il Servizio di localizzazione Internet (Gestisci/Posizione progetto/Località).

Numero	Parametro	Tipo di parametro	Lunghezza	Ripetitivo	Obbligat.	Vocabolario	Componente fisica associata	Famiglia associata UU-A	Famiglia associata UU-EPRS
Localizzazione									
1	Regione	Testo	-	-	si	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
2	Provincia	Testo	-	-	si	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
3	Comune	Testo	-	-	si	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
4	Denominazione centro storico	Testo	250	-	si	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
5	Località	Testo	100	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
6	Organizz. fisico-amm. di pertinenza	Testo	100	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
7	Viabilità confinante	Testo	300	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
8	Prospicienza	Testo	500	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
9	Tipo catasto	Testo	-	-	-	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
10	Comune catastale	Testo	-	-	-	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
11	Sezione	Testo	5	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
12	Fogli	Testo	100	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
13	Anno	Intero	4	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
14	Elementi di confine	Testo	2000	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
15	Note	Testo	250	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
16	Coordinate	-	-	-	-	-	Unità urbana	Genio/Posizione progetto/Coordinate	Genio/Posizione progetto/Coordinate
17	Metodologia di perimetrazione	Testo	2000	-	si	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
Anagrafica									
18	Definizione	Si/No	-	-	si	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
19	Identificazione	Intero	10	-	si	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
19.10	Identificazione UE	Testo	10	-	-	A	Unità edilizia	Massa UE	Massa UE
20	Denominazione	Testo	100	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
21	Grado di utilizzazione attuale	Testo	-	-	-	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
22	Periodo di utilizzazione attuale	Testo	-	-	-	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
23	Funzioni indicazione generica	Testo	100	si	si	C	Piani unità edilizie	Pavimenti massa UE	Pavimenti massa UE
24	Funzioni indicazione specifica	Testo	100	si	-	C	Piani unità edilizie	Pavimenti massa UE	Pavimenti massa UE
Sistema edilizio									
25	Configurazione impianto	Testo	100	-	-	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
26	Attacco a terra	Si/No	-	-	-	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
27	Recinto	Si/No	-	-	-	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
28	Anditi	Si/No	-	-	-	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
29	Numero UU collegate	Intero	-	-	-	Automatico su CdR	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-A da Abaco
30	Unità urbana collegata	Testo	-	si	si	C	Collegamento fra UU	Massa - C	Massa - C
31	Tipo collegamento	Testo	100	si	si	C	Collegamento fra UU	Massa - C	Massa - C
32	N° accessi a quota terreno	Intero	6	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-A da Abaco
32.10	N° accessi a quota terreno UE	Intero	6	-	-	A	Unità edilizia	Massa - UE	Massa - UE
33	N° unità edilizie rilevabili	Intero	6	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-A da Abaco
33.10	UE rilevabile	Si/No	-	-	-	C	Unità edilizia	Massa - UE	Massa - UE
34	N° unità abitative	Intero	6	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-EPRS
34.10	Numero unità abitative UE	Intero	6	-	-	A	Unità edilizia	Massa - UE	Massa - UE
35	N° unità non abitative	Intero	6	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-EPRS
35.10	Numero unità non abitative UE	Intero	6	-	-	A	Unità edilizia	Massa - UE	Massa - UE
36	Altezza minima	Lunghezza	4,2	-	-	A	Unità urbana	Annota/Quota lineare	Annota/Quota lineare
37	Altezza massima	Lunghezza	4,2	-	-	A	Unità urbana	Annota/Quota lineare	Annota/Quota lineare
38	Larghezza	Lunghezza	4,2	-	-	A	Unità urbana	Annota/Quota allineata	Annota/Quota allineata
39	Lunghezza	Lunghezza	4,2	-	-	A	Unità urbana	Annota/Quota allineata	Annota/Quota allineata
40	Volume fuori terra	Volume	6,2	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
41	Volume dentro terra	Volume	6,2	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
42	Superficie coperta lorda	Area	6,2	-	-	A	Unità urbana	Modifica massa/ Pavimenti di massa / Area complessiva	Modifica massa/ Pavimenti di massa / Area complessiva
42.10	Superficie coperta lorda UE	Area	6,2	-	-	A	Unità edilizia	Massa - UE	Massa - UE
43	Numero vuoti edifici esistenti	Intero	10	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-EPRS
44	Localizzazione	Testo	150	si	-	A	Vuoti dell'UU	Punta delle aree	Punta delle aree
45	Unità edilizie confinanti	Testo	200	si	si	A	Vuoti dell'UU	Punta delle aree	Punta delle aree
46	Incidenza volumetrica	Testo	-	-	per fe	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
47	Incidenza distributiva	Testo	-	-	per fe	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
48	Incidenza anditi aperti per UE	Testo	-	-	per fe	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
49	Specifiche e note	Testo	2000	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
50	Numero piani ipotizzati	Intero	6	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-EPRS
50.10	Numero piani ipotizzati UE	Intero	6	-	-	A	Unità edilizia	Massa - UE	Massa - UE
51	Numero piani totali	Intero	6	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-EPRS
51.10	Numero piani totali UE	Intero	6	-	-	A	Unità edilizia	Massa - UE	Massa - UE
52	Fattore di confidenza/ispezionabilità	Numero	1,2	-	-	Automatico su CdR	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS

Sistema edilizio-fronti UU									
53	Denominazione toponomastica	Testo	200	si	si	A	Fronti dell'UU-A	Muri da superficie/Assieme	Muri da superficie/Assieme
52	Linea di gronda	Testo	100	si	-	C	Gronda del fronte	Muri da superficie/Assieme	Muri da superficie/Assieme
53	Valoni cavi	Testo	100	si	-	C	Valoni cavi del fronte	Muri da superficie/Assieme	Muri da superficie/Assieme
54	Valoni emergenti	Testo	100	si	-	C	Valoni emergenti del fronte	Muri da superficie/Assieme	Muri da superficie/Assieme
55	Valoni aggettanti	Testo	100	si	-	C	Valoni aggettanti del fronte	Muri da superficie/Assieme	Muri da superficie/Assieme
56	Numero piani totale	Intero	6	si	-	A	Piani dell'UU-A sul fronte	Muri da superficie/Assieme	Muri da superficie/Assieme
57	Numero piani max f.t.	Intero	6	si	-	A	Piani dell'UU-A sul fronte	Muri da superficie/Assieme	Muri da superficie/Assieme
58	Numero piani min f.t.	Intero	6	si	-	A	Piani dell'UU-A sul fronte	Muri da superficie/Assieme	Muri da superficie/Assieme
59	Numero piani interrati	Intero	6	si	-	A	Piani dell'UU-A sul fronte	Muri da superficie/Assieme	Muri da superficie/Assieme
60	Diluvio attacco a terra	Numero	3,2	si	-	A	Piani dell'UU-A sul fronte	Muri da superficie/Assieme	Muri da superficie/Assieme
61	Diluvio quote di accesso a terra min e max	Numero	3,2	si	-	A	Piani dell'UU-A sul fronte	Muri da superficie/Assieme	Muri da superficie/Assieme
62	Specifiche e note	Testo	2000	-	-	A	Parte dell'UU-A sul fronte	Muri da superficie/Assieme	Muri da superficie/Assieme
Sistema costruttivo e di trasformazione									
63	Numero UE totali	Intero	6	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-EPRS
64	UE storica	Sì/no	-	-	-	C	Unità edilizia	Massa - UE	Massa - UE
65	Numero UE moderne di sost.	Intero	6	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-EPRS
66	Incidenza delle UE moderne di sost.	Testo	-	-	per itm	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
67	Elementi costruttivi storici	Testo	100	si	si	C	Strutture in elevato	Massa - UU-A con separatore	Massa - UU-EPRS con separatore
68	Elementi costruttivi moderni di trasf.	Testo	100	si	si	C	Strutture in elevato	Massa - UU-A con separatore	Massa - UU-EPRS con separatore
69	Incidenza el. costr. moderni di trasf.	Testo	-	-	per itm	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
70	Copertura	Testo	100	si	si	C	Elementi eterogenei	Massa - UU-A con separatore	Massa - UU-EPRS con separatore
71	Soprelevazioni/superf. moderne	Testo	100	si	si	C	Elementi eterogenei	Modelli generici	Modelli generici
72	Incidenza superf. moderne	Intero	2	si	si	A	Elementi eterogenei	Modelli generici	Modelli generici
73	Sostituzioni moderne	Testo	100	si	si	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
74	Incidenza sostituzioni moderne	Testo	-	-	per itm	C	Elementi eterogenei	Massa - UU-A con separatore	Massa - UU-EPRS con separatore
75	Riparazioni moderne	Testo	100	si	si	C	Elementi eterogenei	Massa - UU-A con separatore	Massa - UU-EPRS con separatore
76	Incidenza riparazioni moderne	Testo	-	-	per itm	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
77	Specifiche e note	Testo	2000	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
78	Rivestimenti storici	Testo	100	si	si	C	Superfici di strutture in elevato	Massa - UU-A con separatore	Massa - UU-EPRS con separatore
79	Decorazioni storiche	Testo	100	si	si	C	Elementi eterogenei	Massa - UU-A con separatore	Massa - UU-EPRS con separatore
80	Incidenza sostituzioni moderne dei riv.	Testo	-	-	per itm	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
81	Infissi storici esterni	Testo	100	si	si	C	Infissi	Porte e Finestre	Porte e Finestre
82	Infisso storico esterno	Sì/no	-	-	-	C	Infissi	Porte e Finestre	Porte e Finestre
83	Altezza vano	Lunghezza	-	-	-	A	Infissi	Porte e Finestre	Porte e Finestre
84	Larghezza vano	Lunghezza	-	-	-	A	Infissi	Porte e Finestre	Porte e Finestre
85	Altezza soglia	Lunghezza	-	-	-	A	Infissi	Porte e Finestre	Porte e Finestre
86	Incidenza sostituzioni moderne infissi	Testo	-	-	per itm	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
87	Specifiche e note	Testo	2000	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
88	Impianti esterni	Testo	100	si	-	C	Eterogenei	Massa - UU-A con separatore	Massa - UU-EPRS con separatore
89	Numero piani ipotizzati	Intero	6	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-EPRS
90	Numero piani ipotizzati UE	Intero	6	-	-	A	Unità edilizia	Massa - UE	Massa - UE
91	Numero piani totali	Intero	6	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-EPRS
92	Numero piani totali UE	Intero	6	-	-	A	Unità edilizia	Massa - UE	Massa - UE
93	Numero piani con rivestimento	Intero	6	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-EPRS
94	Numero piani con rivestimento UE	Intero	6	-	-	A	Unità edilizia	Massa - UE	Massa - UE
95	Numero piani ispezionabili	Intero	6	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-EPRS
96	Numero piani ispezionabili UE	Intero	6	-	-	A	Unità edilizia	Massa - UE	Massa - UE
97	Fattore di conf./ispezionabilità	Numero	1,2	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
98	Fattore di conf./visibilità	Numero	1,2	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
99	IMT globale c/c	Numero	-	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
100	IMT globale s/c	Numero	-	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
101	IMT riv e inf c/c	Numero	-	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
102	IMT riv e inf s/c	Numero	-	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
103	IMT cost c/c	Numero	-	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
104	IMT cost s/c	Numero	-	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS

Stato di conservazione									
92	Incidenza accostamenti verticali	Testo	-	-	per iv	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
93	Incidenza sovrapposizioni orizzontali	Testo	-	-	per iv	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
94	Incidenza discontinuità costruttive	Testo	-	-	per iv	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
95	Incidenza volumi cavi	Testo	-	-	per iv	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
96	Incidenza vuoti sui piani	Testo	-	-	per iv	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
97	Tipo di disegni strutturali	Testo	100	si	si	C	Elementi eterogenei	Massa - UU-A con separatore	Massa - UU-EPRS con separatore
98	Distribuzione di disegni	Testo	-	-	per iv	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
99	UE con disegni strutturali	Si/no	-	-	-	C	Unità edilizie	Massa - UE	Massa - UE
100	Incidenza di disegni	Testo	-	-	per iv	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
101	Incidenza degrado delle superfici	Testo	-	-	per iv	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
102	Tipo di degrado delle coperture	Testo	100	si	si	C	Coperture della UE	Massa - UU-A con separatore	Massa - UU-EPRS con separatore
103	Efficacia impianto smaltim acque piov	Testo	-	-	-	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
104	Incidenza degrado coperture	Testo	-	-	per iv	C	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
105	UE con coperture degradate	Si/no	-	-	-	C	Unità edilizie	Massa - UE	Massa - UE
106	Numero piani ipotizzati	Intero	6	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-EPRS
107	Numero piani ipotizzati UE	Intero	6	-	-	A	Unità edilizie	Massa - UE	Massa - UE
108	Numero piani totali	Intero	6	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-EPRS
109	Numero piani con rivestimento UE	Intero	6	-	-	A	Unità edilizie	Massa - UE	Massa - UE
110	Numero piani con rivestimento UE	Intero	6	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A da Abaco	Massa - UU-EPRS
111	Numero piani ispezionabili UE	Intero	6	-	-	A	Unità edilizie	Massa - UE	Massa - UE
112	Fattore di conf./ispezionabilità	Numero	1,2	-	-	Automatico su CdR	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
113	Fattore di conf./visibilità	Numero	1,2	-	-	Automatico su CdR	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
114	N° globale c/c	Numero	-	-	-	Automatico su CdR	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
115	N° globale s/c	Numero	-	-	-	Automatico su CdR	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
116	N° finiture c/c	Numero	-	-	-	Automatico su CdR	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
117	N° finiture s/c	Numero	-	-	-	Automatico su CdR	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
118	TV strutture c/c	Numero	-	-	-	Automatico su CdR	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
119	TV strutture s/c	Numero	-	-	-	Automatico su CdR	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
Normative									
120	Rapporto proprietà pubblico/priv	Testo	50	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
121	Specifiche e note	Testo	2000	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS
122_01	Provvedimenti di tutela: tipo	Testo	-	si	si	C	Unità edilizie	Massa - UE	Massa - UE
122_02	Data vincolo	Testo	50	si	-	A	Unità edilizie	Massa - UE	Massa - UE
123_01	Dati catastali	Testo	100	si	-	A	Unità edilizie	Massa - UE	Massa - UE
123_02	Specifiche e note	Testo	2000	-	-	A	Unità urbana	Massa - UU-A	Massa - UU-EPRS

A pagina 226, figura 5. Nella pagine precedente, figura 6. In questa pagina, figura 7. Allineamento dei campi delle schede UU-A e UU-EPRS ai parametri del modello BIM; nella colonna 'Numero' sono evidenziati gli attributi sovrapponibili (verde), generati *ex-novo* (arancio) e ausiliari (rosso). I parametri numerici trascritti in rosso sono stati riclassificati secondo le impostazioni di Revit; le componenti fisiche e le famiglie associate a ciascuna voce sono caratterizzate da toni di grigio e da colori distinti (elaborazioni S. Cutarelli, 2023).

la disposizione nell'aggregato di componenti "negative" come i crolli, le demolizioni o le mancate costruzioni; l'opportunità di estrarre dal modello BIM una pianta che ne registri la distribuzione suggerisce di associare questi attributi alle aree, una famiglia impiegata per indicare le destinazioni e le superfici dei vani. Una singola vista bidimensionale consente così di esplicitare la denominazione delle Unità Edilizie e i valori dei parametri relativi ai vuoti tramite etichette di testo, ottenendo un allegato richiesto nella Carta del Rischio¹⁷.

La modellazione per masse delle Unità Urbane consente di computare i dati dimensionali, quali per esempio l'altezza minima e massima, la superficie coperta lorda o il volume complessivo; i conteggi relativi ai collegamenti e ai vuoti edilizi si possono invece sviluppare in appositi abachi. L'aggiunta di due parametri ausiliari alle masse UE¹⁸ permette inoltre di predisporre i calcoli automatici delle Unità Edilizie rilevabili, storiche e totali, come pure di verificare l'incidenza delle UE moderne di sostituzione; per semplificare le operazioni di rilevamento e controllo delle informazioni acquisite sono stati previsti ulteriori attributi, come il numero delle unità abitative e non abitative o dei piani ipotizzati, totali, con rivestimento e ispezionabili delle Unità Edilizie.

I campi della sezione Sistema Edilizio-Fronti U.U. sono espressi nel modello BIM tramite gli assiemi; questa categoria, utile a predisporre combinazioni univoche di elementi, è stata adattata per riunire i muri da superficie delle masse UE e rappresentare le quinte stradali degli isolati.

Le voci delle sezioni Sistema Costruttivo e Stato di Conservazione sono in parte assegnate alle masse rappresentative dell'intera Unità Urbana; fra queste si annoverano per esempio le incidenze delle trasformazioni moderne, delle debolezze costruttive, dei fenomeni di degrado e dissesto. I campi relativi a elementi costruttivi storici o moderni di trasformazione, coperture, sostituzioni e riparazioni moderne, rivestimenti e decorazioni storiche, impianti esterni, tipi di danno alle strutture e alle coperture si legano invece a componenti edilizie specifiche o eterogenee, che esulano spesso da relazioni univoche o da rispondenze effettive con le famiglie del BIM. L'assegnazione di questi parametri alle famiglie di Revit è ostacolata da aspetti diversi, legati a criteri di scomposizione disomogenei o alla mancanza di categorie corrispondenti; le informazioni speditive registrate nella Carta del Rischio, d'altra parte, non sempre risultano idonee a essere tradotte nei parametri di famiglie concepite per una scala di maggiore dettaglio. Tali attributi sono stati così ricondotti genericamente

17. Le norme di compilazione delle schede UU-A prescrivono la redazione obbligatoria di una mappa generale dell'Unità Urbana con la perimetrazione e l'identificazione delle Unità Edilizie costitutive; l'elaborato va inserito negli allegati della scheda cartacea e informatica, FIORANI *ET ALII* 2023, p. 69.

18. I parametri, denominati UE rilevabile e UE storica, sono di tipo booleano.

alle masse UU, suddividendo i valori ripetitivi tramite un punto e virgola. Di contro, le sopraelevazioni e le superfetazioni moderne sono state rappresentate tramite la famiglia dei modelli generici per distinguere eventuali aggiunte dal costruito storico; questa famiglia caricabile, utilizzata per creare famiglie personalizzate, è caratterizzata in ambiente di progetto da parametri affini ai campi del GIS, come il tipo e il livello di posizionamento.

Le informazioni della sezione Normative, che esplicitano sia il rapporto complessivo fra la proprietà pubblica e privata sia i provvedimenti di tutela dei singoli edifici, sono state rispettivamente assegnate alle masse di tipo UU e UE.

Il flusso di lavoro

La modellazione in ambiente BIM delle Unità Urbane è stata sperimentata tramite due prototipi di aggregato per valutare vantaggi e problematiche nella rappresentazione, nella computazione e nella visualizzazione delle informazioni (fig. 8). Il primo modello è costituito da famiglie rappresentative di componenti volumetriche ed elementi costruttivi dell'intera Unità Urbana; porte, finestre, masse UU, UE e C, opportunamente parametrizzate, sono caricate nei progetti UU-A e UU-EPRS, ove le componenti edilizie sono restituite anche dalle famiglie di sistema come i muri, i pavimenti e i tetti. Questa soluzione consente di predisporre abachi generali relativi a tutti gli elementi costitutivi dell'aggregato, di ottenere i conteggi previsti nelle schede e riferiti per esempio al numero degli accessi o dei piani; essa consente inoltre di verificare le incidenze relative alle trasformazioni moderne o ai fenomeni di degrado e dissesto. I muri, creati in base ai livelli di ciascuna Unità Edilizia, sono infatti corredati da parametri booleani aggiuntivi, che specificano il carattere ipotizzato, ispezionabile o rivestito dell'elemento e l'eventuale presenza di trasformazioni moderne o di stati di danno. I conteggi dei valori positivi o negativi sono utili a desumere i rapporti numerici rispetto al totale e, indirettamente, a valutare le classi percentuali delle incidenze. La rappresentazione, tuttavia, risulta incongruente quando i piani – che nelle schede di Carta del Rischio costituiscono le unità di misura per il calcolo – sono caratterizzati da strutture puntuali o intelaiate oppure frazionati in “piani equivalenti”¹⁹, per esempio nel rilevamento delle case in linea o degli edifici specialistici di notevoli dimensioni. L'astrazione dell'elemento virtuale risulta eccessiva, poiché l'istanza del muro creata su Revit schematizza una componente costruttiva differente o soltanto una campata di media lunghezza, priva di una corrispondenza effettiva con l'elemento reale. Le impostazioni di questo

19. MARTELLO 2023, pp. 244-243; FIORANI ET ALII 2023, pp. 56, 62.

modello permettono quindi di localizzare puntualmente le informazioni del tracciato schedografico, di visualizzare graficamente e di computare i valori assegnati ai parametri degli elementi; il flusso dei dati dal BIM al GIS è univoco e non evidenzia particolari criticità, mentre nella direzione opposta i valori dei campi ripetitivi, come le funzioni o i tipi di coperture, devono essere assegnati manualmente alle entità corrispondenti. La rappresentazione di aggregati costituiti da numerose unità edilizie, tuttavia, risulta complessa nella gestione dei livelli e delle istanze; la disponibilità di progetti aggiornati, relativi a singoli edifici, comporterebbe inoltre una revisione separata e differita di quello dell'Unità Urbana. La soluzione risulta pertanto onerosa e per alcuni aspetti antitetica rispetto al coordinamento implicito in una rappresentazione interscalare.

Il secondo prototipo è popolato esclusivamente dalle componenti volumetriche e dalle famiglie di aggregazione, come le masse UU, UE, C, i modelli generici e gli assiemi dei muri da superficie; la modellazione degli elementi costruttivi è invece demandata alle Unità Edilizie collegate. Tale soluzione impedisce di elencare e computare automaticamente negli abachi le istanze di porte, finestre, coperture, muri e solai, che risiedono esclusivamente nei progetti UE; implica inoltre una gestione coerente dei *file* collegati a quello dell'Unità urbana e richiede un controllo attento delle componenti comuni a edifici contigui, come per esempio i muri d'ambito. La rappresentazione risulta semplificata, meno esplicita e impegnativa della precedente; il flusso di lavoro, tuttavia, sembra più efficace, poiché la disarticolazione dei progetti consente eventuali implementazioni riferite a singoli edifici. Le famiglie degli elementi costruttivi, d'altra parte, sono più adatte a registrare le informazioni contenute nelle schede di Unità e Fronti Edilizi, che descrivono il costruito storico alla scala architettonica e propongono una classificazione più aderente alle famiglie del BIM²⁰; sebbene meno analitico nella rappresentazione, nella computazione e nella visualizzazione, pertanto, tale modello sembra più idoneo del precedente a restituire un ambito urbano esteso, anche per evitare una sovrapposizione con i contenuti archiviati nei tracciati di livello inferiore.

Il modello BIM della Lungara

La modellazione in ambiente BIM della Lungara è stata avviata con la creazione di parametri condivisi, allineati ai campi della Carta del Rischio, archiviati in un file .txt esterno e suddivisi in gruppi ordinati sulla base degli elementi fisici e delle entità astratte corrispondenti²¹ (fig. 9); sono stati poi

20. Vedi CUTARELLI 2023.

21. I parametri condivisi si possono utilizzare in famiglie e progetti distinti, come pure trascrivere in abachi ed etichette

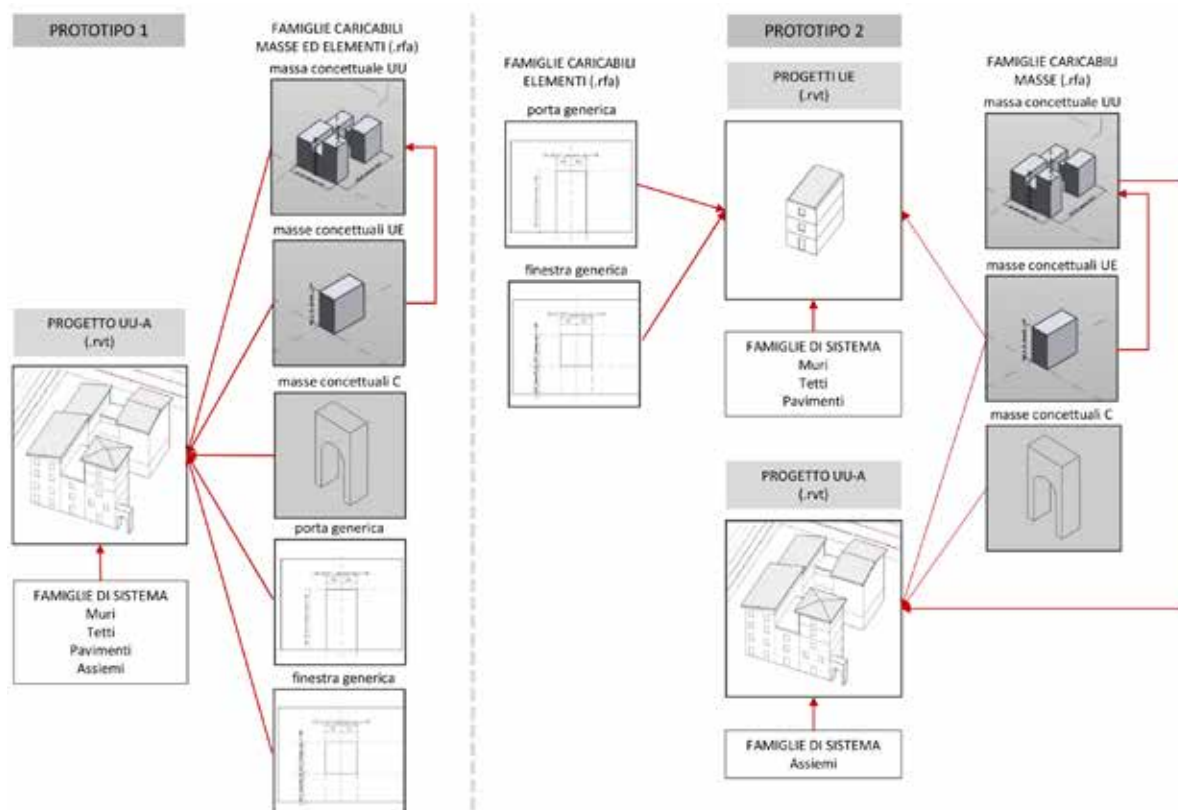


Figura 8. Schemi dei due prototipi di aggregato (elaborazione di S. Cutarelli, 2023).

generati i diversi tipi di masse, di modelli generici²² e di etichette di testo, come pure i due *templates* idonei a modellare le Unità Urbane aggregato e puntuali, aggiungendo i parametri e impostando gli abachi, i conteggi, le viste.

I modelli delle famiglie caricabili e i *templates* sono utili a disporre di riferimenti preimpostati, ripetibili e omogenei; essi aiutano a ridurre i tempi di lavorazione e indirizzano a una gestione coerente di eventuali rettifiche e integrazioni, facilitando la cooperazione fra enti e soggetti coinvolti nella rappresentazione di un ambito urbano.

I progetti, popolati da famiglie e istanze opportunamente parametrizzate, sono corredati dai dati estratti dalle schede e collegati infine in un modello federato, che comprende le Unità Urbane disposte fra la porta Settimiana e il carcere di Regina Coeli (fig. 10); le fabbriche non censite nella Carta del Rischio sono rappresentate da masse caratterizzate soltanto da informazioni geometriche. Nei progetti delle Unità Urbane schedate, invece, sono stati definiti i livelli corrispondenti ai piani dell'aggregato e generati i pavimenti di massa delle Unità Edilizie per localizzare le funzioni; al fine di posizionare i modelli generici indicativi di sopraelevazioni e superfetazioni, le differenze di quota relative ai singoli edifici sono state risolte a questa scala tramite un parametro che specifica la distanza dal livello²³. Informazioni più dettagliate, relative ai piani di ciascuna fabbrica, sono invece demandate ai progetti BIM delle Unità e dei Fronti Edilizi.

Gli abachi sono organizzati in sezioni parzialmente sovrapponibili alla Carta del Rischio per facilitare la trascrizione delle informazioni: gli elenchi relativi a dati dimensionali, collegamenti e vuoti edilizi, unità edilizie rilevabili e storiche, unità abitative e non abitative registrano i conteggi previsti nelle schede e quelli ausiliari di controllo; i soli parametri calcolati tramite formule algebriche sono i fattori di confidenza, che quantificano la possibilità di ispezionare i piani degli aggregati e di rilevarne le evidenze costruttive²⁴.

In questa fase della sperimentazione, il trasferimento unidirezionale dei dati dal GIS al BIM è stato

di testo. I gruppi di parametri, che saranno implementati con le voci delle schede UE e FE, sono Collegamenti/Masse, Fronti/Assiemi, Piani UE/Pavimenti di massa, Porte e finestre, Superfetazioni/Modelli generici, UE/Masse, UU/Masse, Vuoti/Aree.

22. I tipi di modelli generici corrispondono ai termini elencati nel vocabolario chiuso del campo "Soprelevazioni/superfetazioni moderne" (FIORANI ET ALII 2023, p. 79) piano sopraelevato, volume sopraelevato, terrazza, tamponatura di logge/terrazze, volume in aggetto balcone, tettoia.

23. L'attributo, riferito alle singole istanze della famiglia dei modelli generici, è denominato "Quota altimetrica da livello".

24. Le equazioni, che includono i parametri relativi ai piani ipotizzati, totali, ispezionabili e con rivestimento, sono state impostate nel tipo di famiglia caricabile Massa UU-A.

realizzato con modalità semiautomatiche, esportando tramite il *plug-in* Di Roots un *file* in formato .xlsx; gli abachi sono trascritti in fogli di lavoro distinti, collegati al *database* del modello. Modificando i dati e ricaricandoli nel progetto, i valori dei parametri delle singole istanze, univocamente identificate da un ID, risultano immediatamente aggiornati. La disponibilità di questo applicativo consente una connessione con i *file* Excel eventualmente estratti dal GIS e rende possibile l’inserimento delle informazioni anche da parte di operatori non specializzati nell’uso del BIM; sui fogli di calcolo, inoltre, si possono impostare funzioni matematiche e logiche oppure aggiungere elenchi di termini, uniformati ai vocabolari chiusi delle schede UU. In attesa che sia compiuto il lavoro sulle ontologie, i *file* estratti dai modelli delle Unità Urbane consentono di stabilire, con modalità artigianali, le relazioni interne fra le famiglie del BIM e quelle esterne con le classi del GIS.

La rappresentazione grafica è gestita nelle viste del modello tramite filtri assegnati per categorie; questi sono associati a regole che selezionano parametri e valori specifici oppure raggruppano attributi diversi in un unico intervallo. Campiture e colori consentono di distinguere per esempio i tipi di masse sulla base di filtri caratterizzati da un’unica regola²⁵ (fig. 11-12); il grado e il periodo di utilizzazione, come pure le incidenze relative al sistema edilizio, al sistema costruttivo e di trasformazione o allo stato di conservazione esigono invece due livelli di istruzioni per individuare le masse rappresentative delle Unità Urbane²⁶ e i valori dei parametri corrispondenti ai termini dei vocabolari chiusi²⁷. Gli indici di trasformazione e vulnerabilità sono infine visualizzati in base alle classi “alta”, “media” e “bassa” specificate nella Carta del Rischio; le regole di filtraggio consentono infatti di circoscrivere i valori numerici inferiori a 0.3, compresi fra 0.3 e 0.7, superiori a 0.7²⁸.

Il motivo assegnato ai modelli generici consente di evidenziare le soprelevazioni e le superfetazioni

25. La regola di filtraggio attribuita alla categoria masse individua il parametro “Nome del Tipo” e l’operatore “uguale”, che consentono di selezionare rispettivamente i valori “UU-A”, “UU-EPRS” e “C”.

26. Parametro: “Nome del tipo”; operatore: “inizia per”; valore: “UU”. La presenza di masse indicative di componenti diverse – Unità Urbane, Unità Edilizie e collegamenti – esige infatti una restrizione preliminare, diretta a selezionare le istanze corredate da tali attributi.

27. FIORANI *ET ALII* 2022, pp. 60-97; FIORANI *ET ALII* 2023, pp. 47-82. Le percentuali relative al grado di utilizzazione attuale sono restituite dagli intervalli: 0-25%; 25-50%; 50-75%; 75-100%; 0-50%; 50-100%; 0-75%; 100%. I termini riferiti al periodo di utilizzazione specificano un arco temporale non precisabile, compreso fra 0-10 anni, 10-30 anni e maggiore di 30 anni. Le incidenze sono infine espresse tramite le classi percentuali: 0%; 1-20%; 21-40%; 41-60%; 61-80%; 81-100%. I nomi dei parametri associati alle Masse sono quindi variabili, mentre l’operatore utile a individuare il valore di ciascun parametro è “uguale”.

28. DONATELLI 2022, p. 130. Gli operatori idonei a delimitare i tre intervalli sono “minore di”, “maggiore o uguale a”, “minore o uguale a” e “maggiore di”.

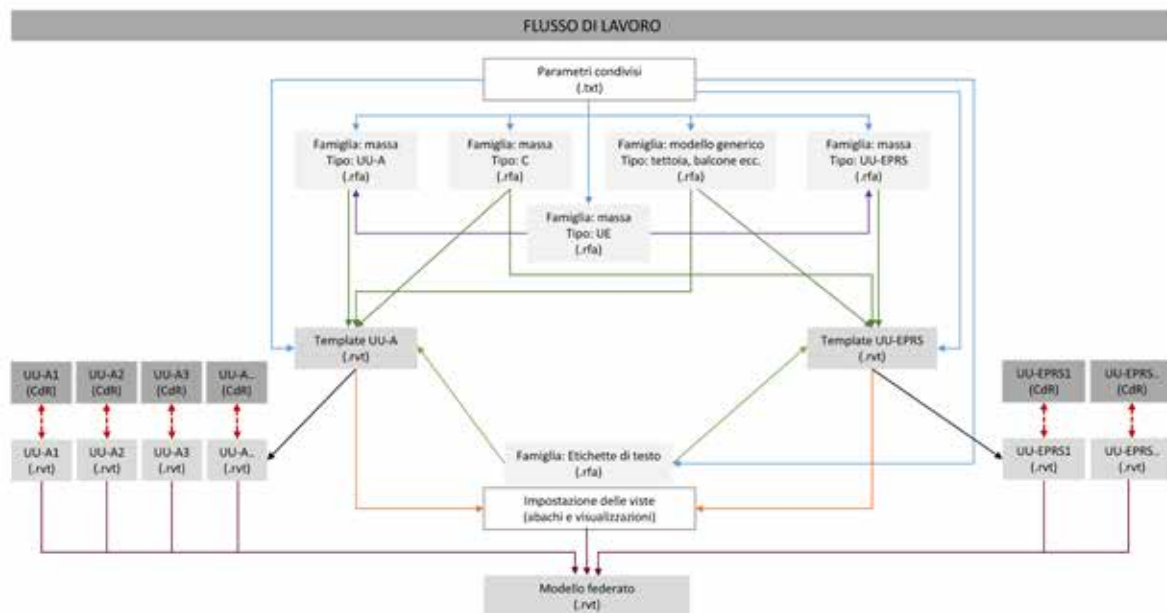


Figura 9. Grafico del flusso di lavoro adottato nel modello della Lungara (elaborazione S. Cutarelli, 2023).

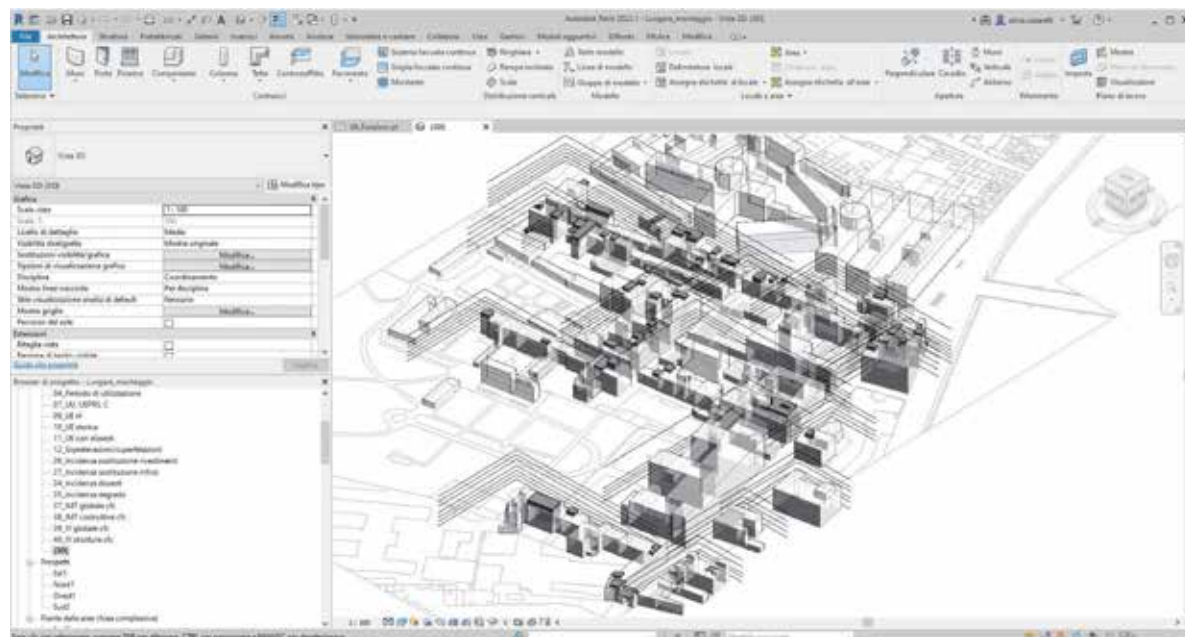


Figura 10. Vista generale del progetto federato elaborato su Revit (elaborazione S. Cutarelli, 2023).

(fig. 13), eventualmente distinguibili in base al tipo tramite filtri ulteriori. Le campiture grafiche delle Unità Edilizie esplicitano l'accessibilità, il carattere storico o di sostituzione della fabbrica, la presenza di vincoli²⁹ (fig. 14); i provvedimenti di tutela, le date e i riferimenti catastali dell'edificio sono indicati in pianta tramite etichette di testo. Le destinazioni d'uso sono infine restituite da filtri e annotazioni relativi ai pavimenti di massa UE, che identificano rispettivamente le funzioni generiche, quelle specifiche e le denominazioni delle Unità Edilizie (fig. 15).

L'impostazione delle viste palesa una corrispondenza evidente fra gli aspetti grafici e descrittivi delle rappresentazioni digitali; le informazioni registrate tramite vocabolari chiusi o parametri booleani vengono espresse sovente da campiture, elencate in legende equivalenti a liste di termini; i campi aperti sono invece visualizzati tramite etichette utili a esplicitare i dati in forma scritta.

Le viste bidimensionali e tridimensionali sono state generate nei *templates*, definite nei progetti relativi a ciascuna Unità Urbana e infine collegate a quelle corrispondenti nel modello federato; planimetrie e assonometrie della Lungara mostrano simultaneamente i valori dei parametri e i contenuti dei tracciati, restituendo un quadro di sintesi che è attualmente limitato nella Carta del Rischio ai soli indici. Le impostazioni che presiedono al collegamento delle viste prefigurano inoltre la possibilità di sovrapporre i livelli informativi del GIS tramite visualizzazioni relative alle schede di Unità e Fronti Edilizi.

Conclusioni

L'integrazione dei dati archiviati nella Carta del Rischio e nel modello di Revit appare utile ad approfondire la conoscenza della città storica, riproducendo in ambito digitale il passaggio dalla dimensione territoriale del GIS alla scala urbana e architettonica del BIM; l'interoperabilità fra i sistemi facilita l'implementazione, la verifica e l'aggiornamento delle informazioni. Il modello tridimensionale della Lungara è utile per esempio a desumere dalle geometrie parametriche le dimensioni delle Unità Urbane ed Edilizie; la disponibilità di abachi analitici consente inoltre di verificare i conteggi previsti nei tracciati e di rilevare eventuali incongruenze, per esempio relative al numero di Unità Urbane collegate, accessi a quota terreno, unità edilizie rilevabili, totali e moderne di sostituzione, unità abitative, vuoti edilizi. L'assegnazione degli attributi a categorie rappresentative

29. I parametri booleani ausiliari "UE rilevabile" e "UE storica" sono associati a regole che escludono gli altri tipi di masse e identificano tramite l'operatore "uguale" i valori "sì" e "no". Gli edifici tutelati sono invece evidenziati in pianta tramite una campitura che seleziona, tramite l'operatore "ha un valore", tutte le masse in cui il parametro "Provvedimento di tutela: tipo" è stato compilato.

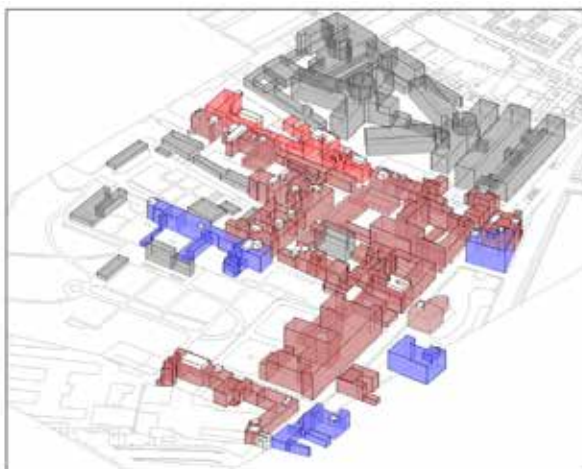


Parametro: Nome del tipo

UU-A

UU-EPRS

Collegamento



Parametro: 021_A_Grado di utilizzazione attuale

50-75%

75-100%

100%



Parametro: 100_SC_Incidenza del degrado delle superfici

1-20%

21-40%

41-60%

61-80%



Parametro: 110_SC_IV globale cfc

alto

medio

basso



Nella pagina precedente, in alto, figura 11 e in basso figura 12. Viste tridimensionali dei tipi di Unità Urbane e dei collegamenti, del grado di utilizzazione attuale, dell'incidenza del degrado delle superfici, dell'indice globale di vulnerabilità valutato con i fattori di confidenza. In questa pagina, figura 13. Viste tridimensionali relative a sopraelevazioni/superfetazioni e ai tipi storici o di sostituzione delle Unità Edilizie (elaborazioni S. Cutarelli, 2023).

di componenti fisiche del costruito permette infine di localizzare e di visualizzare le informazioni tramite filtri, regole, motivi grafici e viste collegate.

A fronte di evidenti vantaggi, tuttavia, lo scambio reciproco dei dati presenta alcune criticità. Le impostazioni definite in sede di parametrizzazione orientano talvolta il flusso automatico delle informazioni nel verso BIM-GIS. Il rapporto fra i campi della Carta del Rischio e i parametri del modello di Revit, infatti, è biunivoco quando una stringa di testo singola – riferita per esempio ai dati amministrativi e dimensionali dell’Unità Urbana – è ricondotta a un unico parametro di una sola entità virtuale; il trasferimento è qui assicurato da una relazione diretta, bidirezionale, fra il valore registrato nel campo della scheda e nella corrispondente proprietà dell’istanza. Di contro, i dati espressi da voci ripetitive sono distribuiti su entità differenti, al fine di restituire le funzioni, i collegamenti, i vuoti edilizi, le sopraelevazioni e le superfetazioni, i provvedimenti di tutela; la relazione esistente fra il tracciato della Carta del Rischio e il modello di Revit, di tipo 1:n, esige in questo caso che i dati siano attribuiti da un operatore a famiglie e a istanze specifiche. Questa eventualità non sembra in antitesi con gli obiettivi dell’interoperabilità, poiché rappresenta un’opportunità di mutuo perfezionamento; il flusso opposto di dati, dal BIM al GIS, è infatti caratterizzato da una relazione di tipo n:1 e non presenta pertanto difficoltà particolari. Durante la costruzione del modello tridimensionale si potrebbero così identificare componenti o caratteristiche non rilevate, implementando i campi della Carta del Rischio.

La carenza di famiglie rappresentative delle componenti urbane del costruito limita invece le potenzialità informative del modello elaborato su Revit, costringendo a selezionare categorie poco adeguate dal punto di vista semantico; i parametri assegnati alle masse concettuali UU-A e, in mancanza di famiglie corrispondenti, gestiti tramite un separatore sono per esempio archiviati nel *database* senza ulteriori specificazioni, mentre la tipizzazione finalizzata a modellare Unità Urbane, Unità Edilizie e collegamenti tramite un’unica categoria induce a ricorrere a strumenti di filtro delle informazioni. Gli adattamenti contingenti prefigurati nella modellazione della Lungara, di conseguenza, non risultano del tutto efficaci nella rappresentazione; eventuali applicazioni del BIM ai contesti urbani esigono implementazioni dirette a restituire le componenti del costruito e le relative aggregazioni, eventualmente potenziando le famiglie dedicate ai raggruppamenti delle istanze³⁰. Si evidenziano inoltre sia l’impossibilità di modellare dati difficilmente riconducibili a forme

30. Gli assiemi, per esempio, non possono riunire le masse, ma solo gli elementi costruttivi; come sopra accennato, ai gruppi non sono invece associati filtri grafici.

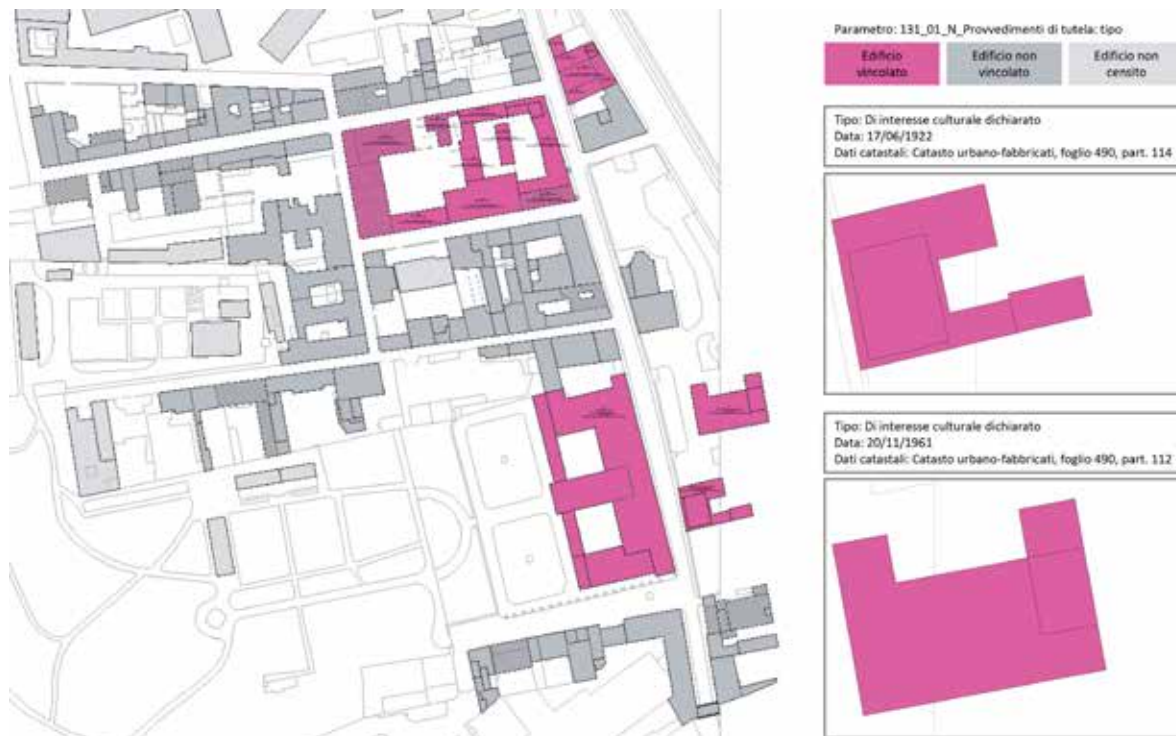


Figura 14. Planimetria degli edifici vincolati (elaborazione S. Cutarelli, 2023).



Figura 15. Planimetria delle funzioni dei piani terra (elaborazione S. Cutarelli, 2023).

parametriche, come la cronologia e la bibliografia, sia la difficoltà di gestire le informazioni territoriali restituite da strumenti urbanistici e carte tematiche.

L'impostazione del modello BIM della Lungara ha preceduto la rappresentazione geometrica e l'inserimento dei dati, che possono essere gradualmente implementati in base alle informazioni disponibili senza alterare la struttura dei *file*; tale approccio inverte le modalità di lavoro tradizionali nell'ambito disciplinare del restauro, ove la definizione dei contenuti è propedeutica all'organizzazione dei *database*. La differente metodologia è veicolata dalla modellazione parametrica, orientata a velocizzare e a semplificare le operazioni di processo geometriche, di calcolo, visualizzazione, controllo e aggiornamento; ciononostante, essa risulta poco flessibile nel recepire modifiche e adattamenti eventualmente necessari.

Impostando la modellazione del sito secondo i criteri illustrati e colmando per quanto possibile le lacune segnalate, un'ontologia condivisa fra la Carta del Rischio e il modello BIM consentirebbe di sostituire il trasferimento manuale dei dati con modalità automatiche, così da relazionare e integrare le informazioni dei due sistemi.

Bibliografia

- AMIREBRAHIMI ET ALII 2016 - S. AMIREBRAHIMI, A. RAJABIFARD, P. MENDIS, T.D. NGO, *A BIM-GIS integration method in support of the assessment and 3D visualisation of flood damage to a building*, in «Journal of Spatial Science», 2016, 61, 2, pp. 317-350. DOI: 10.1080/14498596.2016.1189365.
- BARAZZETTI, BANFI 2017 - L. BARAZZETTI, F. BANFI, *BIM and GIS: when Parametric Modeling meets Geospatial Data*, in «ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», 2017, IV-5/W1, pp. 1-8. DOI: 10.5194/isprs-annals-IV-5-W1-1-2017.
- BARAZZETTI 2021 - L. BARAZZETTI, *Integrazione tra BIM e GIS nel caso dei rilievi e delle verifiche delle infrastrutture*, in A. ADAMI (a cura di), *Geomatica e HBIM per i Beni Culturali*, Franco Angeli, Milano 2021, pp. 62-73.
- BOGUSLAWSKI ET ALII 2015 - P. BOGUSLAWSKI, L. MAHDJOUBI, V. ZVEROVICH, F. FADLI, H. BARKI, *BIM-GIS modelling in support of emergency response applications*, in «WIT Transactions on The Built Environment», 2015, 149, pp. 381-392. DOI: 10.2495/BIM150321.
- CAPERNA 2013 - M. CAPERNA, *La Lungara 1. Storia e vicende edilizie dell'area tra il Gianicolo e il Tevere*, Quasar, Roma 2013.
- CAPERNA 2020 - M. CAPERNA, *La Lungara 2. Spazio urbano, conservazione e restauro*, Quasar, Roma 2020.
- COLUCCI ET ALII 2020 - E. COLUCCI, V. DE RUVO, A. LINGUA, F. MATRONE, G. RIZZO, *HBIM-GIS Integration: From IFC to CityGML. Standard for Damaged Cultural Heritage in a Multiscale 3D GIS*, in «Applied Sciences», IV(2020), 10. DOI: 10.3390/app10041356.
- CUTARELLI 2023 - S. CUTARELLI, *Tipo e tipologia: prospettive di ricerca a scala urbana per i sistemi HBIM*, in S. DELLA TORRE, V. RUSSO (coordinato da), *Restauro dell'architettura. Per un progetto di qualità*, vol. 7, Metodologie digitali per la gestione degli interventi, Quasar, Roma 2023, pp. 1239-1247.
- DEL GIUDICE, OSELLO, PATTI 2014 - M. DEL GIUDICE, A. OSELLO, E. PATTI, *BIM and GIS for district modelling*, in A. MAHDAVI, B. MARTENS, R. SCHERER (eds.), *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction, Proceedings of the 10th European Conference on Product and Process Modelling (Vienna, 17-19 settembre 2014)*, CRC Press, Londra 2014. DOI: 10.1201/b17396-136.
- DONATELLI 2022 - A. DONATELLI, *Modelli di calcolo per le trasformazioni e modifiche moderne, per la vulnerabilità delle Unità Urbane e dei Fronti Edilizi*, in FIORANI ET ALII 2022, pp. 119-134.
- FIORANI 2019 - D. FIORANI, *Il futuro dei centri storici. Digitalizzazione e strategia conservativa*, Quasar, Roma 2019.
- FIORANI ET ALII 2022 - D. FIORANI, M. ACIERNO, A. DONATELLI, S. CUTARELLI, A. MARTELLO, *Centri storici, digitalizzazione e restauro. Applicazioni e prime normative della Carta del Rischio*, Sapienza Università Editrice, Roma 2022.
- FIORANI ET ALII 2023 - D. FIORANI, M. ACIERNO, A. DONATELLI, A. MARTELLO, S. CUTARELLI, *Centri storici, digitalizzazione e restauro. Applicazioni e ultime normative della Carta del Rischio*, Sapienza Università Editrice, Roma 2023.
- MA, REN 2017 - Z. MA, Y. REN, *Integrated Application of BIM and GIS: An Overview*, in «Procedia Engineering», 2017, 196, pp. 1072-1079, disponibile online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817331910> (ultimo accesso 24 novembre 2023).
- MARTELLO 2023 - A. MARTELLO, *Approfondimenti sulle Unità Urbane-Aggregato e sulle Unità Urbane-EPRS attraverso la loro applicazione a un brano del centro storico romano*, in FIORANI ET ALII 2023, pp. 235-253.
- MATRONE ET ALII 2019 - F. MATRONE, E. COLUCCI, V. DE RUVO, A. LINGUA, A. SPANÒ, *HBIM in a semantic 3D GIS database*, in «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», 2019, XLII-2/W11, pp. 857-865. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W11-857-2019.

OSELLO *ET ALII* 2017 - A. OSELLO, M. DEL GIUDICE, N. RAPETTI, F. SEMERARO, *Il BIM per la gestione dei dati alla scala edilizia e urbana*, in «Costruire in Laterizio», XXX(2017), 167, pp. 74-79.

VACCA *ET ALII* 2018 - G. VACCA, E. QUQUERO, D. PILI, M. BRANDOLINI, *GIS-HBIM Integration for the Management of Historical Buildings*, in «The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», 2018, XLII-2, pp. 1129–1135. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-1129-2018.

WANG, TOLK, WANG 2009 - W. WANG, A. TOLK, W. WANG, *The Levels of Conceptual Interoperability Model: Applying Systems Engineering Principles to M&S*, in G. WAINER, C. SHAFFER, R. MCGRAW, (eds.), *Spring Simulation Multiconference 2009, Proceedings of the 2009 Spring Simulation Multiconference (San Diego, CA, USA, 22-27 March 2009)*, Society for Computer Simulation International, San Diego 2009, art. n. 168. DOI: proceedings/10.5555/1639809.