

PROCESSI DIGITALI DI CONFORMITÀ NORMATIVA

La rigenerazione urbana della ex-Corradini a Napoli

DIGITAL RULE-BASED COMPLIANCE PROCESSES

The urban regeneration of ex-Corradini, Naples (IT)

Marina Rigillo, Sergio Russo Ermolli, Giuliano Galluccio

ABSTRACT

Il contributo indaga le trasformazioni culturali e tecniche che il digitale produce nel progetto di architettura, attribuendo al 'dato' un valore di asset strategico per la definizione di nuove connessioni tra ambiente fisico, virtualità e digitalizzazione allo scopo di migliorare l'efficacia dei processi decisionali alla base delle previsioni progettuali. L'articolo approfondisce il caso della rigenerazione urbana dell'ex area industriale Corradini di Napoli, proponendo un'applicazione sperimentale di protocolli di verifica di conformità normativa all'interno di un contesto caratterizzato da elevata incertezza informativa. L'applicazione di procedure BIM-based nella fase iniziale del processo progettuale diviene occasione di sviluppo di un approccio per scenari, che adopera i sistemi di Code e Model Checking come strumenti 'euristici' per supportare le decisioni e minimizzare il rischio di errore in progetti complessi.

The paper investigates the cultural and technical transformations in architectural design produced by digital technologies, considering 'data' as a strategic asset for the definition of new connections between the physical environment, virtuality and digitalization in order to improve the decision-making processes underpinning design choices. The article explores the case of the urban regeneration of the Corradini ex-industrial area in Naples, offering an experimental application of rule-based compliance protocols within a high informative uncertainty context. The application of BIM-based procedures in the early design process stage becomes an opportunity to develop a multi-scenario approach, which employs Code and Model Checking systems as 'heuristic' tools to support decisions and enhancing risk management in complex projects.

KEYWORDS

BIM, conformità normativa, processi decisionali, rigenerazione urbana, complessi ex-industriali

BIM, rule-based compliance, decision-making, urban regeneration, ex-industrial buildings

Marina Rigillo, Architect and PhD, is an Associate Professor of Architectural Technology at the Department of Architecture, 'Federico II' University of Naples (Italy). She carries out research activities in the field of environmental and ecological design, with particular attention to the issues of environmental risk, climate adaptation of urban spaces, reuse and recycling processes of C&D waste. Mob. +39 328/84.73.780 | E-mail: marina.rigillo@unina.it

Sergio Russo Ermolli, Architect and PhD, is an Associate Professor of Architectural Technology at the Department of Architecture, 'Federico II' University of Naples (Italy). He carries out research on the topics of digital culture in architectural design and the relationship between design and digital innovation in the processes of industrial production and transformation of the building stock. Mob. +39 340/51.81.989 | E-mail: russermo@unina.it

Giuliano Galluccio, Architect, is a PhD Candidate at the Department of Architecture of the 'Federico II' University of Naples (Italy). He carries out research activities on the topics of digitalization of design, production and management processes of architecture and Information Management for decision support in the design phase. Mob. +39 333/50.12.048 | E-mail: giuliano.galluccio@unina.it

Nell'ambito della digitalizzazione del settore delle costruzioni, l'efficacia del processo decisionale è sempre più dipendente dalle modalità di elaborazione, trasmissione e organizzazione delle informazioni all'interno del progetto. In particolare, a seguito dello sviluppo delle ICT e delle piattaforme BIM-based, il dato ha assunto un valore di asset strategico nell'organizzazione dei processi progettuali e nell'ottimizzazione dei flussi informativi tra gli attori coinvolti (Deutsch, 2015). L'informazione è perciò al centro di un ampio quadro di protocolli e direttive che mirano a promuovere l'adozione di strumenti e metodologie data-driven per il miglioramento qualitativo e produttivo dell'intera filiera AEC, sia su scala europea che nazionale (Block and Galluccio, 2021). In questo contesto, è possibile osservare che la digitalizzazione, al di là degli aspetti strumentali, definisce una nuova dimensione culturale dell'azione di prefigurazione progettuale, che risulta strettamente connessa alla qualità dell'informazione disponibile. Alla luce di tali considerazioni, il contributo intende approfondire le ricadute cognitive e tecniche del fenomeno digitale sul progetto di architettura e, quindi, interrogarsi sulla possibilità che la progressiva diffusione di tecnologie e procedure per la gestione delle informazioni nel processo edilizio si configurano come strumento 'euristico' nella costruzione delle scelte progettuali, fornendo supporto ai processi decisionali per ottimizzare le prestazioni edilizie, minimizzare i rischi di errore e individuare soluzioni innovative.

Tecnologie e procedure BIM-oriented stanno evolvendosi da strumenti di gestione del processo edilizio a vere e proprie piattaforme di progettazione integrata (Carpo, 2012), all'interno delle quali la possibilità di scambiare informazioni mediante la condivisione di modelli di dati determina un'influenza sempre più forte sulle modalità di implementazione e sui risultati dei processi di 'costruzione' delle scelte di progetto (Nowak et alii, 2016). Se, alla loro introduzione, i vantaggi di questi sistemi erano essenzialmente riconducibili a una maggiore efficacia dell'attività di controllo dei tempi e dei costi di commessa (Kensek, 2014), il loro sviluppo aggiunge importanti elementi di complessità che risultano proporzionali ai livelli decisionali e logici del processo progettuale. Infatti, nonostante l'apparente semplicità con cui i sistemi computazionali svolgono compiti complessi, questi ultimi richiedono un monitoraggio attento dei singoli passaggi e degli esiti ad essi corrispondenti, dal momento che la corretta applicazione delle procedure di Information Management non garantisce necessariamente l'efficacia delle scelte progettuali (Bernstein, 2018).

Digitalizzazione edilizia e dimensioni progettuali del digitale | I cambiamenti innescati dall'introduzione di tecnologie e processi derivati dall'ICT nel settore delle costruzioni (BIM, Realtà Virtuale e Aumentata, Intelligenza Artificiale, Digital Manufacturing, ecc.; Sassoon, 2018) suggeriscono nuove prospettive per il mercato e l'attività industriale del settore stesso, destinato a cambiare l'intera struttura della sua filiera, coinvolgendo in questa trasformazione tutti gli operatori (Susskind and Susskind, 2015). Sulla base dell'esperienza di settori più industrializzati,

come quello automobilistico, aerospaziale o navale (Kieran and Timberlake, 2003), è legittimo ritenere che la transizione verso la digitalizzazione, anche nelle costruzioni, coinciderà con un cambiamento culturale e non solo un semplice aggiornamento delle risorse umane e strumentali degli operatori tradizionali (Picon, 2010).

Inoltre, gli scenari della progettazione architettonica sono già oggi sempre più caratterizzati da una crescente complessità, in cui convergono questioni economiche, sociali, tecniche e ambientali (Attaianesi and Rigillo, 2021) e l'eterogeneità degli attori coinvolti rende fondamentale il valore delle informazioni (Floridi, 2014), la loro qualità e la loro capacità di essere interpretate e scambiate in formati aperti, da consultare e condividere. Ciò corrisponde alla specializzazione degli operatori, che richiede l'adozione di metodologie per la definizione di nuove strategie attraverso l'uso di piattaforme di raccolta e gestione di grandi quantità di dati per la condivisione e il supporto delle decisioni (Garber, 2014). L'adozione del BIM, in tal senso, permette l'integrazione delle informazioni e dei processi attraverso strumenti che fanno riferimento al ciclo di vita di un intero edificio o di un suo componente, la promozione della comunicazione tra i vari attori coinvolti nel processo, la gestione di quest'ultimo in modo integrato e coerente, la riduzione degli sprechi e, infine, l'aumento dell'efficienza complessiva di processi e prodotti (Kalay, 2006).

Nella sintassi dei sistemi BIM-oriented non è difficile ritrovare un punto di sviluppo delle teorie su una visione sistemica del progetto architettonico, cioè caratterizzata da simultaneità, integrazione, anticipazione, simulazione (Russo Ermolli, 2020); allo stesso modo, tecnologie di rilevamento sempre più avanzate veicolano la conoscenza del reale discretizzandone la continuità 'analogica' in nuvole di punti, che restituiscono 'quantità' di realtà, ossia dati intesi come 'campi di differenze' (Bateson, 1972). L'interoperabilità degli ambienti di modellazione BIM-based consente virtualizzazioni degli oggetti mediante la restituzione delle loro caratteristiche per livelli di sviluppo crescenti rispetto all'avanzare della progettazione (LOIN – Level Of Information Need; ISO19650), che supera l'approccio fondato su rapporti di scala, in favore di un paradigma simulativo altamente affidabile, sia per la struttura geometrica che per i contenuti informativi (Sheer, 2014).

Ecosistemi virtuali per la verifica del progetto

La virtualizzazione della fisicità del costruire definisce ecosistemi digitalizzati in cui il processo decisionale avviene in un rapporto interattivo tra progettista e tecnologie digitali (Negroponte, 1969). Un esempio in tal senso sono le procedure di verifica di conformità normativa, che introducono meccanismi di auto-monitoraggio per 'validare' ex ante, e in maniera iterativa, le diverse ipotesi progettuali, incorporando la complessità del reale in un processo dialogico e ricorsivo (Morin, 1977). Tali procedure sono rigorosamente delineate all'interno dei protocolli BIM come attività di coordinamento e verifica, finalizzate a intercettare in maniera puntuale lacune, interferenze e incompatibilità normative tra due o più entità digitali posizionate nell'ambiente virtuale di modellazione (Fig. 1).

La UNI 11337:2017 – Parte 5 identifica, più precisamente, tre attività di coordinamento e verifica: 1) Clash Detection, ossia analisi e controllo delle interferenze geometriche tra oggetti digitali; 2) Model Checking, intesa come analisi e controllo della coerenza geometrica e informativa degli oggetti digitali; 3) Code Checking, finalizzata a individuare difformità normativa di oggetti e ambienti digitali. Le Clash Detection isolano, nella comparazione tra due o più modelli digitali BIM, interferenze relative a un'effettiva intersezione di due o più oggetti digitali (Hard Clash) o un'inadeguata prossimità tra elementi (Soft Clash o Clearance Clash), secondo tolleranze e modalità stabilite a monte del processo di verifica. Inoltre, considerando la possibilità di aggiungere una variabile temporale come parametro informativo degli oggetti digitali, il software preposto opera una simulazione di avanzamento delle fasi di costruzione intercettando l'eventuale conflittualità tra due lavorazioni, sintetizzate in entità statiche virtualizzate. Nel Model checking, invece, i controlli possono riguardare, ad esempio, le dimensioni minime degli elementi principali, le ridondanze nel posizionamento delle entità digitali, la codifica e perimetrazione delle unità ambientali, la nomenclatura e parametrizzazione delle entità digitali o il rispetto di regole gerarchiche tra quest'ultime.

Il lavoro presentato approfondisce le opportunità degli strumenti di verifica nelle attività di coordinamento e verifica BIM, interpretando il Code Checking, in particolare, come apparato metodologico euristico per la progettazione (Martins, Rangel and Abrantes, 2016). Attraverso la visualizzazione e la gestione informata di eventuali incompatibilità normative di oggetti o unità ambientali digitalizzate, è infatti possibile orientare ex ante scelte progettuali e tecnologiche, immediatamente incardinate al rispetto di precise prescrizioni tecniche, sanitarie o legislative, che vengono espresse come parametri quantitativi all'interno di sistemi di regole prestabiliti dall'utente/progettista (Beach et alii, 2015; Amor and Dimyadi, 2021).

Il caso studio: area ex-industriale Corradini a Napoli

Il caso studio si concentra sulla messa a punto di metodologie per il supporto alle decisioni basate sull'integrazione tra tecniche di rilevamento digitali, modellazione informativa e procedure di Code e Model Checking, con l'obiettivo di elaborare strategie di rigenerazione orientate alla minimizzazione dei rischi di errore nei processi progettuali complessi attraverso l'utilizzo di verifiche di conformità multi-parametriche. Oggetto di sperimentazione è il sito dell'ex fabbrica Corradini di Napoli, nel quartiere di San Giovanni a Teduccio (Fig. 2), dismesso nel 1949 e sottoposto a vincolo storico-artistico nel 1990, sito, di proprietà del Comune di Napoli, che versa oggi in uno stato di profondo degrado (Fig. 3), ed è inaccessibile a causa dell'inquinamento da amianto.

Nello specifico, l'area oggetto di studio comprende immobili e aree di pertinenza del Complesso metallurgico della società Corradini, ricadenti in quello che il Piano comunale del 2014 (Pianocittà¹) identifica come Lotto 1 (Fig. 4). Lo stabilimento, sorto alla fine dell'800, è rimasto in disuso fino al 1999, anno di acquisizione dell'area

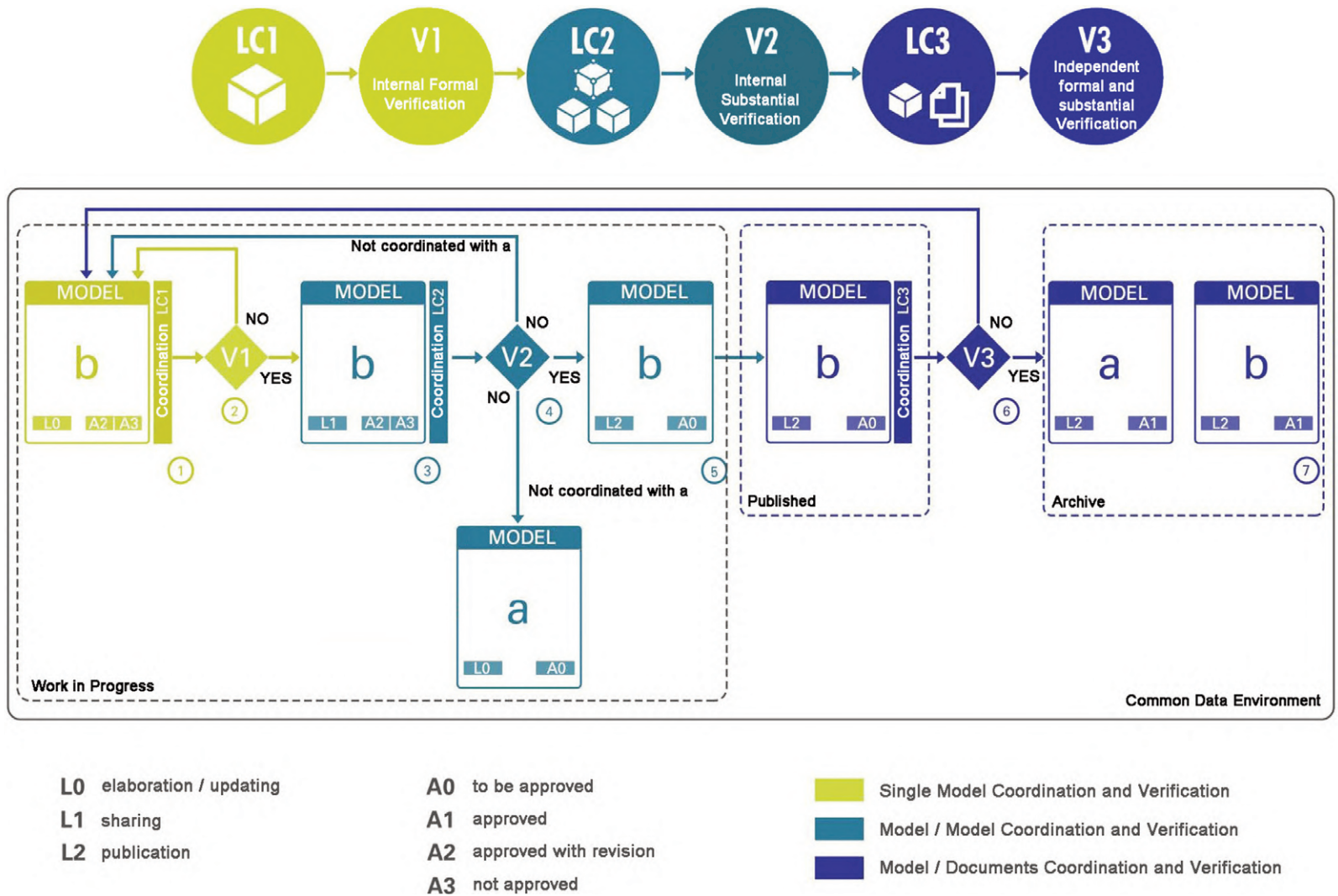


Fig. 1 | BIM verification and coordination process diagram, as defined in UNI 11337 – Part 5 (credit: F. Zullo, 2020).

e degli immobili in essa ricadenti da parte del Comune di Napoli. Il sito comprende prevalentemente edifici a unico livello, con strutture in muratura portante in blocchi di tufo o listata, con copertura a doppia falda o shed con manto in coppi, sostenute da capriate in legno o ferro, quest'ultime di tipo Polonceau. Numerosi crolli, verificatisi a partire dal 1960, hanno interessato in modo rilevante le coperture (per la quasi totalità oggi non più esistenti) e in modo parziale le murature. Pertanto gli edifici sono prevalentemente allo stato di rudere, con una diffusa presenza di vegetazione infestante e un grave deterioramento delle superfici murarie superstiti.

La sperimentazione condotta si caratterizza per una condizione di elevata incertezza informativa dovuta all'impossibilità di accedere all'area e di procedere al rilievo e alla verifica statica dei manufatti; tale difficoltà si somma alla mancata attuazione del succitato Piano Città, così che la stessa trasformazione del quartiere San Giovanni non corrisponde agli obiettivi di rifunionalizzazione individuati nel Piano del 2014. In questo quadro, la ricerca² si orienta in prima battuta alla costruzione di scenari di rifunionalizzazione aggiornati al contesto sociale, normativo e ambientale dell'oggetto di studio, valutando la capacità di quest'ultimo di soddisfare le esigenze di sviluppo del quartiere e i requisiti complessivamente attesi, prefigurando nuove e più adeguate fun-

zioni così da aumentare le possibilità di successo dell'intervento di rigenerazione (Losasso, 2015).

Procedure BIM-based per l'implementazione di verifiche di conformità normativa | Al fine di definire e sperimentare una procedura BIM-based per l'implementazione di verifiche di conformità normativa nel progetto di rifunionalizzazione del patrimonio costruito, sono state identificate quattro fasi di lavoro: 1) Rilievo del sito mediante ausilio di drone; 2) Redazione di un piano di Gestione Informativa (UNI 11337:2017 – Parte 5 e 6) e modellazione BIM, sia dal rilievo del sito sia dal progetto precedentemente redatto dal Comune; 3) Analisi di conformità BIM, svolta confrontando i due modelli elaborati nella Fase 2, allo scopo di correggere scostamenti e difformità tra il disegno dei luoghi alla base del progetto preliminare e verificare la compatibilità delle funzioni previste dal Piano; 4) Sviluppo degli scenari funzionali, attività basata sulle verifiche di conformità BIM per lo sviluppo di scenari funzionali molteplici. Questi ultimi, tenendo conto dell'attuale incertezza delle informazioni sulla condizione degli edifici, sono stati implementati come proiezioni progettuali basate sull'interpolazione tra un 'set' di funzioni e i possibili spazi all'interno dei quali collocarle.

I sistemi di regole adottati per l'applicazione dei protocolli di Model e Code Checking hanno

compreso: A) Analisi delle proprietà del sito (orientamento, ventilazione e posizione rispetto ai principali accessi); B) Analisi dimensionali degli spazi (area, altezza, perimetro, volume); C) Analisi dimensionali delle superfici vetrate e rapporti aerolluminanti; D) Condizioni di sicurezza (ad esempio numero di porte d'uscita di sicurezza rispetto alle prescrizioni per la funzione ipotizzata); E) Condizioni di accessibilità. Inoltre, sono state definite le regole di Clash Detection tra gli oggetti digitali affinché fossero individuate: i) Intersezioni tra componenti di uguale categoria (quest'ultima intesa, in linea di massima, come classi di elementi tecnici secondo la norma UNI 8290-1:1981); ii) Intersezioni tra componenti di diversa categoria; iii) Intersezioni tra altri elementi. Infine, è stata implementata una Space Analysis sul sistema ambientale, al fine di verificare la distanza tra le unità funzionali e l'area totale per ognuno dei piani degli edifici rispetto alle dimensioni minime stabilite per ogni unità funzionale.

L'attività svolta è stata improntata alla replicabilità della metodologia e all'adattabilità del modello alle diverse condizioni del contesto. Ciononostante la sperimentazione presenta precisi limiti d'applicazione: 1) la scelta delle destinazioni d'uso, sulla base delle quali sono state svolte le verifiche di conformità, è il risultato di una sintesi tra le indicazioni del Comune di Napoli e le analisi svolte dal gruppo di ricerca sull'area di studio;

2) la configurazione dei fabbricati modellati in ambiente BIM è il risultato di approssimazioni e di integrazioni da fonti diverse, a causa dell'impossibilità di accedere al sito; 3) le verifiche di conformità sono state svolte tenendo in considerazione parametri quantitativi e dimensionali, dedotti dalle normative nazionali, regionali e locali in merito alle destinazioni d'uso stabilite (aree, volumi, altezze, superfici trasparenti, larghezza di vani e corridoi, altezza e larghezza delle aperture, mutue distanze tra unità ambientali). Tali limitazioni non inficiano tuttavia l'attendibilità dei risultati qui esposti, che sono verificati e affidabili da un punto di vista metodologico. A conclusione delle operazioni di bonifica dell'area, sulla base di una più affidabile conoscenza del sito, il metodo di ricerca sarà oggetto di una seconda sperimentazione volta a verificare i risultati già ottenuti e a valutare l'entità dell'approssimazione tra sperimentazione teorica e attività sul campo, al fine di procedere agli aggiustamenti del metodo definito, minimizzando l'approssimazione.

Verifiche di conformità BIM-based per interventi di rigenerazione urbana | La restituzione di un attendibile stato di fatto del sito è stata condotta a partire dagli elaborati forniti dal Comune di Napoli, comprensivi di un rilievo metrico degli edifici datato 1981, da immagini fotografiche scattate nel 2005, foto aeree ottenute nel 2019 e dal Progetto Preliminare stesso, integrati dal rilievo fotogrammetrico realizzato nel giugno 2020 e la relativa nuvola di punti (Figg. 5, 6). Prima di procedere alla modellazione è stato elaborato il piano di Gestione Informativa (pGI), condiviso all'interno dell'unità di ricerca interdisciplinare, allo scopo di organizzare all'interno di un unico documento i ruoli e gli obiettivi della Modellazione Informativa, la struttura della piattaforma di condivisione dei dati (Ambiente di Condi-

visione Dati – ACDat; UNI 11337:2017 – Parte 4), gli usi del modello BIM rispetto alle priorità strategiche di progetto, le modalità di verifica del modello e le regole di classificazione degli oggetti digitali. La caratterizzazione degli oggetti digitali segue la norma UNI 11337:2017 – Parte 4 e la ISO 19650:2018, che introduce i LOIN, livelli di sviluppo geometrico e informativo progressivi delle entità virtualizzate.

A partire dalla modellazione BIM delle due configurazioni del sito disponibili (relative al Progetto Preliminare del 2014 e ai dati del rilievo del 2020), è stato analizzato il programma funzionale previsto dal Comune di Napoli, che prevedeva per l'area la localizzazione di spazi per attività culturali, quali esposizioni, sale convegni e concerti, residenze universitarie e relativi servizi, ivi comprese attività di ristorazione. Denominato nella ricerca 'Scenario 0', il progetto del Comune (Fig. 7), è stato oggetto di una prima verifica normativa rispetto allo scenario funzionale emerso

da un'analisi GIS dei servizi presenti nell'area rispetto alla densità e alle caratteristiche della popolazione, nonché relativamente alle trasformazioni realizzate nell'area e nella città dal 2014 al 2020, soprattutto riconducibili alla realizzazione del Campus Universitario nell'area ex Cirio di San Giovanni. Tale verifica ha permesso di individuare due principali categorie di criticità: 1) Problemi per gli accessi e i parcheggi (errato posizionamento e numero insufficiente di posti auto, inadeguatezza degli attuali sistemi di accesso al Lotto in termini di quantità e interferenza dei flussi veicolari/pedonali); 2) Problemi funzionali (relativi al tipo di funzione prevista, al posizionamento delle funzioni e agli aspetti dimensionali, normativi e distributivi degli spazi).

Particolarmente esemplificativa della sperimentazione svolta è l'analisi degli edifici ricadenti nel Gruppo 9, destinati nello 'Scenario 0', ad attività di ristorazione. Le principali criticità hanno riguardato la zona cucina: situata lungo una

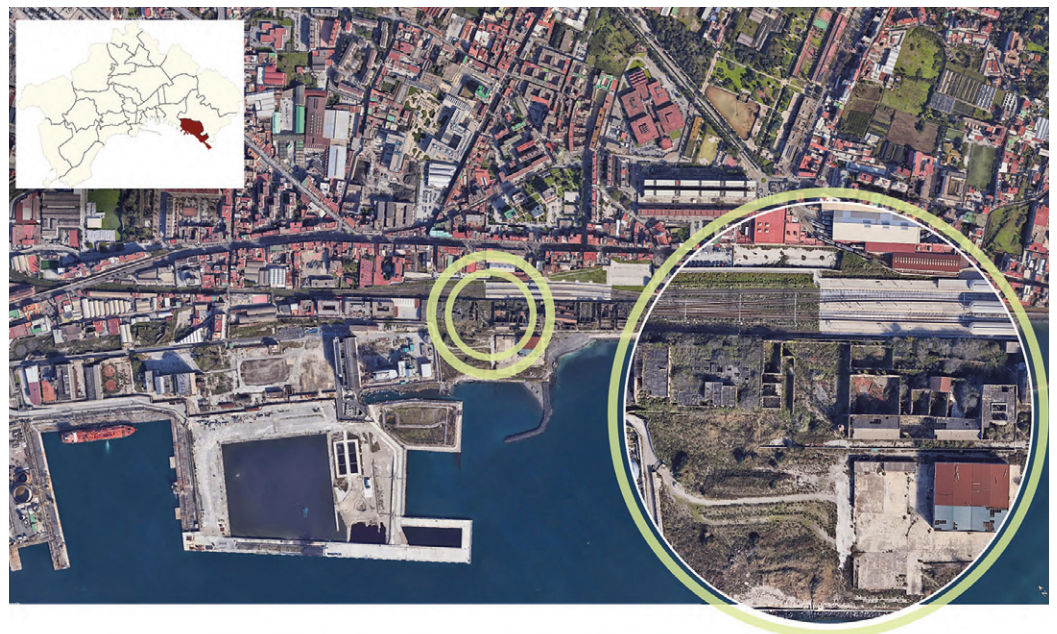


Fig. 2 | San Giovanni a Teduccio (Naples): overview and focus on the ex Corradini site (credit: L. Pierni, 2020).



Fig. 3 | Current state of the buildings in the ex Corradini site (credits: M. Ferruzzi, 2019).

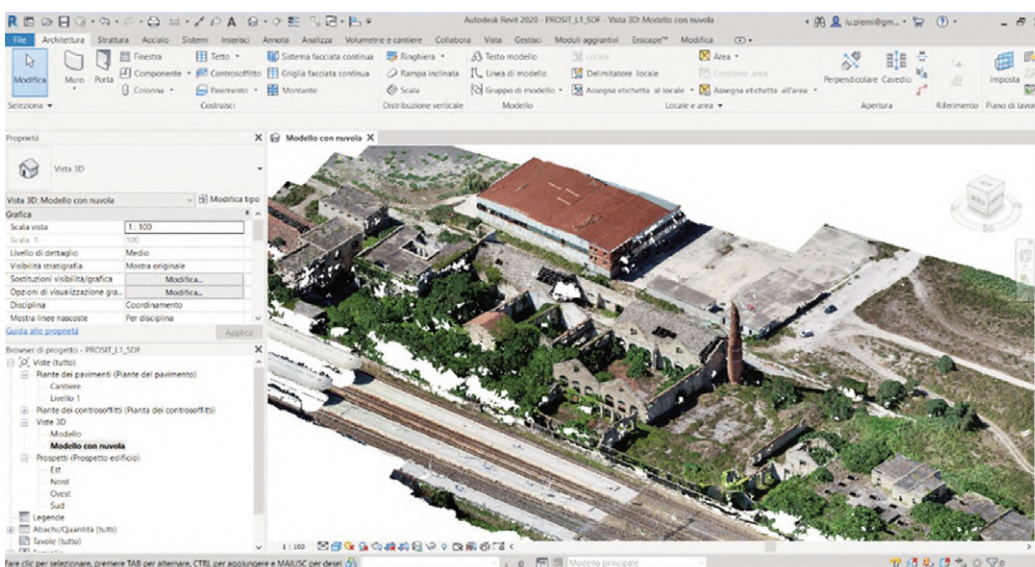
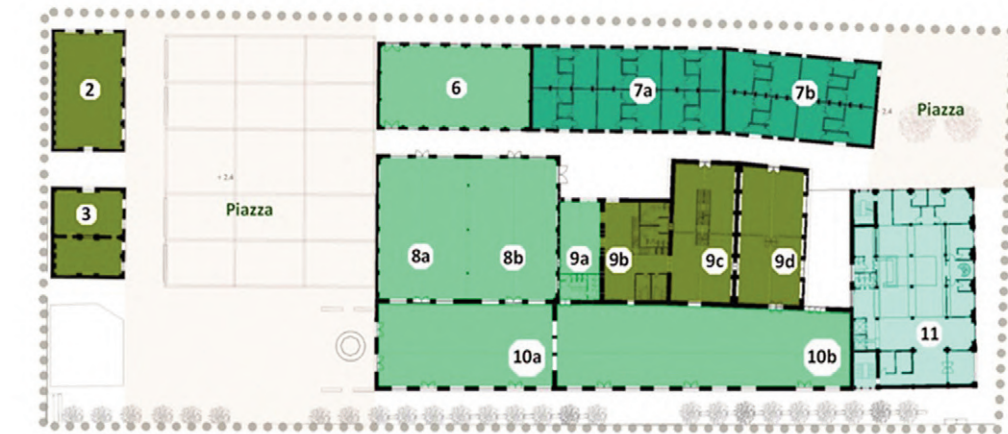
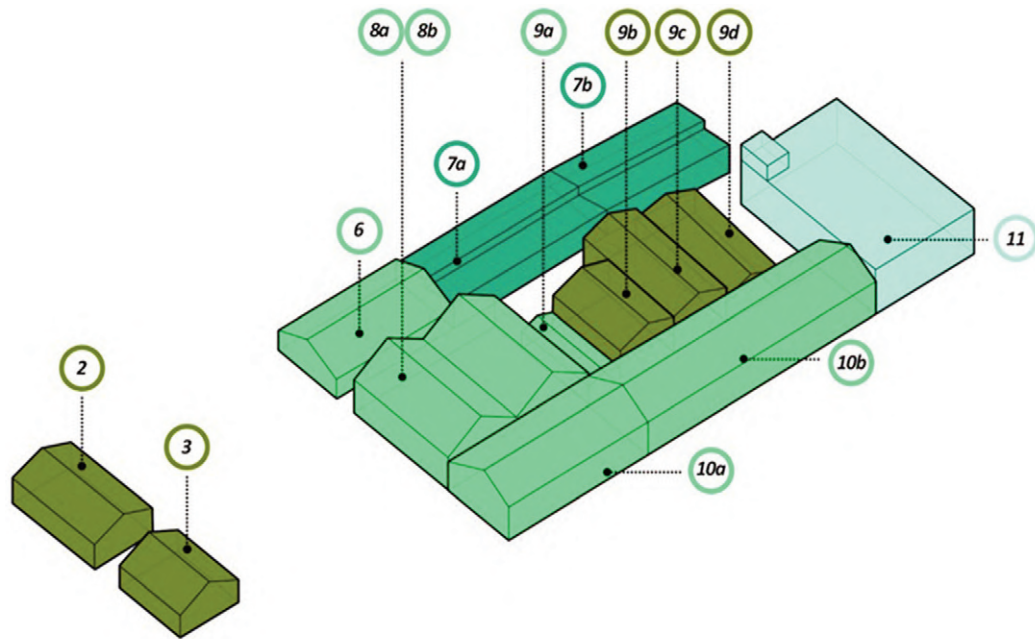


Fig. 4 | Ex Corradini Lot 1 and buildings name classification (credit: L. Pierni, 2020).

Fig. 5 | BIM site modelling from the survey point cloud using Autodesk RECAP and Autodesk REVIT (credit: L. Pierni, 2020).

Next page

Fig. 6 | Buildings geometry and information 3D restitution process (credit: M. Tortora, 2020).

Fig. 7 | Ex Corradini functional program: 'Scenario 0' by Municipality of Naples (credit: E. Guarino, 2021).

Fig. 8 | BIM compliance process diagram using SOLIBRI Model Checker (credit: F. Zullo, 2020).

parete confinante con un edificio adiacente, era prevista al piano terra di un livello da realizzarsi e da adibire a ulteriore sala ristorante; in tal modo, però, l'unità non presentava uscite dirette verso l'esterno; non era provvista di aperture, né c'era possibilità di realizzarne di nuove, escludendo di fatto la possibilità di garantire ventilazione e illuminazione naturale; i canali di sfogo dei fumi avrebbero disturbato gli edifici circostanti, essendo l'unità racchiusa su tre lati da volumi adiacenti. Infine, l'assenza di accessi su strada avrebbe implicato che le operazioni di carico/scarico merci sarebbero avvenute in corrispondenza dell'ingresso stesso del ristorante, su quello che è considerato l'asse principale dell'intero Lotto 1.

Il modello è stato sottoposto a verifica mediante l'ausilio del software Solibri Model Checker (Fig. 8) che, a seguito della definizione dei sistemi di regole, ha evidenziato ulteriori criticità sfuggite a un primo controllo 'manuale'. In particolare, le regole adoperate fanno riferimento alle norme per il superamento delle barriere architettoniche (D.M. 236/1989), alle norme antincendio (D.M. 11/04/1996; D.P.R. 151/2011; D.M. 08/11/2019) e al Regolamento di Igiene e Sanità (D.C.C. 46/2001). Dall'analisi è emersa l'insufficienza del rapporto aeroilluminante della sala ristorante, della cucina e della sala bar, sottolineando la necessità di operare nuove aperture. Allo stesso modo, alcune funzioni, come quelle di stoccaggio e deposito di alimenti e altri prodotti, vedevano un sovradimensionamento rispetto all'effettiva necessità, a discapito di altre unità funzionali. Nell'ottica di una complessiva riorganizzazione delle funzioni all'interno dell'area e nel rispetto delle istanze espresse dal Comune, è stato quindi deciso di ricollocare nell'Edificio 7 l'attività di ristorazione. In questa nuova posizione, il ristorante può affacciarsi su un 'asse di servizio', da impiegare come zona di carico/scarico merci; è stato inoltre possibile dotare l'ambiente cucina sia di un'uscita diretta verso l'esterno che di adeguate aperture per l'illuminazione e la ventilazione naturale. L'edificio scelto si trova, infine, in una posizione maggiormente isolata rispetto al precedente, consentendo di allontanare l'emissione di fumi della cucina dagli edifici adiacenti (Figg. 9-14). La ripetizione della procedura per tutte le funzioni previste dal Piano Città ha comportato modifiche e riposizionamenti all'interno dell'intero Lotto 1, confluiti nella produzione di tre scenari alternativi, tutti internamente coerenti e confrontabili tra di loro.

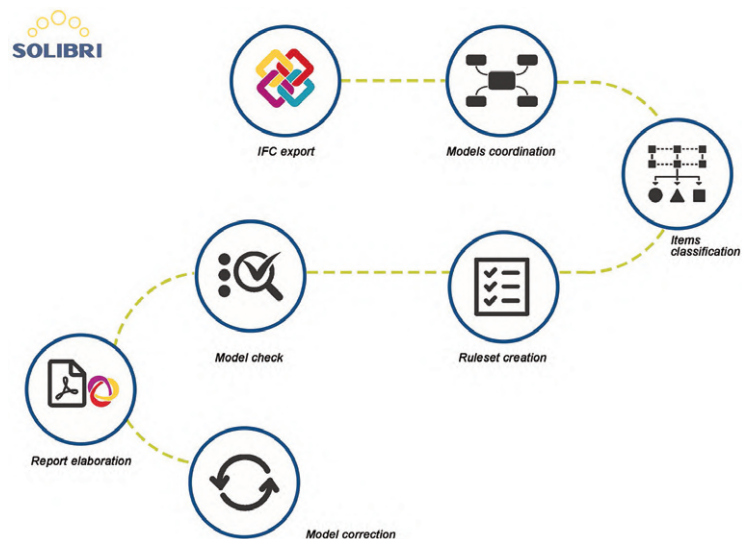
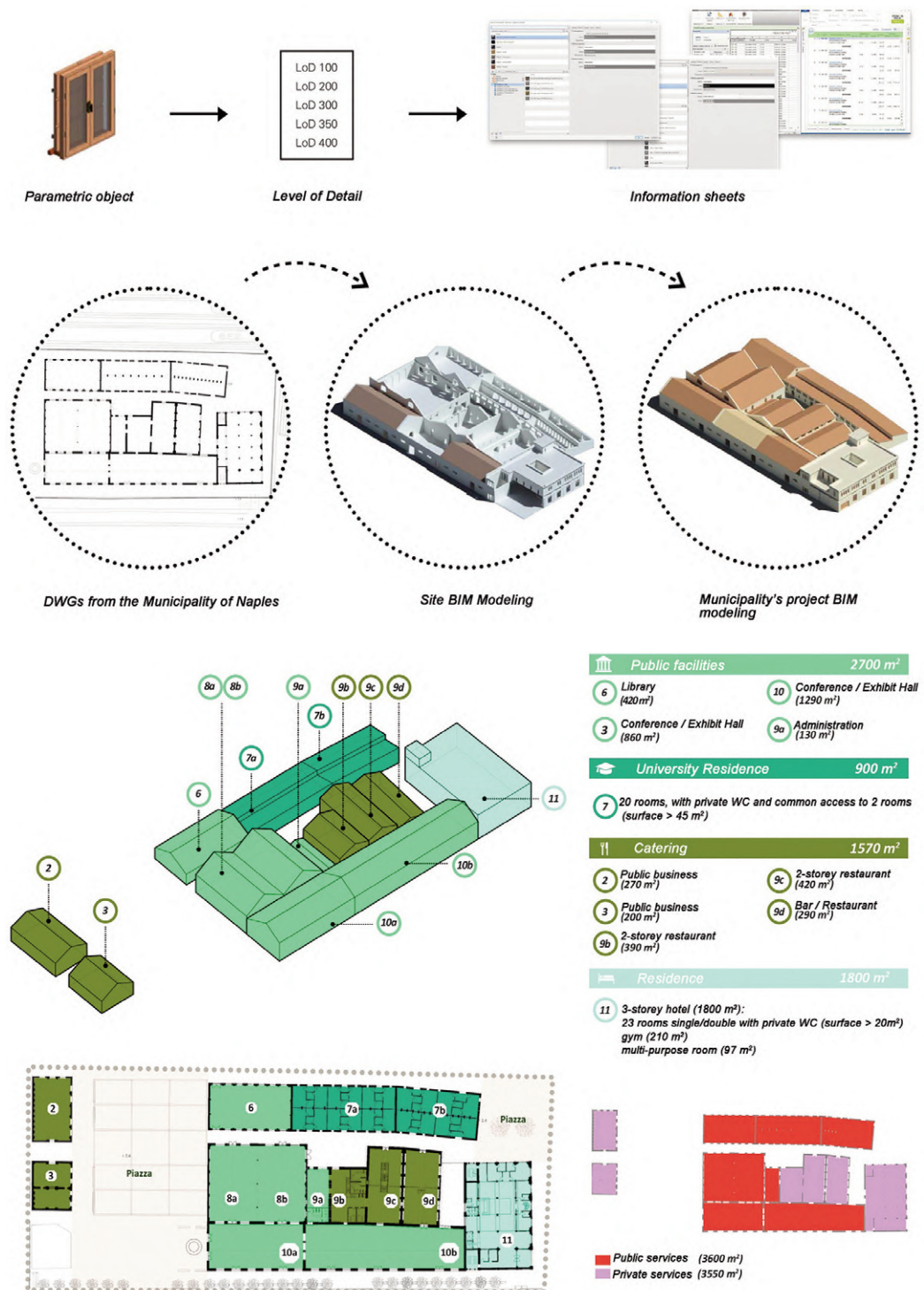
Approcci simulativi e scenari molteplici come strategia decisionale | L'adozione di una metodologia per scenari (coerente peraltro con il dettato del Codice degli Appalti, D.lgs. 50/2016, art. 23) è possibile grazie all'utilizzo di tecnologie di modellazione e simulazione che consentono di mettere in campo procedure solitamente applicate per la verifica ex post del processo e che invece vengono qui proposte in una fase ex ante, facendone un vero e proprio strumento 'progettuale' per guidare le decisioni. Le soluzioni individuate per la rifunzionalizzazione degli spazi dell'ex complesso industriale Corradini (Figg. 15-17), pur differenti nella loro architettura, risultano coerenti ai sistemi di regole adottati e in generale prevedono: 1) la possibilità di lasciare invariate alcune delle funzioni previste del progetto preliminare, ottimizzandone la collocazione

all'interno dell'area; 2) il riconoscimento della vocazione universitaria del sito, in modo da configurare una continuità funzionale con il Campus della 'Federico II', sviluppandone in particolare le attività ricettive; mentre, e diversamente da quanto previsto nel progetto del Comune, gli alloggi sono collocati ai livelli superiori, in ottemperanza al regolamento sugli standard minimi relativi alla costruzione di alloggi e residenze per studenti universitari (D.M. n. 936/2016); 3) il perseguimento di obiettivi di riduzione dei rischi di sottoutilizzo degli edifici, favorendo l'inseadimento di funzioni diverse da quelle originariamente previste dall'Amministrazione comunale ma maggiormente in sintonia con le attuali linee di evoluzione del quartiere, garantendo al tempo stesso una prevalente direzione pubblica delle attività ivi collocate rispetto a quella a 'guida' privata.

Lo 'Scenario di sintesi' (Tab. 1) è il risultato del processo decisionale condiviso che ha coinvolto il Dipartimento di Architettura dell'Università di Napoli, il consorzio STRESS e il Comune di Napoli. Nello specifico, i rappresentanti del Comune hanno optato per la distribuzione funzionale proposta dallo 'Scenario 3', con la differenza che gli Edifici 8a e 8b sono adibiti a teatro e ludoteca (come nello 'Scenario 2') e gli ambienti si sviluppano su un unico piano, essendo esclusa la possibilità di inserire finestre a un ipotetico secondo livello.

Il progetto digitale come 'totalità potenziale, congetturale, plurima' | L'opportunità di poter disporre, rispetto a uno specifico problema progettuale, di differenti simulazioni di possibili risoluzioni grazie all'impiego di tecnologie e metodologie digitali pare realizzare l'affermazione di Italo Calvino (1988, p. 85), secondo cui «[...] oggi non è più pensabile una totalità che non sia potenziale, congetturale, plurima». In particolare, nell'ambito della riqualificazione del patrimonio edilizio, la possibilità di perseguire nuovi usi e trasformazioni compatibili con le condizioni materiali, con il contesto di riferimento e con le normative cogenti, lavorando attraverso la formulazione di scenari comparativi, offre un'opportunità interessante per ripensare i processi decisionali nell'ottica di una maggiore efficacia delle soluzioni. Ciò può infatti consentire di migliorare la qualità delle scelte strategiche e di avviare un rinnovamento profondo soprattutto nella programmazione e gestione degli interventi complessi.

In tal senso, il digitale rappresenta un dispositivo tecnico e culturale che può consentire l'individuazione di nuovi approcci metodologici al progetto in grado di mediare tale complessità. La sperimentazione realizzata dimostra che il digitale non traduce la portata delle tecnologie informazionali in un mero aggiornamento strumentale, bensì influenza e direziona i processi cognitivi e decisionali, e in questa logica va studiato e controllato (Perriccioli, 2021). Una strada possibile può essere quella di un utilizzo consapevole delle tecnologie al fine di posizionare il progetto come 'figura' e la tecnica come 'sfondo', ossia implementando l'attività progettuale come costante sperimentazione di strumenti, procedure e protocolli, e riconfigurando, come nel caso esposto, la conformità normativa da fattore limitante a 'motore' progettuale.



Emerge, in conclusione, come la digitalizzazione non rappresenti un rischio di impoverimento del contenuto euristico dell'attività progettuale, ma piuttosto ne ampli le potenzialità; in questa prospettiva, le linee di sviluppo della presente ricerca guardano all'estensione della metodologia adottata dalla verifica dimensionale e distributiva delle funzioni emerse dal lavoro di Model Checking (Sydora and Strouli, 2020), alla valutazione di ipotesi tecniche, in particolare in riferimento alle attuali normative sulla riduzione del consumo di risorse naturali (Criteri Ambientali Minimi – D.M. 11/10/2017).

In the framework of the digitalization of the construction industry, the decision-making efficacy is increasingly dependent on how project information is processed, delivered and organized. Due to the ICT and BIM-based platforms development, in particular, data has gained a strategic asset value in design processes organization and in information flows between players optimization (Deutsch, 2015). Therefore, information is at the very core of a wide regulatory framework aimed at promoting data-driven tools and methodologies adoption within the whole AEC supply chain to improve quality and efficiency, on both European and national scale (Block and Galluccio, 2021). In this context, digitalization is drawing, beyond instrumentalities, new cultural dimension in design decision-making closely related to the quality of information. Thus, the paper aims at investigating the cognitive and technical implication of the digital phenomenon on architectural design. In particular, we question the possibility that the increasing diffusion of Information Management technologies and methods in the building process might be configured as a 'heuristic' tool in design decisioning, thus supporting, in the wake of the enhanced ability to collect, measure and exchange data, decision-making processes to optimize building performance, improve risk management and identify innovative solutions.

BIM-oriented technologies and methodologies are evolving from building process management tools to full-fledged integrated design platforms (Carpo, 2012). Within these platforms, the possibility of exchanging information as data models is producing a clear influence on the design decision-making methods and results (Nowak et alii, 2016). If these systems, at their introduction, essentially improved time and cost management (Kensek, 2014), their development unfolds significant levels of complexity, proportional to the design process decision and logic levels. Despite how simply computational systems perform complex tasks, they require careful monitoring of any single step and their outcomes, since the correct application of Information Management procedures does not necessarily guarantee the effectiveness of design choices (Bernstein, 2018).

Digitalization in construction and digitalization's design aspects | The transformations triggered by the introduction of ICT-derived technologies and processes in construction (BIM, Virtual and Augmented Reality, Artificial Intelligence, Digital Manufacturing; Sassoon, 2018) al-

low to assume that the market in the future will completely change its supply chain, radically modifying the actors involved (Susskind and Susskind, 2015). Experiences in more industrialized sectors, such as automotive, aerospace or shipbuilding (Kieran and Timberlake, 2003), point out that the digital transition, even in AEC, will involve a cultural change and not just a mere update of human and instrumental resources in traditional practices (Picon, 2010).

In addition, architectural design scenarios are already increasingly characterized by a growing complexity, in which economic, social, technical and environmental issues converge (Attaianese and Rigillo, 2021). As the variety of actors involved increases, so does the value of information (Floridi, 2014), which must be reliable, readable and interoperable to be consulted and shared. This corresponds to the specialization of the actors, which requires the adoption of methodologies for the definition of new strategies with the use of platforms for the collection and management of large amounts of data for sharing and supporting decisions (Garber, 2014). BIM adoption, in this sense, allows information and processes integration through tools referring to the life cycle of a whole building or its component, promoting communication between the various actors involved in a better managed process, reducing waste and, finally, increasing processes and products overall efficiency (Kalay, 2006).

BIM-oriented systems' syntax can also be considered as the development of systems theory in architectural design, characterized by concurrency, integration, anticipation, simulation (Russo Ermolli, 2020). Similarly, advanced survey technologies convey knowledge of reality by discretizing its 'analogue' continuity into point clouds, which return 'quanta' of reality, i.e. data considered as 'fields of differences' (Bateson, 1972). The interoperability of BIM-based modelling environments allows objects virtualizations by rendering their features for levels of development tied to the design progress (LOIN – Level Of Information Need; ISO19650). This approach overcomes scale relationships, in favour of a highly reliable simulative paradigm both in terms of geometry and information content (Sheer, 2014).

Virtual ecosystems for design verification | The virtualization of the act of building's concreteness defines digitalized ecosystems in which decision-making occurs in an interactive relationship between designer and digital technologies (Negroponte, 1969). Rule-based compliance analyses, for example, introduce self-verification mechanisms to ex ante and iteratively 'validate' design choices, embodying the complexity of reality in a dialogic and recursive process (Morin, 1977). These procedures are rigorously outlined within BIM protocols as coordination and verification activities, aimed at detecting gaps, interferences, and regulatory incompatibilities between two or more digital entities placed in the virtual modelling environment (Fig. 1).

UNI 11337:2017 – Part 5 identifies, more precisely, three coordination and verification activities: 1) Clash Detection, i.e. analysis and control of geometric interferences between digital objects; 2) Model Checking, i.e. analysis and control of geometric and informative coherence of

digital objects; 3) Code Checking, aimed at identifying regulatory inconsistencies of digital objects and environments. While comparing two or more BIM models, Clash Detection isolates interferences related to an effective intersection of two or more digital objects (Hard Clash) or inadequate proximity between elements (Soft Clash or Clearance Clash), according to tolerances and thresholds established prior to the verification process. Furthermore, considering time as a parameter of the digital objects, the software may simulate the progress of the construction stages, highlighting possible conflicts between two works, reduced to virtualized static entities. On the other side, model checking may concern building elements dimensions, redundancies in digital entities, environmental units' size, classification, nomenclature and digital entities parameterization or hierarchical rules consistency between the latter.

The presented work explores the use of compliance tools as an opportunity in BIM verification and coordination activities, interpreting Code Checking as heuristic methodological design apparatus (Martins, Rangel and Abrantes, 2016). By visualizing possible regulatory incoherencies and managing digitalized objects and environmental units, it is indeed possible to re-orient design choices upstream to meet precise design, technical, health or legislative requirements, expressed as quantitative parameters within rule systems established by the user/designer (Beach et alii, 2015; Amor and Dimyadi, 2021).

The case-study: Corradini ex-industrial area in Naples (IT) | The case study focuses on the development of decision-making methodologies based on the integration of digital survey technologies, Information Modelling and Code and Model Checking protocols, in order to establish urban regeneration strategies guided by multi-parametric compliance checks to minimize failure risk in the design processes. The case study is the ex-industrial area Corradini in Naples (IT), located in the district of San Giovanni a Teduccio (Fig. 2), disused since 1949 and named a cultural landmark in 1990. The site, currently owned by the Municipality of Naples, is today abandoned (Fig. 3) and inaccessible due to asbestos pollution.

The site includes areas pertaining to the Corradini Company's Metallurgical Complex, falling within what the 2014 Municipal Plan (Pianocittà¹) identifies as Lot 1 (Fig. 4). The factory, built in the late 1800s, remained in disuse until 1999, when the Municipality of Naples acquired the area and the buildings within it. The site includes mainly one-story buildings, with masonry structures in blocks of tuff or striped, with double pitch roofing or shed with roof tiles, supported by wooden or iron trusses, the latter type Polonceau. Numerous collapses have occurred since 1960, mainly affecting the roofs (almost all of which no longer exist today) and partially affecting the walls. The buildings are mainly in a state of ruin, with a widespread presence of infesting vegetation and an important deterioration of the surviving wall surfaces.

The high level of information uncertainty due to the impossibility of accessing the area and surveying and statically verifying the buildings is compounded by the failure to implement the

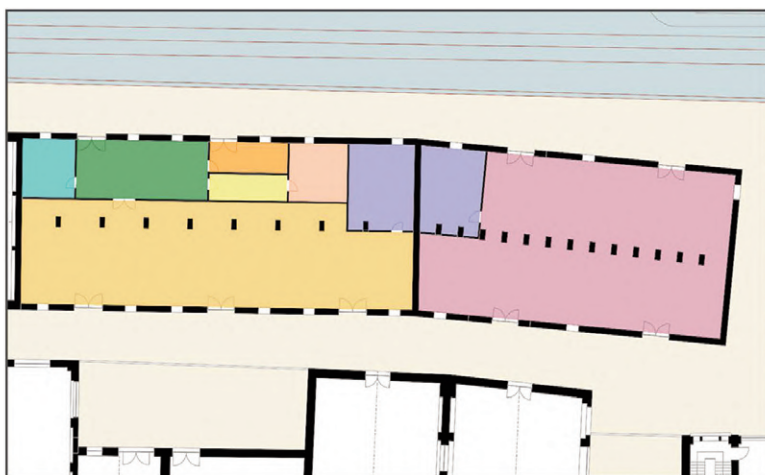
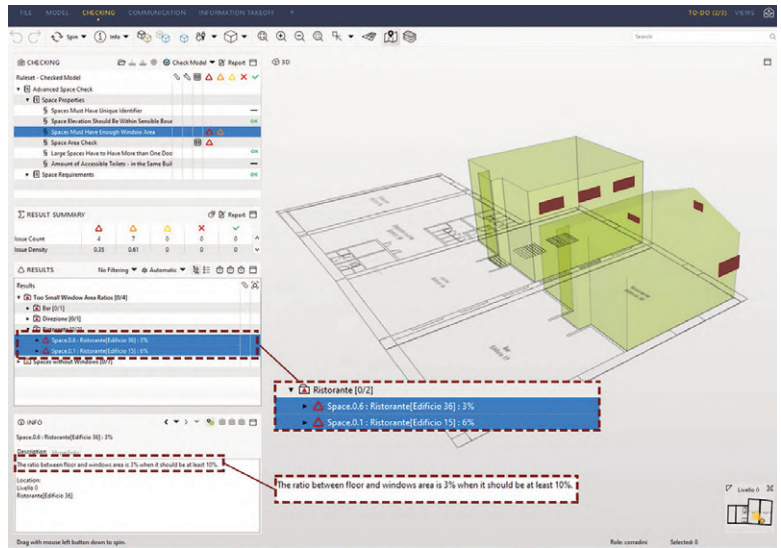
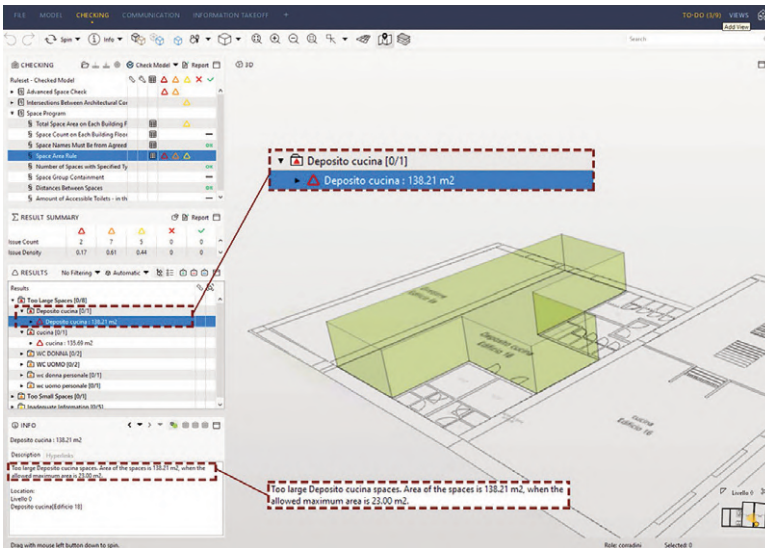
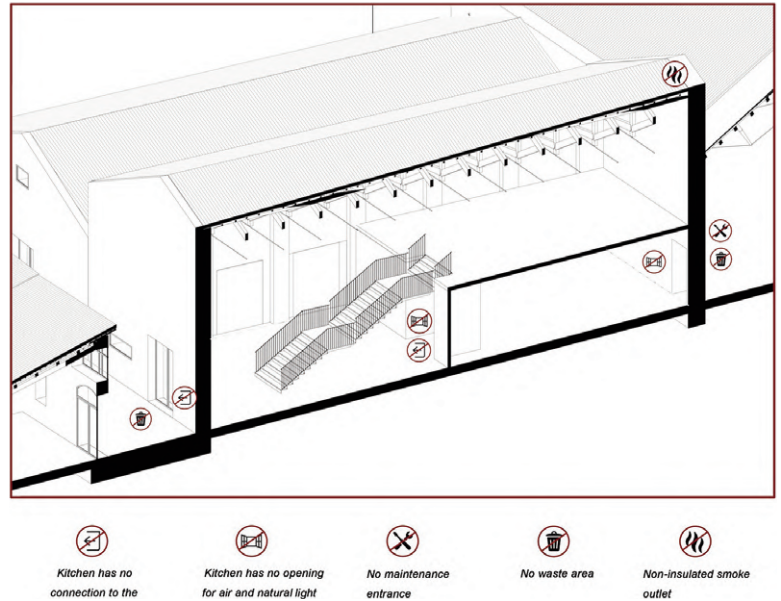
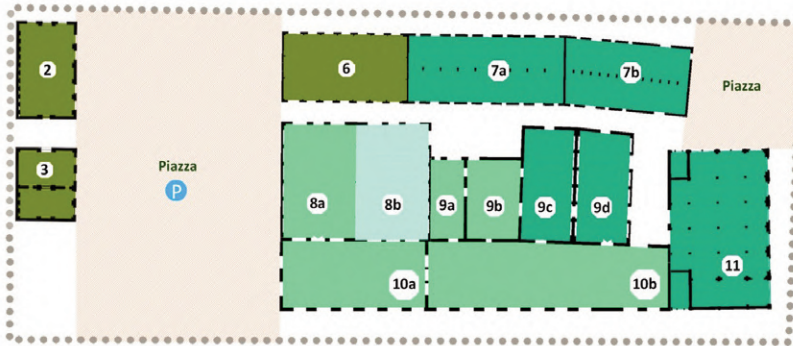
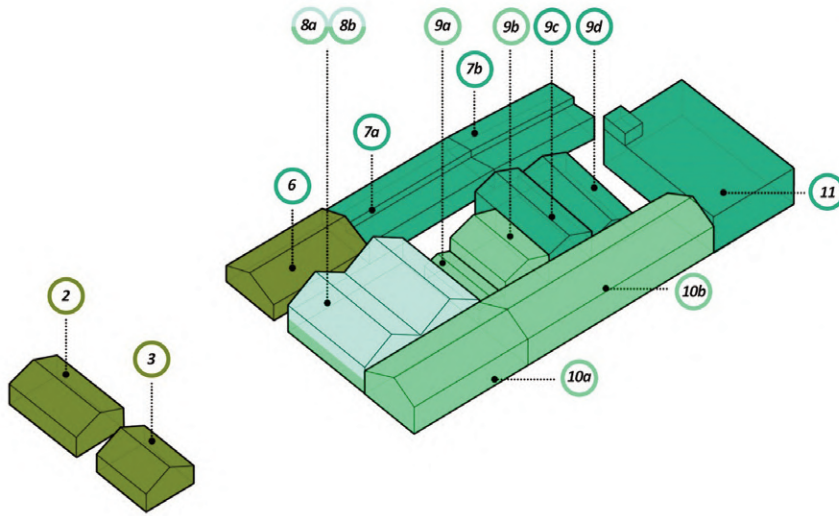


Fig. 9-14 | Building 9 (Restaurant) BIM compliance process (credits: F. Zullo, 2020).

SCENARIO 1



Public facilities 2700 m²

- 8 **Hall/playroom** (860 m²)
- 9a **Offices** (130 m²)
- 9b **2-storey offices** (420 m²)
- 10 **Swimming pool/gym** (1290 m²)

University facilities 3030 m²

- 7 **Housing facilities** (900 m²)
- 11 **Housing** (1280 m²)
- 9c **2-storey housing/facilities** (560 m²)
- 9d **Housing/facilities** (290 m²)

Catering 890 m²

- 2 **Public facility** (270 m²)
- 6 **Restaurant** (420 m²)
- 3 **Public facility** (200 m²)

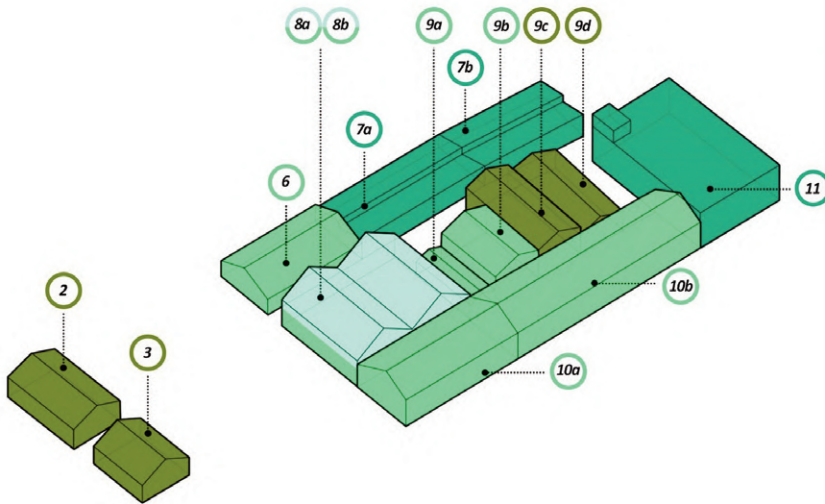
Student Housing 860 m²

- 8 **Student housing** (860 m²)



Public management (6590 m²)
Private management (890 m²)

SCENARIO 2



Public facilities 3120 m²

- 6 **Multimedia hall** (420 m²)
- 8 **Offices** (860 m²)
- 10 **Swimming pool/gym** (1290 m²)
- 9a **Offices** (130 m²)
- 9b **2-st. off.** (420 m²)

University facilities 2180 m²

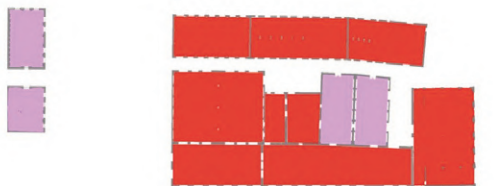
- 7 **Housing facilities** (900 m²)
- 11 **Housing/facilities** (1280 m²)

Catering 1040 m²

- 2 **Public facility** (270 m²)
- 3 **Public facility** (200 m²)
- 9c **Restaurant** (280 m²)
- 9d **Kitchen/warehouse** (290 m²)

Student Housing 860 m²

- 8 **Student housing** (860 m²)



Public management (6160 m²)
Private management (1040 m²)

SCENARIO 3

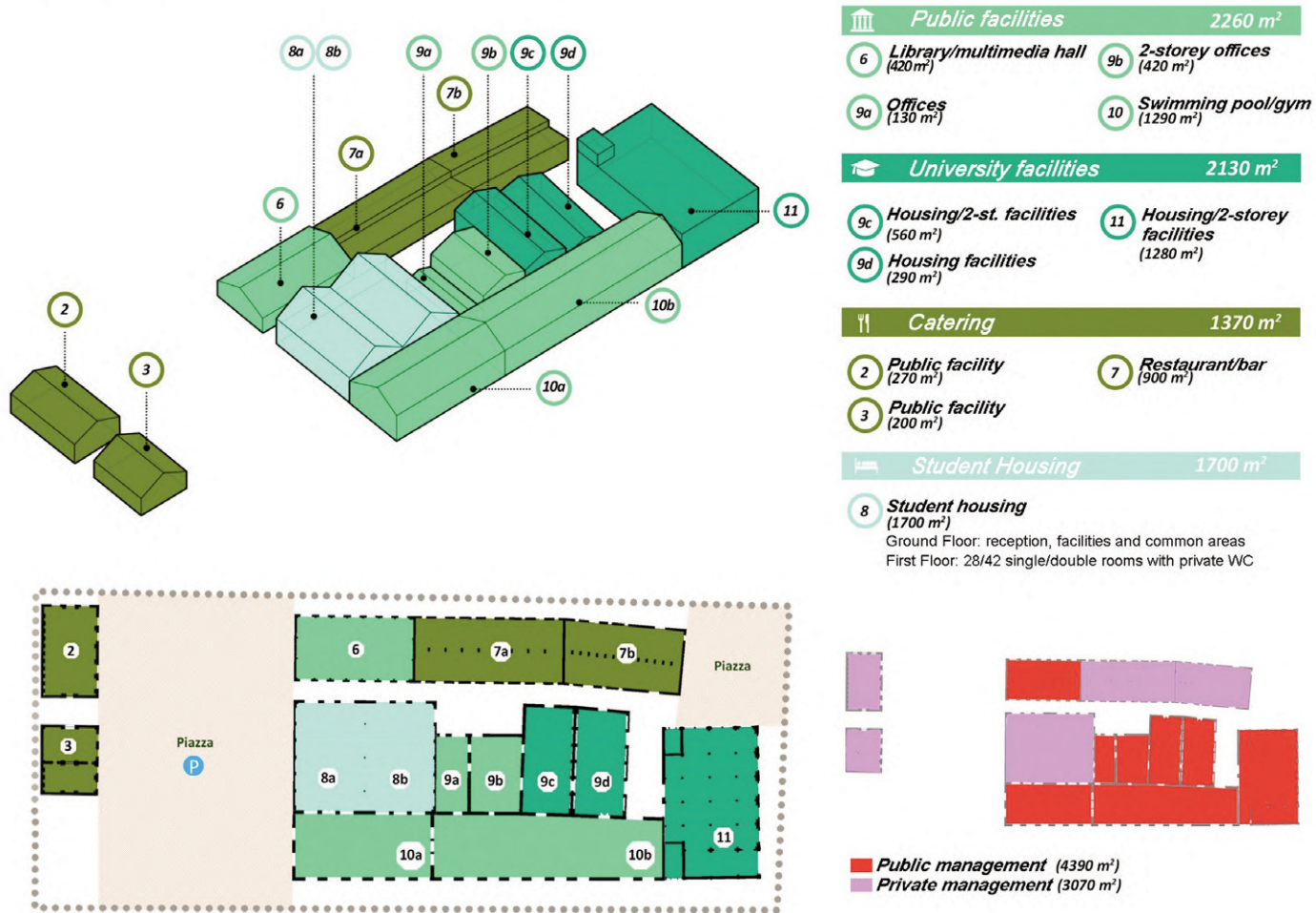


Fig. 15-17 | New functional scenarios (credits: E. Guarino and L. Pierni, 2021).

above-mentioned City Plan, so that the same transformation of the San Giovanni neighbourhood does not correspond to the goals of re-functionalization identified in the 2014. In this framework, the experimentation² is oriented to the definition of re-functionalization scenarios updated to the social, regulatory and environmental context of the case study, evaluating its consistency with the development needs of the neighbourhood and the overall expected requirements, adapting to new functions in order to increase the chances of success of the regeneration intervention (Losasso, 2015).

BIM-based code compliance implementation protocols | In order to define and test a BIM-based protocol for the implementation of code compliance checks in existing building re-functionalization, four work stages were identified: 1) Site drone survey; 2) BIM Execution Plan drafting (UNI 11337: 2017 – Part 5 and 6) and BIM modelling, both from the site survey and from the Preliminary Plan previously drafted by the Municipality; 3) BIM compliance analyses, carried out by comparing the two models drafted in Phase 2, in order to fix errors in the Plan drawings and check the compatibility between new functions and building features; 4) Functional scenarios development, based on the BIM compliance checks, taking into account the current lack of information about the condition of the buildings, implemented as design simulations based on the in-

terpolation of a 'set' of functions and their possible collocation.

The adopted ruleset for the application of Model and Code Checking protocols included: A) Analysis of the site properties, such as orientation, ventilation and accessibility; B) Dimensional analysis of the spaces (area, height, perimeter, volume); C) Dimensional analysis of the window surfaces and air-lighting ratios; D) Safety conditions (for example, number of emergency exit doors according to the regulatory prescriptions for the hypothesized function); E) Accessibility conditions. Furthermore, Clash Detection rules have been defined for digital objects in order to detect: i) Intersections between same category components (intended as technical elements classes according to UNI 8290-1:1981); ii) Intersections between different category components; iii) Intersections between other elements. Finally, a Space Analysis was implemented on the environmental system, in order to verify the distance between functional units and the total area per floor according to the minimum dimensions established for each functional unit.

The work carried out was geared towards the replicability of the methodology and the adaptability of the model to different contextual conditions. Nonetheless, the experimentation was subject to precise limitations. i.e.: 1) The choice of the functional destinations, at the core of the compliance analyses, was the result of a compromise between the Municipality of Naples indica-

tions and urban-scale analyses carried out by the research group on the study area; 2) The configuration of the buildings modelled in the BIM environment is the result of approximations and integrations from different sources, due to the impossibility to access the site; 3) Compliance analyses have been carried out taking into account quantitative and dimensional parameters, deducted from national, regional and local regulations according to the established uses: i.e. areas, volumes, heights, transparent surfaces area, rooms and corridors width, openings height and width, mutual distances between environmental units.

However, these limitations do not affect the reliability of the results presented here, which are verified and reliable from a methodological point of view. After the site decontamination, according to a more reliable site survey, the research methodology will be experimented again to verify the previous outcomes and to assess the approximation between the desk and the on-field research stages, in order to improve the method by reducing tolerances.

BIM-based compliance analyses in urban regeneration | The site's conditions were obtained by integrating drawings from the Municipality of Naples, including a metric survey dated 1981, photos taken in 2005, aerial photos obtained in 2019 and the Preliminary Plan itself, with the photogrammetric survey taken in June 2020 and its

Building N°	Scenario 0	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
2	Public Activities	Public Activities	Public Activities	Public Activities
3	Public Activities	Public Activities	Public Activities	Public Activities
6	Multimedia Hall	Restaurant	Multimedia Hall	Multimedia Hall
7a/7b	University residence	Residence facilities	Residence facilities	Restaurant
8a/8b	Conference hall	Playroom/Guesthouse	Playroom/Theatre	Hotel
9a/9b	Offices/Restaurant	Offices	Offices	Offices
9c/9d	Restaurant	Residence facilities	Restaurant	University residence/Residence facilities
10a/10b	Exhibit	Gym/Swimming pool	Gym/Swimming pool	Gym/Swimming pool
11	Hotel	University residence	University residence	University residence

Tab. 1 | ‘Summary Scenario’ functions for each building as outlined with the Municipality of Naples (credit: G. Galluccio, 2021).

point cloud (Figg. 5, 6). Before modelling, a BIM Execution Plan (BEP) was developed and shared among the interdisciplinary research team, in order to organize, within a single document, the roles and goals of the Information Modelling activity, the Common Data Environment structure (CDE; UNI 11337:2017 – Part 4), the BIM model uses according to the project strategic priorities, the BIM verification rulesets and the digital objects classification. The characterization of digital objects follows UNI 11337:2017 – Part 4 and ISO 19650:2018, which identify Levels of Information Needed (LOIN), i.e. progressive geometric and informational development levels.

Starting from the BIM modelling of the two configurations of the site, (related to the Preliminary Plan of 2014 and to the survey data of 2020), the functional program foreseen by the Municipality of Naples was analysed. This included spaces for cultural activities, i.e. exhibitions, conferences and concerts, university residences and facilities, such as restaurants. The Municipality Plan, defined as ‘Scenario 0’ in the research (Fig. 7), was submitted to a first compliance check according to the functional scenario emerged from a GIS analysis of the services in the district according to population density and characteristics, but also according to the transformations occurred in the area and the city between 2014 and 2020, especially referring to the realization of the University Campus in the ex-Cirio site of San Giovanni a Teduccio. The compliance check highlighted two main categories of criticalities: 1) Accessibility and parking (inadequate collocation and insufficient number of parking areas, inadequate accessibility to the Lot in terms of quantity and vehicular/pedestrian flows interference); 2) Destination of use (related to the type of functions envisaged, their collocation and dimensional, regulatory and distribution aspects of the spaces).

Group 9 building analysis (allocated to catering activities in ‘Scenario 0’) is particularly illustrative of the experimentation carried out. The main critical points concerned the kitchen area: locat-

ed along a wall bordering an adjacent building, it was planned on the ground floor, below an additional restaurant room on an upper level to be build. In this way, however, the unit did not have direct exits to the outside; openings were scarce, nor was there any possibility of creating new ones, preventing ventilation and natural lighting; chimneys would have spoiled the surrounding buildings, since the unit was enclosed on three sides by adjacent volumes; finally, the absence of road access would have meant that the loading/unloading of goods would have taken place at the very entrance to the restaurant, i.e. on what is considered the main axis of the entire Lot.

The model was checked by means of the Solibri Model Checker software (Fig. 8) which, following the ruleset definition, revealed further criticalities first ignored in the ‘manual’ analysis. In particular, the ruleset includes Italian legislation about accessibility (Ministerial Decree 236/1989), fire prevention (Ministerial Decree 11/04/1996, Presidential Decree 151/2011, Ministerial Decree 08/11/2019), health and hygiene (D.C.C. 46/2001). The analysis revealed, therefore, the inadequacy of the air/light ratio of the restaurant room, the kitchen and the bar room, underlining the need for new openings. Similarly, for some functions, such as storage, the organization of spaces has provided excessive room compared to the actual need, against other functional units. With a view to an overall reorganisation of the functions within the area and in compliance with the requests expressed by the Municipality, it was therefore decided to relocate the catering activity to Building 7. In this new position, the restaurant would overlook a ‘service axis’, to be used as a loading/unloading area for goods; it might have also been possible to provide the kitchen with both a direct exit to the outside and adequate openings for lighting and natural ventilation. Finally, the chosen building is in a more isolated position than the previous one, allowing the emission of kitchen fumes to be diverted away from adjacent buildings.

The repetition of the procedure for all the

functions foreseen by the City Plan has led to modifications and repositioning within the entire Lot 1, resulting in the production of three internally coherent and comparable design scenarios (Figg. 9-14).

Simulative approaches and multiple scenarios as a decision-making strategy

The adoption of a multi-scenario approach (consistently with the Italian Building Code, D.lgs. 50/2016, art. 23) was possible using modelling and simulation technologies and protocols, usually applied downstream the process, in the early design stage, making it a proper ‘design’ tool to guide decisions. The solutions identified for the re-functionalization of the spaces of the former Corradini industrial complex (Figg. 15-17), although different in their architecture, are consistent with the rulesets adopted and in general provide for: 1) the possibility of leaving some of the functions envisaged in the preliminary project unchanged, optimising their location within the area; 2) the identification of the site as an university accommodation area, so as to configure a functional continuity with the recently completed University Campus of San Giovanni a Teduccio; nonetheless, differently from what was envisaged in the Municipality’s Plan, the accommodations are placed on the upper levels, in compliance with the regulation on minimum standards for university students rooms (D. M. n. 936/2016); 3) the reduction of building under-utilization risks, by new intended uses not envisaged by the Municipality and yet consistent with the actual urban evolution of the neighbourhood, while ensuring a prevalent public direction of the activities in the area.

The ‘Summary scenario’ (Tab. 1) is the result of the decision-making process involving the Department of Architecture of Naples, the STRESS consortium and the Municipality of Naples. Specifically, the ‘Summary scenario’ resumes the functional distribution proposed by ‘Scenario 3’, with the difference that Buildings 8a and 8b are used as a theatre and playroom (as in ‘Scenario 2’). No additional floors are foreseen, as it is not possible to insert windows on a hypothetical second level.

Digital design as a ‘potential, speculative, multiple totality’

The opportunity to dispose, with respect to a specific design problem, of different simulations of possible resolutions through the use of digital technologies and methodologies seems to realize Italo Calvino’s affirmation that «[...] today it is no longer possible to think of a totality that is not potential, speculative, multiple» (Calvino, 1988, p. 85). In redevelopment the building stock, in particular, the possibility of pursuing new intended uses and transformations consistent with the material conditions, the context of reference and the binding regulations through the formulation of comparative scenarios offers an interesting opportunity to rethink the decision-making processes with a view to more effective solutions. This may improve the quality of strategic decisions and start a deep renovation in complex intervention programming and management.

In this sense, digital technology represents a technical and cultural tool that can enable the

identification of new design methodological approaches to mediate this complexity. The experimentation highlights that digital technology does not translate the scope of information technologies into a mere instrumental update, but rather influences and directs decision-making processes and, therefore, must be duly studied and controlled (Perriccioli, 2021). A possible path can be taken in the direction of a conscious use of tech-

nologies in order to position design as a 'figure' and the technique as a 'background', i.e. implementing the design activity as a constant experimentation of tools, methods and protocols, re-configuring, as in the case above, the regulation from limit to design 'engine'.

It emerges, in conclusion, how digitalization does not risk weakening the heuristic content of the design activity, but rather increases its po-

tential. In this perspective, the further development of this research looks to the extension of the adopted methodology for the re-functionalization and distribution (Sydora and Strouli, 2020), to the evaluation of technical hypotheses, in particular with reference to the current regulations on the reduction of natural resources consumption (Minimum Environmental Criteria – Italian D.M. 11/10/2017).

Acknowledgements

The paper is the result of a common reflection of the Authors and of the work of an interdisciplinary Research Group. In any case, the paragraphs 'The case study: Corradini ex-industrial area in Naples (IT)' and 'Simulative approaches and multiple scenarios as a decision-making strategy' are to be attributed to Marina Rigillo; the paragraphs 'Virtual ecosystems for design verification', 'BIM-based code compliance implementation protocols' and 'BIM-based compliance analyses in urban regeneration' are to be attributed to Giuliano Galluccio; the paragraphs 'Digitalization in construction and digitalization's design aspects' and 'Digital design as a potential, speculative, multiple totality' are to be attributed to Sergio Russo Ermolli.

The authors would especially like to thank the scientific coordinator of the PRO-SIT project, Prof. Eng. D. Asprone, Eng. A. Zinno as responsible for the STRESS consortium, the Municipality of Naples for the collaboration and support. The survey activities were carried out by the company Tecno In S.p.A., a partner of STRESS s.c.a.r.l. The BIM modelling activities have been carried out by Archh. E. Guarino, M. C. Napolano (STRESS), L. Pierni and M. Tortora. BIM-based compliance analyses were carried out by Arch. F. Zullo.

Notes

1) For more information, see the webpage: comune.napoli.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/25678 [Accessed 21 October 2021].

2) The research was funded by the Campania Region, as part of the PRO-SIT Project – Sustainability-based design: qualification and computerization in the construction industry, PO FESR 2014-2020 – Specific Objectives 1.2.1 – Expression of interest for the 'realization of technological platforms under the program agreement – High-tech districts, aggregations and public-private laboratories for the strengthening of the scientific and technological potential of the Campania Region', assigned to STRESS s.c.a.r.l. The activity involves among the project partners the Department of Architecture and the Department of Structures for Engineering and Architecture of the 'Federico II' University of Naples, the public-private consortium STRESS s.c.a.r.l. and the Municipality of Naples.

References

Amor, R. and Dimyadi, J. (2021), "The promise of automated compliance checking", in *Developments in the Built Environment*, vol. 5, 100039, pp. 1-9. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100039 [Accessed 21 October 2021].

Attaianese, E. and Rigillo, M. (2021), "Ecological-thinking and collaborative design as agents of our evolving future", in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, Special series vol. 2, pp. 97-101. [Online] Available at: doi.org/10.13128/techne-10690 [Accessed 21 October 2021].

Bateson, E. (1972), *Steps to an Ecology of Mind*, Paladin, St. Albans.

Beach, T. H., Rezgui, Y., Li, H. and Kasim, T. (2015), "A rule-based semantic approach for automated regulatory compliance in the construction sector", in *Expert Systems with Applications*, vol. 42, issue 12, pp. 5219-5231. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.eswa.2015.02.029 [Accessed 21 October 2021].

Bernstein, P. G. (2018), *Architecture Design Data – Practice competency in the era of computation*, Birkhäuser Architecture, Basel.

Block, M. and Galluccio, G. (eds) (2021), *Processi digitali per la gestione degli appalti pubblici – L'impiego del BIM in Italia e Germania | Digital Processes for the management of public procurement – The use of BIM in Italy and Germany*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN).

Calvino, I. (1988), *Lezioni Americane – Sei proposte per il nuovo millennio*, Garzanti, Milano.

Carmo, M. (2012), "Digital Darwinism – Mass Collaboration, Form-Finding, and the Dissolution of Authorship", in *Log*, n. 26, pp. 97-105. [Online] Available at: [jstor.org/stable/41765764](https://www.jstor.org/stable/41765764) [Accessed 21 October 2021].

Deutsch, R. (2015), *Data-Driven Design and Construction – 25 Strategies for Capturing, Analyzing, and Applying Building Data*, Wiley, Hoboken.

Floridi, L. (2014), *The Fourth Revolution – How the Infosphere is Reshaping Human Reality*, Oxford University Press, Oxford.

Garber, R. (2014), *BIM Design – Realising the creative potential of Building Information Modelling*, Wiley, Hoboken.

ISO 19650-1:2018 – *Organization and digitalization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling*.

Kalay, Y. E. (2006), "The impact of information technology on design methods, products and practices", in *Design Studies*, vol. 27, issue 3, pp. 357-380. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.destud.2005.11.001 [Accessed 21 October 2021].

Kensek, K. M. (2014), *Building Information Modeling*, Routledge, London.

Kieran, S. and Timberlake, J. (2003), *Refabricating Architecture – How Manufacturing Methodologies are poised to transform building construction*, McGraw Hill, New York.

Losasso, M. (2015), "Rigenerazione urbana – Prospettive di innovazione | Urban regeneration – Innovative perspectives", in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 10, pp. 4-5. [Online] Available at: doi.org/10.13128/Techne-17492 [Accessed 19 November 2021].

Martins, J. P., Rangel, B. and Abrantes, V. (2016), "Automated Rule-Checking – A tool for Design Development", in *Proceedings of 41st IAHS World Congress – Sustainability and Innovation for the Future, Albufeira, Algarve, Portugal, September 13-16, 2016*, pp. 1-8. [Online] Available at: core.ac.uk/reader/143403202 [Accessed 21 October 2021].

Morin, E. (1977), *La Méthode – La Nature de la Nature*, tome 1, Edition du Seuil, Paris.

Negroponte, N. (1969), "Towards a new Humanism through machines", in *Journal of Architectural Education*, vol. 23, issue 2, pp. 9-12. [Online] Available at: doi.org/10.2307/1423828 [Accessed 21 October 2021].

Nowak, P., Książek, M., Draps, M. and Zawistowski, J. (2016), "Decision Making with Use of Building Information Modeling", in *Procedia Engineering*, vol. 153, pp. 519-526. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.177 [Accessed 21 October 2021].

Perriccioli, M. (2021), "L'alleanza tra ecologia e cibernetica per una nuova scienza del progetto | The alliance between ecology and cybernetics for a new design science", in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 21, pp. 88-93. [Online] Available at: doi.org/10.13128/techne-9855 [Accessed 19 November 2021].

Picon, A. (2010), *Culture numérique et architecture – Une introduction*, Birkhäuser, Basel.

Russo Ermolli, S. (2020), *The Digital Culture of Architecture – Note sul cambiamento cognitivo e tecnico tra continuità e rottura | Notes on cognitive and technical change between continuity and disruption*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN).

Sassoon, E. (2018), *I nostri futuri possibili – Gli scenari a medio e lungo termine per tecnologia, economia, finanza e imprese*, Mind Edizioni, Milano.

Sheer, D. R. (2014), *The Death of Drawing – Architecture in the Age of Simulation*, Routledge, London.

Sydora, C. and Strouli, E. (2020), "Rule-based compliance checking and generative design for building interiors using BIM", in *Automation in Construction*, vol. 120, 103368, pp. 1-23. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103368 [Accessed 04 November 2021].

Susskind, R. and Susskind, D. (2015), *The future of the professions – How technology will transform the work of human experts*, Oxford University Press, London.

UNI 11337-4:2017 – *Building and civil engineering works – Digital management of the informative processes – Part 4 – Evolution and development of information within models, documents and objects*.

UNI 11337-5:2017 – *Building and civil engineering works – Digital management of the informative processes – Part 5 – Informative flows in the digital processes*.

UNI 8290-1:1981 + A122:1983 – *Residential building – Building elements – Classification and terminology*.

UNI/TR 11337-6:2017 – *Building and civil engineering works – Digital management of the informative processes – Part 6 – Guidance to redaction the informative specific information*.