Processi digitali di gestione dell'informazione per il supporto alle decisioni nel progetto

Sperimentazione di una metodologia data-driven per la verifica della conformità normativa

Università degli Studi di Napoli "Federico II"
DiARC | Dipartimento di Architettura

Dottorato di Ricerca in Architettura - XXXIV CICLO
Coordinatore del Dottorato di Ricerca Prof. Arch. Fabio Mangone

Area tematica Tecnologie Sostenibili, Recupero e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente
Settore disciplinare Tecnologia dell'Architettura | ICAR/12

Relatore Prof. Arch. Sergio Russo Ermolli | DiARC - sergio.russoermolli@unina.it
Dottorando Dott. Arch. Giuliano Galluccio | DiARC - giuliano.galluccio@unina.it

Anno Accademico 2019-2021

dipartimento di architettura
università degli studi di napoli federico II
scuola politecnica e delle scienze di base

D•ARC

In copertina:

Vera Molnàr, *Interruptions*, 1968-69, Parigi.
Segni grafici ad inchiostro generati da un computer connesso ad una stampante Benson.

COLLEGIO DEI DOCENTI | XXXIV ciclo

Antonio Acierno

Adelina Picone

Roberta Amirante

Alfredo Buccaro

Massimiliano Campi

Renato Capozzi

Maria Cerreta

Valeria D'Ambrosio

Pasquale De Toro

Antonella di Luggo

Riccardo Florio

Carlo Gasparrini

Ferruccio Izzo

Laura Lieto

Mario Losasso

Andrea Maglio

Fabio Mangone (coordinatore)

Pasquale Miano

Lilia Pagano

Maria Federica Palestino

Renata Picone

Maria Rita Pinto

Carmine Piscopo

Sergio Pone

Michelangelo Russo

Valentina Russo

Sergio Russo Ermolli

Maria Rosaria Santangelo

Paola Scala

Processi digitali di gestione dell'informazione per il supporto alle decisioni nel progetto

Sperimentazione di una metodologia data-driven per la verifica della conformità normativa

Università degli Studi di Napoli "Federico II"
DiARC | Dipartimento di Architettura

Dottorato di Ricerca in Architettura - XXXIV CICLO
Coordinatore del Dottorato di Ricerca Prof. Arch. Fabio Mangone

Area tematica Tecnologie Sostenibili, Recupero e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente
Settore disciplinare Tecnologia dell'Architettura | ICAR/12

Relatore Prof. Arch. Sergio Russo Ermolli | DiARC - russermo@unina.it
Dottorando Dott. Arch. Giuliano Galluccio | DiARC - giuliano.galluccio@unina.it

Anno Accademico 2019-2021

dipartimento di architettura
università degli studi di napoli federico II
scuola politecnica e delle scienze di base

RINGRAZIAMENTI

Al Prof. Arch. Sergio Russo Ermolli, per la fiducia accordatami, il sostegno costante, il supporto imprescindibile e l'esempio di curiosità, educazione, pazienza, rigore, serietà che rappresenta per studenti, ricercatori, docenti e, soprattutto, per me.

Al Prof. Arch. Mario Losasso, riferimento insostituibile della mia formazione universitaria.

Al Prof. Arch. Massimo Perriccioli, per il contagioso entusiasmo e la passione trasmessa verso la ricerca.

Alla Prof.ssa Arch. Marina Rigillo, per la gentilezza, la generosa disponibilità e i preziosi consigli.

Al Prof. Ing. Domenico Asprone e all'Ing. Alberto Zinno, per la fiducia e il supporto.

Al Prof. Arch. Andrea Campioli, i cui consigli e il cui lavoro sono stati una fondamentale ispirazione.

Alla Prof.ssa Arch. Monica Rossi-Schwarzenbeck, per la disponibilità e la fiducia.

Al Prof. Arch. Roberto Ruggiero, per la stima concessami.

Ai Proff. Paola Ascione, Erminia Attaianese, Mariangela Bellomo, Alessandro Claudi De Saint-Mihiel, Valeria D'Ambrosio, Paola De Joanna, Antonella Falotico, Mattia Federico Leone e Pietro Nunziante, per l'attenzione e la premura dimostratami.
A Eduardo Bassolino, Anita Bianco, Marina Block, Federica Dell'Acqua, Jenine Principe, Enza Tersigni per l'amicizia, l'affetto sincero e i preziosissimi suggerimenti.

Agli Archh. Bernard Plattner, Stefano Giorgio Marrano, Antonio Nizza, Elisabetta Trezzani, Paolo Pelanda e Giuseppe Semprini del Renzo Piano Building Workshop, per la disinteressata generosità, la gentilezza e la dedizione che hanno offerto allo svolgimento della ricerca.

A Domenico Vitiello e Elsa Garzone, per gli indimenticabili insegnamenti.

A Fabrizia, Ivana, Giovanni, Giuseppina, Giovangiuseppe, Sara, e tutti gli amici e colleghi dottorandi, a cui va il mio in bocca al lupo.

A Fiorella, Eufemia, Lucia, Mariella, Martina, Roberta, i cui contributi sono stati essenziali per la stesura del lavoro dottorale.

Agli amici e colleghi Giancarlo, Carla e Angelo, Dario, Maria Vittoria, Rosa, Silvia.

A Andrea e Flavio.

Ai miei amici: Andrea, Antonella, Antonio, Barbara, Carmine, Clelia, Domenico, Fabrizio Andrea, Federica, Gianluca, Raffaele, Rosario.
A Andrea, Davide, Francesca, Giovanna, Vincenzo e la piccola Lara.

A G. P., ovunque sia.

A Antonella, Pasquale, Claudio, Giulia, Anna, Fabio, Maria, Giacomo e la piccola Giulia, per avermi accolto.

Ai miei genitori, per la discrezione, la pazienza, la premura, la presenza, il sacrificio.
A Carla e Rosa, brillanti ricercatrici, insostituibili confidenti. A Salvatore, per la sua intelligenza sagace. A Simone, che più cresce e più mi insegna.

A Roberta, il mio sorriso.

Indice

Abstract 13
Keywords 13
Acronimi e abbreviazioni 15

INTRODUZIONE

Background 18
Domanda di ricerca 20
Contesto e obiettivi 21
Approccio metodologico e struttura della tesi 23
Posizionamento scientifico e ricadute applicative 27

Note
Reference

1. **DIGITALIZZAZIONE, INFORMAZIONE, PROGETTO**
Ricadute culturali e tecniche della trasformazione data-driven dei processi

Introduzione al capitolo

1.1 Progettare nell'"infosfera": le ICT come dispositivi cognitivi per i processi decisionali 39
1.1.1 Informazione e digitalizzazione nella "società delle mangrovie" 39
1.1.2 Informazione tra analogico, computerized e computer-aided 41
1.1.3 Informazione tra materialità e immaterialità 42

1.2 Policy per la trasformazione digitale dei processi 46
1.2.1 Il "valore" culturale e tecnico del dato nel settore AECO 46
1.2.2 Paradigmi tecnologici e procedure digitali di gestione dell'informazione 47

1.3 Il ruolo del progettista come decision-maker nei processi digitali 51
1.3.1 Authorship e automazione nella cultura digitale del progetto 51
1.3.2 Il processo tra mezzo e fine: la "cucina del progetto" 52
1.3.3 Digitalizzazione e nuove modalità decisionali 53

Note
Reference

2. **PROCESSI DIGITALI DI GESTIONE DELL'INFORMAZIONE**
Approcci data-driven per il supporto alle decisioni nel progetto

Introduzione al capitolo

2.1 Processi decisionali "tailor-made": standardizzazione e personalizzazione di procedure e prodotti 71
2.1.1 Caratteri "predigitali" e barriere culturali della trasformazione digitale 71
2.1.2 Metodi non-standard per la customizzazione dei processi decisionali 71
2.1.3 Esempi di approcci decisionali data-driven. Il "pensiero delle differenze" tra standardizzazione e personalizzazione 73

Box 1 Jackson Green Housing, GRO Architects
Box 2 Stavros Niarchos Foundation Cultural Center, Renzo Piano Building Workshop

2.2 Processi decisionali "simulativi" per la valutazione di eco-efficienza del ciclo di vita 82
2.2.1 Digitalizzazione e continuità informativa tra reale e virtuale 82
2.2.2 Procedure digitali simulative per l'ottimizzazione prestazionale 83
2.2.3 Esempi di approcci decisionali data-driven. Anticipazione e previsione per scelte progettuali eco-orientate 85

Box 3 Engineering Research Center, KieranTimberlake
Box 4 Kathleen Grimm School, Skidmore, Owings & Merrill

2.3 Processi decisionali "computazionali" per la generazione automatizzata di alternative progettuali 94
2.3.1 La trasformazione digitale del progetto tra informatica e informazione 94
2.3.2 Criticità dei sistemi generativi per il decision-making 96
2.3.3 Esempi di approcci decisionali data-driven. Processi automatizzati a supporto dell'euristica 97

Box 5 Quartiere di Alkmaar, Van Wijnen + The Living
Box 6 MaRS Office, The Living
Box 7 Tabelle sinottiche

Note
Reference

3. **UNA METODOLOGIA DECISIONALE DATA-DRIVEN PER LA VERIFICA DI CONFORMITÀ NORMATIVA**
Il caso studio dell'area ex-industriale Corradini, Napoli

Introduzione al capitolo

3.1 Il contesto legislativo della sperimentazione: processi digitali per scenari eco-orientati secondo il Nuovo Codice Appalti 119
3.1.1 Approcci decisionali basati sul confronto di alternative progettuali nel PFTE 119
3.1.2 Introduzione dei processi data-driven nella legislazione italiana 121
3.1.3 I Criteri Ambientali Minimi per la eco-efficienza del ciclo di vita 128

3.2 Il contesto applicativo della sperimentazione: l'area ex-industriale Corradini, Napoli 131
3.2.1 La cornice scientifica della ricerca: il progetto PROSIT 131
3.2.2 Il quartiere di San Giovanni a Teduccio, Napoli 133
3.2.3 Il PFTE del Comune di Napoli per l'area ex-Corradini: previsioni e criticità 136

3.3 Una metodologia data-driven per il supporto alle decisioni basata su verifiche di conformità normativa 144
3.3.1 Definizione del protocollo di Information Management per la verifica di conformità 144
3.3.2 Approcci decisionali "tailor-made": procedure di conformità normativa BIM per la verifica ex ante delle alternative progettuali 150

Box 8 Verifica di compliance - Scenari funzionali

3.3.3 Approcci decisionali "computazionali": elaborazione e verifica automatizzata della conformità delle alternative progettuali 156

Box 9 Verifica di compliance - Scenari distributivi e tecnologici

3.3.4 Approcci decisionali "simulativi": verifiche di conformità data-driven per l'eco-efficienza del ciclo di vita alla scala del prodotto 159

Box 10 Verifica di compliance - Scenari di prodotto
Box 11 Tabelle integrate di processo

Note
Reference

4. **PROCEDURE DI VERIFICA NORMATIVA NEL PROGETTO DI RIGENERAZIONE URBANA**
Esiti sperimentali e ricadute applicative della metodologia

Introduzione al capitolo

4.1 Attività preliminari: rilievo del sito e modellazione informativa BIM 179
4.1.1 Restituzione dello stato di fatto mediante rilievo fotogrammetrico 179
4.1.2 Implementazione di flussi informativi digitali in ambiente BIM 181
4.1.3 Processi di virtualizzazione informativa del costruito 184

4.2 Strategie di rifunzionalizzazione basate su verifiche di conformità in ambiente BIM 192
4.2.1 Criticità riscontrate nel PFTE del Comune attraverso processi digitali di verifica 192
4.2.2 Esemplificazione della metodologia per la verifica di conformità normativa 193
4.2.3 Proposta progettuale per la rifunzionalizzazione del Lotto 1, area ex-Corradini 200

4.3 Processi computazionali per la generazione e verifica delle alternative progettuali 222
4.3.1 Elaborazione di scenari distributivi mediante procedure algoritmiche 222
4.3.2 Verifica di Code Checking in ambiente BIM 225
4.3.3 Prospettive per la verifica CAM delle soluzioni tecnologiche attraverso VPL in ambiente BIM 230

4.4 Valutazione data-driven del ciclo di vita alla scala del prodotto 234
4.4.1 Integrazione tra software di modellazione informative e strumenti digitali LC-oriented 234
4.4.2 Verifiche di conformità alla scala del prodotto 238
4.4.3 Criticità metodologiche e sperimentali 242

CONCLUSIONI

Risultati della ricerca e prospettive di sviluppo 258
Riconoscimenti 261

ANNEX

1. Questionario preliminare interno al gruppo di ricerca PROSIT per la valutazione della "maturità digitale"
2. Piano di gestione Informativa - Modellazione informativa dello stato di fatto, area ex-industriale Corradini, Napoli - Lotto 1
3. Tabelle per di Model Checking per la verifica di conformità geometrico-informativa in ambiente BIM

Two roads diverged in a yellow wood,
And sorry I could not travel both
And be one traveler, long I stood
And looked down one as far as I could
To where it bent in the undergrowth
[…]

Due strade divergevano in un bosco ingiallito,
e dispiaciuto di non poterle entrambe percorrere
ed essendo un unico viaggiatore, a lungo ho sostato
e ne ho osservata una, giù, più lontano che potevo
fino a dove curvava nel sottobosco
[…]

Robert Frost, "The road not Taken", *Mountain Interval*, 1916.

Abstract

Nell'ambito della digitalizzazione del settore AECO, l'efficacia delle decisioni nel progetto è sempre più dipendente dalle modalità di gestione delle informazioni. In particolare, lo sviluppo delle ICT, delle piattaforme BIM-based e dei sistemi computazionali assume un ruolo rilevante nelle modalità di formulazione delle scelte progettuali, che risultano strettamente connesse alle tecnologie impiegate per l'acquisizione ed elaborazione dei dati, alle procedure adottate, a partire dai dati collezionati, per l'organizzazione e la trasmissione delle informazioni e agli approcci di implementazione di tecnologie e procedure per il supporto alle decisioni.
La crescente automatizzazione nelle tecnologie informazionali contribuisce ad ampliare la dimensione dell'azione di prefigurazione progettuale, e richiede perciò l'individuazione di strategie finalizzate a indirizzarne la complessità nell'attività decisionale ed euristica.
In tal senso, una possibile strada nell'adozione di tecnologie e procedure data-driven per la gestione delle informazioni nel progetto è rappresentata dall'impiego di processi digitali di verifica di conformità normativa per l'elaborazione di scenari progettuali.
Il lavoro di ricerca sperimenta, in particolare, le possibilità e le criticità di una metodologia decisionale basata sull'impiego di procedure di *compliance* nelle prime fasi del progetto, configurando un protocollo "su misura" di Information Management finalizzato a tradurre in sistemi di regole le informazioni del progetto e in parametri informativi i requisiti normativi, la cui sovrapposizione costituisce di volta in volta i criteri sui quali basare la conformità delle alternative progettuali.
Il contesto applicativo della sperimentazione è il progetto di rigenerazione urbana dell'area ex-industriale Corradini di Napoli, nel quartiere di San Giovanni a Teduccio, che rappresenta un caso di studio di elevata complessità, relativa sia alle condizioni di abbandono, degrado e contaminazione del sito, che di incertezza informativa.
L'applicazione della metodologia è orientata alla messa a punto di protocolli decisionali per la PA che consentano di verificare e aggiornare il progetto esistente per l'area, al fine di aumentare le possibilità di successo delle previsioni rispetto alla compatibilità delle scelte con le caratteristiche dei fabbricati, le esigenze del quartiere e il quadro normativo di riferimento.
I risultati della sperimentazione dimostrano come la metodologia possa rivelarsi in grado, soprattutto nell'ambito della riconversione del patrimonio costruito, di riadattarsi secondo tolleranze controllabili rispetto alla quantità e attendibilità delle informazioni, rendendola perciò un dispositivo potenzialmente utile sia nelle fasi di impostazione delle scelte progettuali, che in quelle più avanzate.

Keywords
BIM; Informazione; Processi decisionali; Verifica normativa; Rigenerazione Urbana.

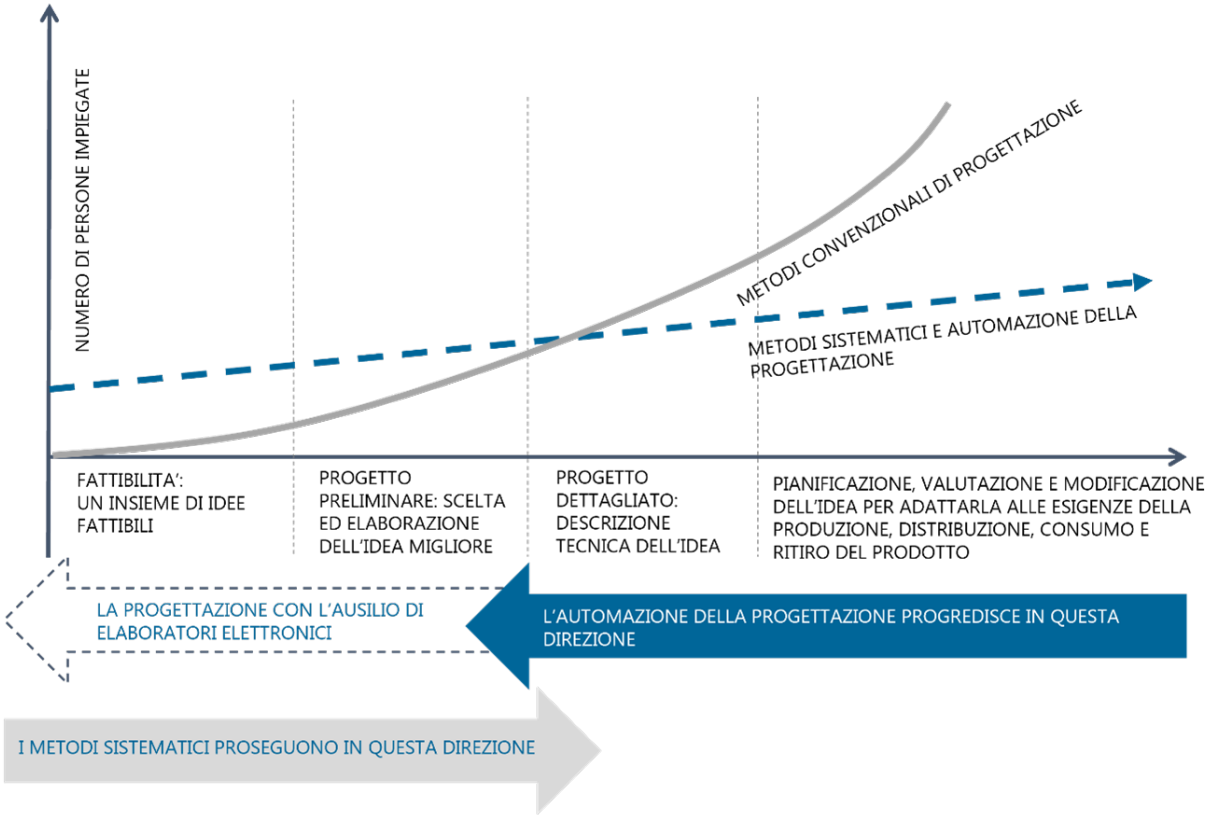
Acronimi e abbreviazioni

ACDat	Ambiente di Condivisione Dati
ACDoc	Ambiente di Condivisione Documenti
AECO	Architecture, Construction, Engineering and Operation
AI/IA	Artificial Intelligence/ Intelligenza Artificiale
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
CAM	Criteri Ambientali Minimi
CD	Clash Detection
C/MC	Code/Model Checking
GIS	Geographic Information System
ICT	Information and Communication Technologies
LCA/T	Life Cycle Assessment/Thinking
LOD	Level Of Definition
LOG	Level Of Geometry
LOI	Level Of Information
LOIN	Level Of Information Need
MTC	Mathematical Theory of Communication
NURBS	Non Uniform Rational Basis-Splines
PA	Pubblica/he Amministrazione/i
PFTE	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica
PGI	Piano di Gestione Informativa
VPL	Visual Programming Language

INTRODUZIONE

Background

La portata del fenomeno digitale in architettura pone la necessità di avviare una riflessione sugli impatti che la gestione digitalizzata dell'informazione ha sui processi decisionali alla base delle scelte e degli esiti progettuali.
Osservando i cambiamenti innescati dall'introduzione di tecnologie data-driven nel settore delle costruzioni (BIM, Realtà Virtuale e Aumentata, Intelligenza Artificiale, Digital Manufacturing, ecc.; Sassoon, 2018) è innanzitutto possibile ravvisare l'opportunità, lungamente anelata (Losasso, 2010), di una radicale riconfigurazione del sistema delle costruzioni e dell'intera struttura della sua filiera (Kieran & Timberlake, 2003), che coinvolge tutti gli operatori in campo, le loro competenze e le loro reciproche relazioni (Susskind & Susskind, 2015).
A seguito dello sviluppo delle ICT e delle piattaforme BIM-based, il dato ha perciò assunto un valore di asset strategico nell'organizzazione dei processi progettuali e nell'ottimizzazione dei flussi informativi tra gli attori coinvolti (Deutsch, 2015). La gestione digitale dell'informazione è oggi al centro di un ampio quadro di protocolli e direttive che mirano a regolare e 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. L'implementazione di metodologie BIM-based attraverso l'uso di piattaforme di raccolta e gestione di grandi quantità di dati (Garber, 2014) è infatti riconosciuta come la principale via per l'integrazione delle informazioni e dei processi in riferimento all'intero ciclo di vita di un edificio o di un suo componente, per il miglioramento della comunicazione tra i vari attori coinvolti nel processo e per la gestione di quest'ultimo in modo integrato e coerente, al fine di ridurre degli sprechi e, in generale, aumentare l'efficienza complessiva di processi e prodotti (Kalay, 2006).
Nell'ambito del progetto di architettura, in particolare, è possibile osservare che la transizione digitale sta producendo non solo un semplice aggiornamento delle risorse umane e strumentali degli operatori tradizionali, ma una vera e propria trasformazione culturale (Picon, 2010).
Tecnologie e procedure BIM-oriented stanno evolvendosi, infatti, 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 evidente sulle modalità di implementazione e sui risultati dei processi di "costruzione" delle scelte di progetto (Nowak et al., 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 livelli di complessità che risultano proporzionali ai livelli decisionali e logici del processo progettuale.
L'evoluzione della sintassi dei sistemi BIM-oriented apre a un approccio sistemico al progetto architettonico, cioè caratterizzato da simultaneità, integrazione, anticipazione, simulazione (Russo Ermolli, 2020). 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; UNI EN 17412-1), che modifica le tradizionali cognizioni fondate su rapporti di scala, in favore di un paradigma simulativo, sia per la struttura geometrica che per i contenuti informativi (Sheer, 2014), definendo ecosistemi digitalizzati in cui il processo decisionale avviene in un rapporto interattivo tra progettista e tecnologie digitali (Negroponte, 1969).
In tal senso, la scelta degli strumenti, l'organizzazione del lavoro e il ruolo stesso del progettista effettivamente dipendono, in maniera sempre più evidente, dalle strategie messe in atto di elaborazione, trasmissione e organizzazione delle informazioni all'interno del progetto. Queste condizioni concorrono a delineare il digitale come *milieu* della formazione delle scelte progettuali, in quanto in grado di fornire, proprio a partire dalle aumentate capacità di acquisire, misurare e scambiare dati, supporto ai processi decisionali attraverso la creazione e valutazione automatizzata di alternative progettuali.
Le tecnologie digitali ripropongono la questione relativa alla finalizzazione di apporti eteronomi alla realizzazione del progetto mantenendo costante il livello creativo della sua ideazione, piuttosto che «*esprimersi attraverso isolate intuizioni e verifiche numeriche secondo una interpretazione meccanicistica della razionalità*» (Zanuso, 1993).



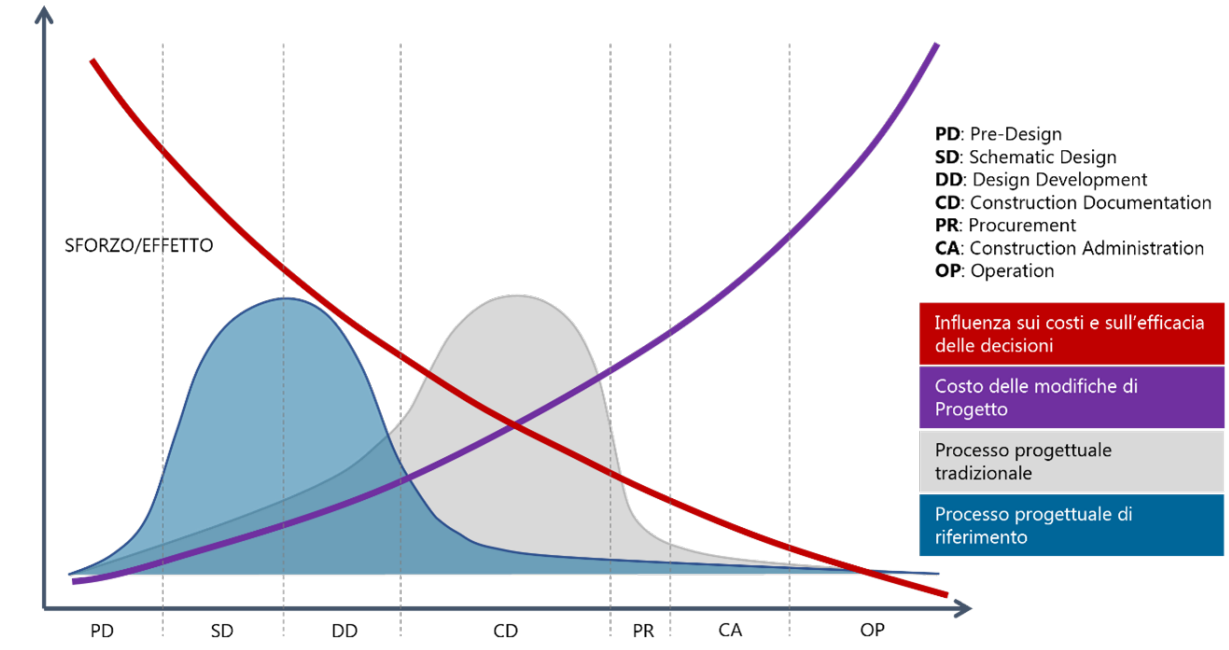


Fig. 1 - In alto: Jones C. J. (1966), "Tactics" in Design, 213, In Susani, G. (1967), Scienza e Progetto, Marsilio, Venezia, p. 75. In basso: MacLeamy, 2004.

I sistemi computazionali svolgono scelte complesse in maniera apparentemente semplice, certamente rapida ed "esprimendosi" in un linguaggio quantitativo, scientifico ma, soprattutto, difficilmente decodificabile al di fuori degli stessi sistemi. Ciononostante, l'impossibilità di ridurre l'attività decisionale del progetto, in cui convergono i fattori "irrazionali" della scienza e quelli "razionali dell'arte" (Nardi, 1991), alla mera applicazione di protocolli automatici determina la necessità 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, ossia in maniera deterministica, l'efficacia delle scelte progettuali (Bernstein, 2018). Non essendo l'attività progettuale un processo lineare, che procede sequenzialmente da un inizio a una fine, qualsiasi approccio decisionale non può che costruirsi nell'accettazione delle incertezze e negli errori, della necessità del ripensamento e della ricorsività del percorso del pensiero progettuale, nell'introduzione e aggiornamento dei dati e delle informazioni di partenza e, perciò nell'individuazione di metodi di controllo che consentano di avanzare e scartare ipotesi in maniera iterativa (Raitieri, 2014).

Domanda di ricerca

La domanda di ricerca è rivolta a indagare modalità, potenzialità e criticità dell'impiego di tecnologie e procedure data-driven come strumenti di supporto decisionale nel progetto, investigando le relazioni tra sviluppo tecnico e ricadute culturali, i diversi approcci al progetto che ne derivano e le rispettive ricadute nella riconfigurazione di ruoli e processi e, infine, i possibili indirizzi metodologici per l'applicazione di metodologie decisionali basate su strategie di Information Management.
La ricerca, in tal senso, si sviluppa nel tentativo di approfondire tre questioni specifiche:

1. *Quali aspetti connotano la trasformazione data-driven in architettura come fenomeno culturale e quali ricadute essi determinano sui processi decisionali nel progetto?*

A questa prima domanda si è provato a dare risposta nel primo capitolo della trattazione, mediante una lettura critica e incrociata di una selezione di riferimenti bibliografici che, a partire dall'inquadramento della questione dell'informazione nell'"era digitale", tenta di ricollocare la digitalizzazione dei processi in architettura in un più ampio quadro di trasformazioni culturali, tecnologiche e sociali.

2. *Quali aspetti e quali criticità caratterizzano i possibili approcci decisionali al progetto basati sull'impiego di tecnologie e procedure data-driven?*

A questa seconda domanda si è provato a dare risposta nel secondo capitolo della trattazione, mediante l'illustrazione di tre approcci data-driven per l'elaborazione e valutazione di alternative progettuali, contestualizzandoli attraverso la lettura analitica di exempla progettuali ed evidenziandone gli aspetti di maggiore criticità.

3. *In che modo è possibile sviluppare specifici approcci decisionali data-driven che consentano di migliorare l'efficacia dell'elaborazione di alternative progettuali?*

A quest'ultima domanda si è provato a dare risposta nel terzo e quarto capitolo della trattazione, sperimentando una metodologia di Information Management per il supporto alle decisioni basata sulla definizione di protocolli informazionali di conformità normativa per l'elaborazione e il controllo delle alternative progettuali, nel contesto del progetto di rigenerazione urbana dell'area ex-industriale Corradini di Napoli.

Contesto e obiettivi

Il lavoro di ricerca si inserisce all'interno di un contesto di importanti trasformazioni dell'attività progettuale, sotto il profilo culturale, tecnico e normativo.
Sotto quest'ultimo aspetto, in particolare, in cui la portata delle ricadute tecniche della transizione digitale corrisponde, soprattutto in Italia, ad aggiornamenti del quadro legislativo volti ad avviare una "ristrutturazione" dei flussi informativi nel settore delle costruzioni e un efficientamento delle modalità di elaborazione, verifica e attuazione del progetto.
Il Nuovo Codice Appalti (D.lgs. 50/2016), recependo la direttiva europea 24/2014 sugli appalti pubblici, introduce in particolare all'art. 23 ("Livelli della progettazione per gli appalti, per le concessioni di lavori nonché per i servizi") due principali novità.
La prima, al comma 5, riguarda l'elaborazione, in luogo del Progetto Preliminare (DPR 8 giugno 2001, n. 327), del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica - PFTE , che si caratterizza per l'individuazione, tra più soluzioni, quella che presenta il miglior rapporto tra costi e benefici per la collettività, in relazione alle specifiche esigenze da soddisfare e prestazioni da fornire. Il PFTE, preceduto da un Documento di Fattibilità delle Alternative Progettuali, individua le alternative progettuali non solo a partire da specifici studi, ma soprattutto rispetto alle loro caratteristiche dimensionali, volumetriche, tipologiche, funzionali e tecnologiche, invitando ad adoperare un approccio "sartoriale[1]".
La seconda, al comma 13, riguarda la possibilità, da parte delle Stazioni Appaltanti, di richiedere per le nuove opere nonché per interventi di recupero, riqualificazione o varianti, prioritariamente per i lavori complessi, l'uso dei "metodi e strumenti elettronici specifici", ossia di tecnologie e procedure BIM-based, esclusivamente mediante piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, la cui adozione costituisce parametro di valutazione dei requisiti premianti in sede di offerta tecnica.
Le modalità e i tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà dei suddetti metodi presso le stazioni appaltanti sono indicate dal DM 560/2017 (Decreto "Baratono"), che dispone il vincolo dell'impiego del BIM negli appalti pubblici secondo soglie di importi progressive e riporta, inoltre, la definizione di alcuni elementi caratterizzanti i processi BIM e più ampiamente descritti all'interno della UNI 11337:2017 ("Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni"), quali, ad esempio, il Capitolato Informativo, il piano di Gestione Informativa e l'Ambiente di Condivisione Dati/Documenti.
A prescindere dagli importi, invece, il Codice Appalti introduce, all'art. 34 ("Criteri di sostenibilità energetica e ambientale"), l'obbligo di inserimento, nella documentazione progettuale e di gara, almeno delle specifiche tecniche contenute nei Criteri Ambientali Minimi (CAM - DM 11 ottobre 2017). I CAM costituiscono un sistema di requisiti ambientali definiti per le varie fasi del processo edilizio, volti a individuare la soluzione progettuale, il prodotto o il servizio migliore sotto il profilo ambientale lungo il ciclo di vita, tenuto conto della disponibilità di mercato.
In tal senso, emerge come il Codice esprima la necessità soprattutto di migliorare le modalità di organizzazione delle informazioni nel processo edilizio e, in particolare, di stabilire criteri di controllo per l'elaborazione e valutazione del progetto che, tra le diverse alternative e scenari possibili, consentano di indirizzare i processi decisionali in maniera oggettiva e consapevole.
In questa direzione, perciò, la tesi intende sperimentare un approccio al decision-making basato sulla definizione di possibili scenari progettuali compatibili con un sistema di regole prefissato e che, pertanto, non è volto a individuare una soluzione univoca al problema progettuale, ma piuttosto mira a interpretare le potenzialità generative del digitale a supporto della componente euristica del progetto.
In tal senso, l'obiettivo del lavoro di ricerca è di definire una processualità che, applicata a interventi in ambiti complessi (come nel caso del patrimonio costruito), consenta di orientare l'esplorazione e la scelta di opzioni all'interno di una dimensione progettuale quanto più possibile compatibile con i contesti di riferimento secondo molteplici aspetti (ambientali, economici, sociali, tecnici, urbani, ecc.).
Le possibilità offerte dai sistemi BIM-based di tradurre tali aspetti in termini informazionali, ad esempio come parametri fisici o dimensionali, permette il confronto delle ipotesi di progetto con i requisiti normativi, garantendo la fattibilità degli sviluppi.

La metodologia si configura, pertanto, come un vero e proprio protocollo di Information Management, in cui il "dato" assume un valore strategico per consentire, al variare del sistema di riferimento, sia la sua replicabilità che la sua scalabilità, secondo tolleranze controllabili rispetto alla quantità e attendibilità delle informazioni.
In tal senso, l'attività sperimentale della ricerca si inserisce in un preciso contesto scientifico e progettuale. La sperimentazione si svolge infatti nell'ambito del progetto di ricerca "PROSIT - PROgettare in SostenibilITà: qualificazione e digitalizzazione in edilizia"[2], che vede coinvolti tra i partner di progetto il Dipartimento di Architettura e il Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", il consorzio pubblico-privato STRESS s.c.a.r.l. e il Comune di Napoli, per la definizione di metodologie di progetto in ambiente BIM.
Il caso studio, avente come oggetto il PFTE del Comune di Napoli per il sito della ex Corradini, nella zona orientale della città, si concentra sulla sperimentazione di metodologie per il supporto alle decisioni basate sull'integrazione tra tecniche di rilevamento digitali, modellazione informativa, computational design, sistemi GIS e procedure di Code e Model Checking, con l'obiettivo di elaborare strategie di riqualificazione orientate alla minimizzazione dei rischi di errore nei processi progettuali e guidate da verifiche di compliance multi-parametriche.
La sperimentazione, in particolare, vuole rivolgersi alle PA, sullo sfondo delle attuali politiche in corso di sviluppo sia sul piano europeo che, con un particolare riferimento, nel quadro italiano.
A tal fine, ad un approfondimento teorico basato sulla letteratura di riferimento, il lavoro ha l'obiettivo di fornire esempi di applicazione di protocolli, procedure e strumenti BIM-based avanzati, la cui implementazione rappresenta ormai, sia per i professionisti che per i tecnici impiegati nelle PA, un requisito imprescindibile nello svolgimento della quotidiana attività progettuale.
Nello specifico, in rapporto alla domanda si ricerca la tesi persegue i seguenti obiettivi:

- l'approfondimento delle caratteristiche e le implicazioni culturali della digitalizzazione dei processi sul progetto di architettura, definendo un framework concettuale per la lettura dei processi decisionali data;
- l'identificazione di criticità e potenzialità di possibili approcci decisionali data-driven per il progetto;
- la definizione di un protocollo progettuale per il decision-making nell'ambito di progetti complessi basati sull'implementazione di tecnologie e procedure digitali per la verifica di conformità normativa.

La ricerca, pertanto, persegue la propria utilità nel fornire strumenti di lettura, culturale e tecnica, dei cambiamenti che investono la pratica professionale e che, se non correttamente controllati, rischiano di rappresentare fattori di rallentamento o impedimento all'innovazione della filiera. È in questa prospettiva che la ricerca confronta esperienze progettuali e best practice con le condizioni caratterizzanti il contesto del settore delle costruzioni, al fine di rilevare barriere e prospettive di adattamento di modelli avanzati di processo alla reale configurazione delle strutture di progettazione che, con le loro caratteristiche e differenze, rappresentano il reale stakeholder dell'innovazione digitale. In tal senso, infatti, i modelli analizzati si considerano realmente capaci di migliorare i processi decisionali soltanto se attraverso una trasformazione sistemica dell'intera filiera (Losasso, op.cit.).
Al contrario, un'interpretazione del digitale basata unicamente sui suoi aspetti tecnici rischia di determinare, da un lato, il mancato sfruttamento di un'occasione di arricchimento del progetto; dall'altro, il prevalere delle potenzialità dello strumento in chiave deterministica.

Approccio metodologico e struttura della tesi

Il lavoro di ricerca è improntato al costante raffronto tra attività di studio e di applicazione pratica-progettuale, con l'obiettivo di colmare la distanza, che talvolta emerge nella letteratura scientifica, tra approfondimento speculativo e sperimentazione tecnica.
In questo senso, l'approccio metodologico adottato ha previsto lo studio dei problemi relativi al rapporto tra informazione e decisione nel processo progettuale, secondo quattro piani di indagine tra loro strettamente connessi:

- *Culturale*, volto a ricostruire gli aspetti del fenomeno digitale che ne identificano l'essere un paradigma progettuale, in grado cioè di riconfigurare ruoli, processi e obiettivi dell'attività decisionale;
- *Processuale*, volto a indagare le possibili modalità con cui gli elementi teorici del digitale si trasfondono nell'organizzazione dei processi e negli approcci decisionali del progetto, caratterizzati dall'impiego di tecnologie e procedure digitali che si configurano non solo come strumenti di ottimizzazione dell'attività di gestione del progetto, come vere e proprie componenti euristiche del progetto, approfondendone perciò gli impatti sugli esiti progettuali e gli aspetti di maggiore criticità;
- *Sperimentale*, volto a definire una processualità data-driven per il controllo delle alternative progettuali attraverso meccanismi digitali di informatizzazione dei criteri di progetto e verifica della conformità normativa;
- *Applicativo*, volto a restituire e discutere gli esiti sperimentali della ricerca, gli elementi critici e di dibattito e, soprattutto, di utilità del lavoro.

I primi due ambiti, pertanto, si rivolgono a uno stato dell'arte della letteratura scientifica di riferimento e della prassi progettuale d'esempio; i secondi due, piuttosto, focalizzano la ricerca su un caso di sperimentazione specifico, e sono pertanto orientati a verificare la generalità delle ipotesi e delle considerazioni formulate nella prima parte nell'ambito di un oggetto di studio preciso.
Con l'obiettivo di approfondire le ricadute tecniche, cognitive e culturali della digitalizzazione sul decision-making di progetto, lo studio si è rivolto all'analisi di come i processi di gestione dell'informazione possono determinare diversi approcci decisionali nel progetto, individuando tre aspetti di indagine risalendo alle prime teorizzazioni scientifiche sull'informazione. In particolare, la ricerca trae spunto da quanto Warren Weaver applicava alla Mathematical Theory of Communication - MTC (1949; Floridi, 2010). Weaver, uno dei pionieri della traduzione automatica e coautore con Claude Shannon della Teoria Matematica della Comunicazione, ha proposto un modello tripartito di analisi dell'informazione, in termini di:

- problemi "tecnici", relativi alla quantificazione dell'informazione e all'accuratezza delle modalità di trasferimento dell'informazione;
- problemi "semantici", relativi al contenuto dell'informazione, alla sua capacità di essere interpretata e alle procedure inerenti la corretta elaborazione e trasmissione del suo contenuto in termini di significato;
- problemi "di influenza" (o "di efficacia"), relativi all'impatto dell'informazione sul comportamento dell'utente umano e al successo con il quale il significato trasferito come informazione è in grado di influenzare positivamente le azioni.

L'ipotesi di cui si fonda l'approccio metodologico del lavoro di ricerca dottorale è che sia possibile adoperare tale ripartizione per lo studio dei processi decisionali del progetto, considerato il rapporto tra qualità dell'informazione e qualità dei processi (Sinopoli, op.cit.) e alla luce delle aumentate possibilità di raccogliere, elaborare e trasmettere informazioni offerte dal digitale.
In particolare, il presente studio affronta il problema dell'impatto dei processi di gestione digitale dell'informazione sulle modalità di definizione delle scelte di progetto attraverso:

- l'analisi delle tecnologie disponibili impiegate per la raccolta di dati, la loro organizzazione e la loro trasmissione, ponendo particolare attenzione alle implicazioni relative agli strumenti di modellazione informativa object-based (come, ad esempio, gli applicativi di BIM Authoring) che, contrariamente ai sistemi CAD e NURBS-based, delineano un paradigma progettuale simulativo (Ross Sheer, 2014) che consente di sviluppare approcci progettuali basati non sulla rappresentazione in scala di elementi geometrici simbolici, bensì sulla restituzione di vere e proprie virtualizzazioni "aumentate" dell'ambiente fisico, ricche di informazioni, interrogabili e internamente interrelate secondo rapporti parametrici;

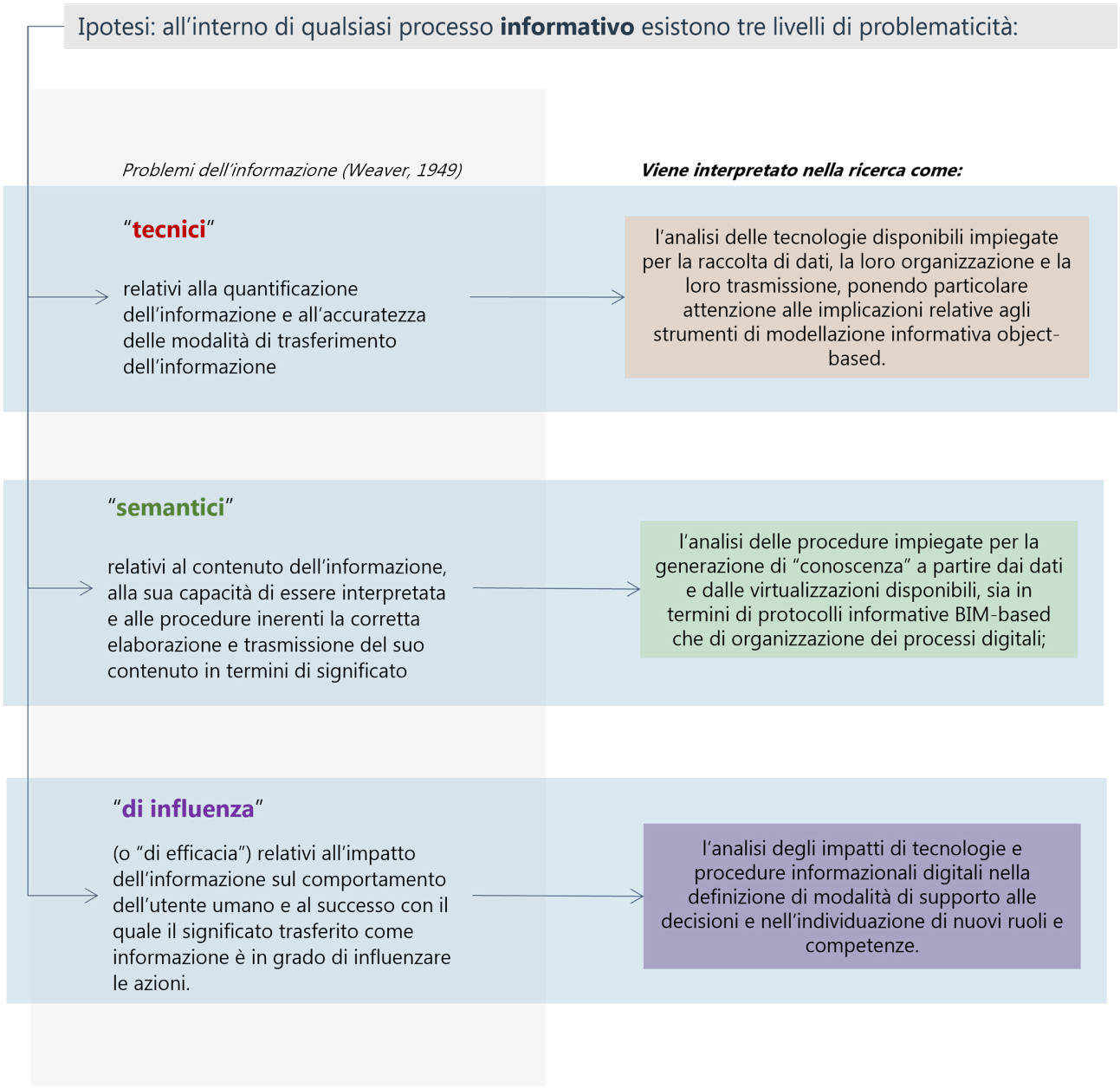


Fig. 2 - Livelli di problematicità dei processi informativi, secondo la MTC.

- l'analisi delle procedure adottate per la generazione di "conoscenza" a partire dai dati e dalle virtualizzazioni disponibili, sia in termini di protocolli informative BIM-based che di organizzazione dei processi digitali, ponendo particolare attenzione al rapporto tra standardizzazione delle procedure di Information Management e specificità progettuali inerenti sia ai singoli contesti di azione che all'organizzazione delle strutture di progettazione;
- l'analisi degli impatti di tecnologie e procedure informazionali digitali nella definizione di approcci di supporto alle decisioni e nell'individuazione di nuovi ruoli e competenze, con una particolare attenzione al rapporto tra crescente peso dell'automazione nello sviluppo delle scelte di progetto e tradizionale autorialità del progettista come decision-maker.

Tale tripartizione rappresenta l'ossatura attorno la quale il lavoro di ricerca dottorale sviluppa i quattro piani di indagine (culturale, processuale, sperimentale, applicativo), coincidenti con i capitoli della tesi stessa.

Il primo capitolo ("DIGITALIZZAZIONE, INFORMAZIONE, PROGETTO. Ricadute culturali e tecniche della trasformazione data-driven dei processi") introduce il contesto teorico e metodologico della ricerca, tentando di offrire una lettura in chiave culturale del fenomeno della digitalizzazione in architettura, a partire dal valore strategico che il dato, grazie allo sviluppo di tecnologie e procedure avanzate, assume come asset all'interno del processo edilizio per il possibile miglioramento del decision-making.

L'approccio metodologico adottato nel capitolo prevede la definizione di un framework concettuale e teorico del rapporto tra digitalizzazione e decisione, attraverso:

1. Lo studio delle ricadute tecniche del digitale sul processo decisionale del progetto a seguito delle possibilità offerte dalla tecnologie data-driven. Il tema del rapporto tra informazione, decisione e progetto viene indagato, nell'ambito della digitalizzazione, attraverso una disamina del percorso teorico che, a partire da approcci disciplinari diversi, individua nell'informazione un valore cardine del fenomeno digitale, tale da impattare sia la realtà materiale che quella immateriale (par. 1.1);
2. Lo studio del rapporto tra nuovi paradigmi tecnologici e procedure di gestione dell'informazione nel settore delle costruzioni, in risposta a una crescente crisi di produttività imputabile proprio all'inefficienza nella gestione dell'informazione all'interno della filiera, con implicazioni negative in termini di qualità, economia, sostenibilità (par. 1.2);
3. Lo studio delle conseguenze che la digitalizzazione e l'informatizzazione dei processi hanno nel riconfigurare le modalità decisionali dei tradizionali attori del progetto. In particolare, è il progettista, in qualità di decision-maker, a subire le trasformazioni di maggiore interesse. La progressiva "cessione" di potere decisionale dall'autore-progettista alla macchina determina infatti che sia ripensato il ruolo dell'architetto, alla luce anche dei limiti che i sistemi computazionali presentano in relazione specialmente all'assenza di capacità semantica rispetto alle soluzioni elaborate (par. 1.3).

Il secondo capitolo ("PROCESSI DIGITALI DI GESTIONE DELL'INFORMAZIONE. Approcci data-driven per il supporto alle decisioni nel progetto") descrive tre modalità di processo decisionale guidato da approcci progettuali digitali, attraverso lo studio di exempla progettuali. Tali esperienze vogliono rappresentare esperienze avanzate paradigmatiche nella pratica del progetto sul tema del rapporto tra processi decisionali basati sulle informazioni e strumenti digitali, e perciò comprendono realizzazioni a scale diverse.

I criteri di lettura dei casi studio si basano sull'approccio metodologico già adottato per il primo capitolo, e pertanto si concentrano su tre livelli di indagine: tecnologie impiegate; procedure implementate; approcci decisionali.

L'approccio metodologico adottato nel capitolo prevede la lettura, basandosi sul framework concettuale e teorico dei processi decisionali elaborato precedentemente, di:

1. Approcci decisionali "tailor made". Il paragrafo approfondisce il rapporto l'evoluzione delle tecnologie digitali per il progetto e la prototipazione rapida, che risulta in un metodo ibrido tra analogico e digitale, basato sull'integrazione tra modellazione fisica e virtuale delle possibili soluzioni progettuali, confrontate con l'ampliata possibilità offerta dalle piattaforme BIM di poter collaborare in maniera interdisciplinare e con la rapidità delle tecnologie file-to-factory per ottenere riscontri fisici delle ipotesi modellate virtualmente. I progetti analizzati sono: Jackson Green Housing, GRO Architects; Stavros Niarchos Cultural Foundation Center, Renzo Piano

Building Workshop (par. 2.1; Box 1 e 2).

2. Approcci decisionali "simulativi". Tale approccio decisionale data-driven nella fase progettuale è basato sull'ottimizzazione delle prestazioni lungo il ciclo di vita del manufatto e dei suoi componenti. Attraverso lo sviluppo e l'implementazione di sistemi ad hoc (come il software Tally3), i casi studio propongono un modello di processo decisionale basato sulla contrazione dei momenti progettuali e sull'implementazione di scelte progettuali orientate dai feedback relativi alle caratteristiche prestazionali ambientali ed energetiche. I progetti analizzati sono: Engineering Research Center, KieranTimberlake; Kathleen Grimm School, Skidmore, Owings & Merrill (par. 2.2; Box 3 e 4).
3. Approcci decisionali "computazionali". L'approccio decisionale data-driven nella fase progettuale è basato sulla creazione automatizzata di migliaia di possibili scenari, tutti compatibili con un set di requisiti prestazionali stabiliti dal progettista. Attraverso lo sviluppo e l'implementazione dell'integrazione tra software di modellazione informativa e linguaggi di programmazione visuale (VPL), il Laboratorio propone un modello di processo decisionale basato sulle potenzialità dell'Intelligenza Artificiale di operare secondo migliaia di processi trial & error, non perseguendo un'unica possibile soluzione, ma esplorando migliaia di possibili alternative a un dato problema generate in maniera automatizzata. I progetti analizzati sono: Quartiere di Alkmaar, Van Wijnen + The Living; MaRS Office, The Living (par. 2.3; Box 5 e 6).

Il terzo capitolo ("UNA METODOLOGIA DECISIONALE DATA-DRIVEN PER LA VERIFICA DI CONFORMITÀ NORMATIVA. Il caso studio dell'area ex-industriale Corradini, Napoli") descrive la definizione di una metodologia BIM-based per il supporto alle decisioni basata sull'impiego di procedure di Compliance normativa per il progetto di rigenerazione urbana, sviluppato nell'ambito del progetto di ricerca PRO-SIT. Rispetto agli approcci precedentemente illustrati, la metodologia definita presenta specifiche problematiche decisionali inerenti al contesto normativo italiano (par. 3.1) alle caratteristiche fisiche del patrimonio costruito, alla possibilità di accesso alle informazioni, alle diverse esigenze di rifunzionalizzazione e retrofit tecnologico compatibili con le caratteristiche stesse dei manufatti (par. 3.2).

Al fine di sperimentare e confrontare le processualità descritte nel capitolo precedente, è stata elaborata una metodologia decisionale basata sull'implementazione di protocolli di Compliance normativa, allo scopo di guidare le scelte progettuali in modo da minimizzare i rischi di errore in fase progettuale e procedere per un approccio per scenari coerenti con l'apparato normativo esistente. La metodologia BIM definita, pertanto, si sviluppa in tre approcci sperimentali: definizione di un protocollo "tailor-made" per la rifunzionalizzazione; progettazione di scenari distributivi mediante sistemi computazionali automatizzati di generazione di alternative; integrazione tra BIM e LCA alla scala di prodotto (par. 3.3).

Il quarto capitolo ("PROCEDURE DI COMPLIANCE PER L'ELABORAZIONE DI ALTERNATIVE NEL PROGETTO DI RIGENERAZIONE URBANA. Esiti sperimentali e ricadute applicative della metodologia") descrive l'applicazione del protocollo precedentemente illustrato al caso studio del Lotto 1 dell'area ex industriale Corradini, Napoli.

Sono descritte in maniera analitica le fasi operazione dell'applicazione della metodologia, a partire dal rilievo e dalla modellazione in ambiente BIM dello stato di fatto e del PFTE del Comune di Napoli, coerentemente con la redazione del Piano di Gestione Informativa (par. 4.1). Il confronto di questi due modelli con le analisi svolte alla scala del quartiere e della normativa di riferimento ha permesso di poter effettuare considerazioni su scenari di rifunzionalizzazione conformi (par. 4.2), consentendo di ripensare per alternative progettuali le scelte fatte dall'amministrazione. Mediante l'utilizzo di strumenti algoritmici, sono state generate e verificate alternative progettuali distributive e sono stati approfonditi gli scenari tecnologici di progetto rispetto ai CAM (par. 4.3). Infine, sono state effettuati studi di progetto eco-orientati di tipo LCA per le configurazioni tecnologiche delle nuove coperture previste in luogo di quelle crollate (par. 4.4), integrando in ambiente BIM strumenti di valutazione dell'impatto ambientale alla scala del prodotto e verificandone le criticità rispetto all'uso nel contesto italiano.

La tesi trova un ultimo momento di riflessione sul lavoro svolto e le potenziali prospettive di sviluppo e replicabilità nelle Conclusioni. A conclusione del lavoro, infine, nella sezione di Annex sono riportati ulteriori documenti elaborati nel corso della ricerca.

Posizionamento scientifico e ricadute applicative

Per Norbert Wiener, il termine "informazione" indica una struttura in grado di determinare l'ordine all'interno di un sistema, in opposizione al concetto di entropia (Wiener, 1948). Questa accezione assume rilevanza nel campo disciplinare della Tecnologia dell'Architettura[4], a partire dagli studi di Ciribini, nel momento in cui «*il progetto diventa meno materiale, la tecnologia amplia l'oggetto del proprio interesse dall' "hard" (materiali, macchinari, …) al "soft" (processi, sistemi di decisioni, retroazioni, ecc.)*[5]». In particolare, ciò mette l'accento sulla relazione nel processo progettuale tra flusso di informazione e atti decisionali, richiedendo che ci sia la possibilità di retroazioni per ottimizzare il processo in itinere (Maggi, 1994) o, come nel caso della presente trattazione, ex ante. Il lavoro di dottorato si posiziona pertanto nell'ambito disciplinare della Tecnologia dell'Architettura, nell'alveo dello studio del rapporto informazione-decisione applicate all'ambito del progetto (Ciribini, 1984).

Nel contesto della trasformazione digitale, il tema assume una nuova complessità, che richiede il ripensamento dei tradizionali approcci al progetto di architettura per poter essere governata (Perriccioli, 2016). La digitalizzazione rappresenta senz'altro, in questi termini, una sfida, che si pone però in evidente continuità con una necessità di cambiamento nelle modalità di pensare il progetto che, negli anni Settanta, già Eduardo Vittoria aveva preconizzato, ponendo al centro dell'educazione progettuale tre ordini di questioni: una nuova definizione dell'architetto e del suo lavoro, in uno scenario caratterizzato da soluzioni pluraliste e non uniformi; la sostituzione di una tecnica della progettazione con una nuova pratica dell'architettura (Russo Ermolli, 2020); infine, «*la restituzione all'esperienza costruttiva della sua potenzialità inventiva, che è continua ricerca di nuove soluzioni operative e non determinazione di leggi ripetitive, fisse e meccaniche*» (Vittoria, 1976). Tali questioni sono oggi al centro del dibattito scientifico della disciplina della Tecnologia dell'Architettura sul digitale.

La tesi approfondisce il tema dell'innovazione del processo progettuale secondo un approccio metodologico che si concentra, in particolare, su uno dei contenuti cardine della Disciplina concernente "la valutazione critica delle alternative di progetto" (DM 29/07/2011, Allegato B, p. 29), ossia gli aspetti concernenti «*ogni possibile prefigurazione circa il ciclo di vita dei manufatti; […] il controllo preventivo circa le alterazioni che ogni opera produce negli scenari ambientali e territoriali; [la] prefigurazione delle attività di gestione dei nuovi assetti che così vengono a determinarsi; [l'] individuazione e controllo ex-ante delle dinamiche indotte in molteplici ambiti e a vari livelli e scale*», in relazione alla «*crescente diffusione e i poderosi sviluppi ascrivibili ad applicazioni, e soprattutto modelli e piattaforme di information technology (e information and communication technology - ICT)» da cui «discendono […] possibilità evolutive per la progettazione architettonica, e per le stesse 'euristiche' di progetto*[6]».

Il lavoro di ricerca vuole fornire una chiave di lettura e un'esemplificazione applicativa di tali "possibilità evolutive" della progettazione in riferimento anche all'attuale contesto normativo italiano, che richiama la necessità di riconfigurare l'approccio al progetto, soprattutto nelle sue fasi iniziali, orientato alla costruzione e valutazione di scenari possibili, non solo per i progettisti ma soprattutto, com'è il caso della presente trattazione, delle PA.

L'approccio della ricerca trattazione è implementato nel perimetro segnato da precisi limiti metodologici, che ne caratterizzano lo sviluppo e la validità. Tali limiti riguardano:

- la scelta di focalizzare lo studio dei processi decisionali di progetto sull'ambito disciplinare dell'architettura, con la consapevolezza che il processo progettuale ed edilizio è necessariamente animato, e in particolar modo in un'ottica BIM-based, dal confronto tra professionalità diverse, afferenti a campi tecnici e specialistici in numero crescente i quali, al loro interno, adottano metodologie e processualità specifiche (Gericke & Blessing, 2011), per le quali l'approccio di analisi sviluppato può ad ogni modo essere esteso;
- la scelta di sistematizzare la trattazione del rapporto tra informazione e decisione secondo una tripartizione in tecnologie, procedure e ruoli nei processi digitali, pur nella consapevolezza della complessità che caratterizza la natura euristica della fase ideativa del progetto architettonico (Nardi, 1998) e fra differenti approcci digitali, escludendo pertanto un confronto con modalità di processo tradizionali pencil-based (Bilda & Demirkan, 2002);
- la scelta di addurre come casi studio pratiche internazionali di elevato profilo che certamente

non possono configurarsi come riflesso delle condizioni diffuse all'interno del settore delle costruzioni o come riferimento *tout court*, profilandosi piuttosto, proprio per la loro eccezionalità, come esemplificazioni delle più ampie possibilità di innovazione e applicazione di specifici modelli di processo. Per tali ragioni, la scelta dell'oggetto di sperimentazione della presente trattazione è rivolta, al contrario, a indagare la reale "scalabilità" e "adattabilità" delle processualità avanzate anche al di fuori del contesto d'azione delle best practice.

In virtù dei vincoli normativi introdotti circa la transizione digitale del settore delle costruzioni e del sistema degli appalti pubblici, che prevedono l'obbligatorietà dell'utilizzo di metodologie e strumenti BIM, la ricerca vuole soffermarsi proprio sulle opportunità offerte da tali tecnologie in vista della loro capacità di intensificare il rapporto tra informazione e progetto nell'ottica di aumentare la capacità di generare e valutare alternative progettuali secondo un piano quali-quantitativo.

L'attività svolta è stata infatti improntata alla replicabilità della metodologia e all'adattabilità del modello alle diverse condizioni del contesto. Ciononostante, la sperimentazione presenta precisi limiti d'applicazione, a partire dalla scelta di rivolgere l'applicazione al patrimonio costruito:

- 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;
- 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;
- le verifiche di compliance 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) e dalle prescrizioni relative alla scelta di materiali, tecnologie e requisiti progettuali riferibili ai CAM (DM 11/10/2017).

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 potrà essere oggetto di ulteriori sperimentazioni volte 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.

Infine, ulteriori limitazioni sono relative agli strumenti adoperati: Autodesk Recap 2020 per il processing della nuvola di punti; Autodesk Revit 2020 per la modellazione informativa; Autodesk Dynamo per la VPL; Solibri Model Checker per il Code e Model Checking; Tally per le analisi LCA in ambiente BIM.

Gli esiti del lavoro di ricerca riguardano, soprattutto dal punto di vista sperimentale, 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 (Amor and Dimyadi, 2021).

Infine, la ricerca raccoglie, nella sezione dedicata agli Annex, riferimenti analitici per la strutturazione di un ACDat o per la redazione di un pGI, in accordo alla UNI 11337:2017.

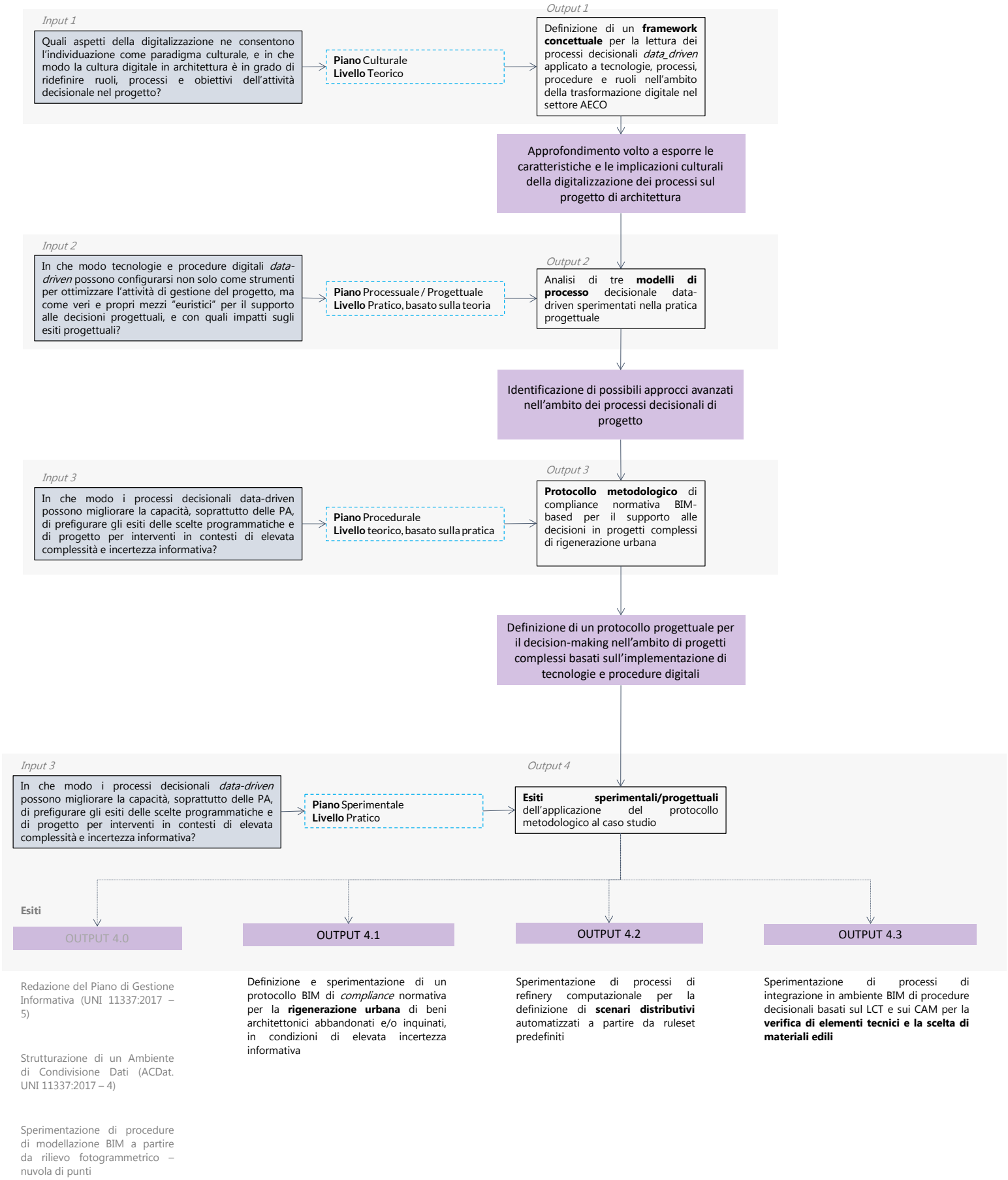


Fig. 3 - Obiettivi ed esiti del lavoro di ricerca.

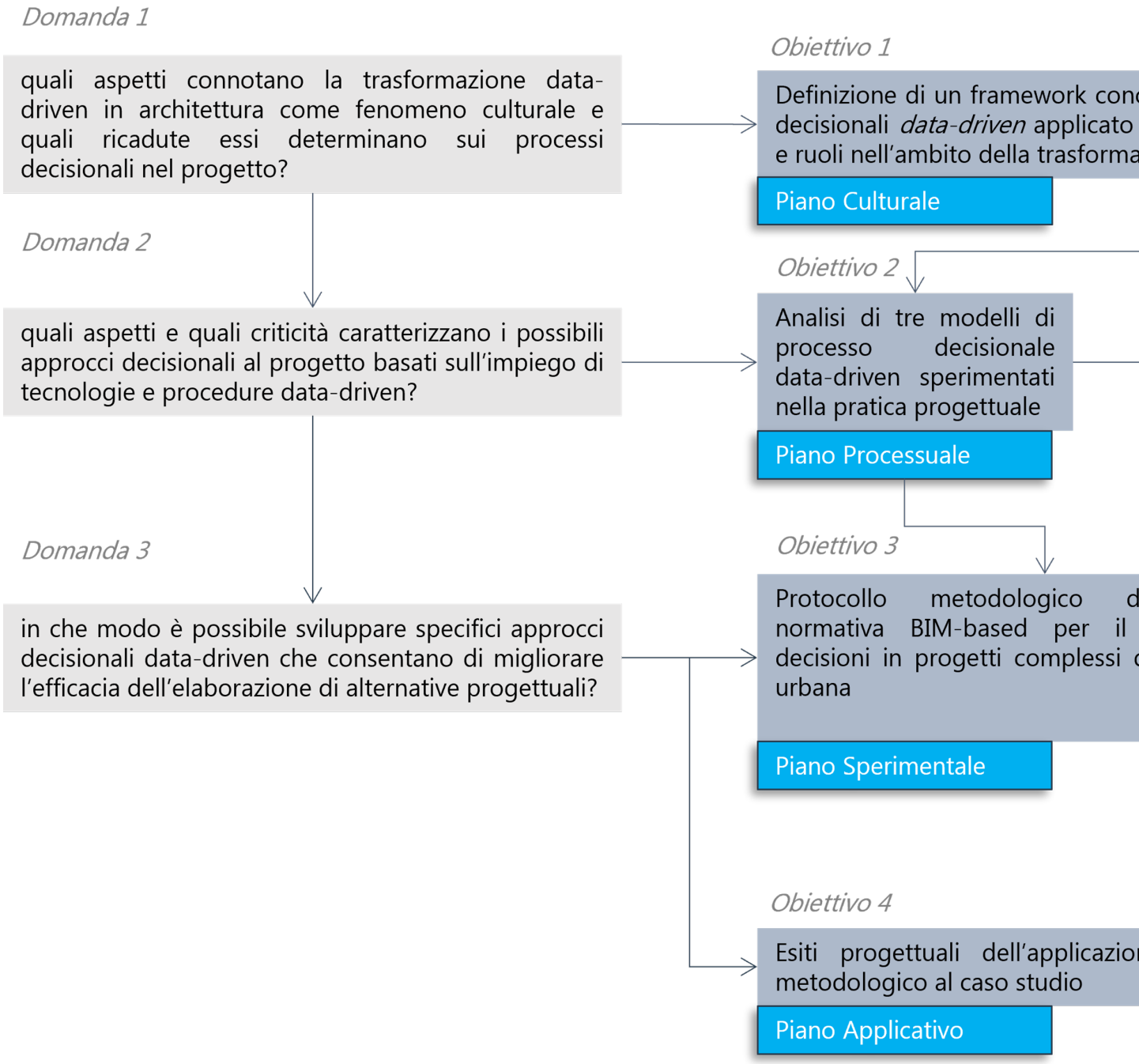
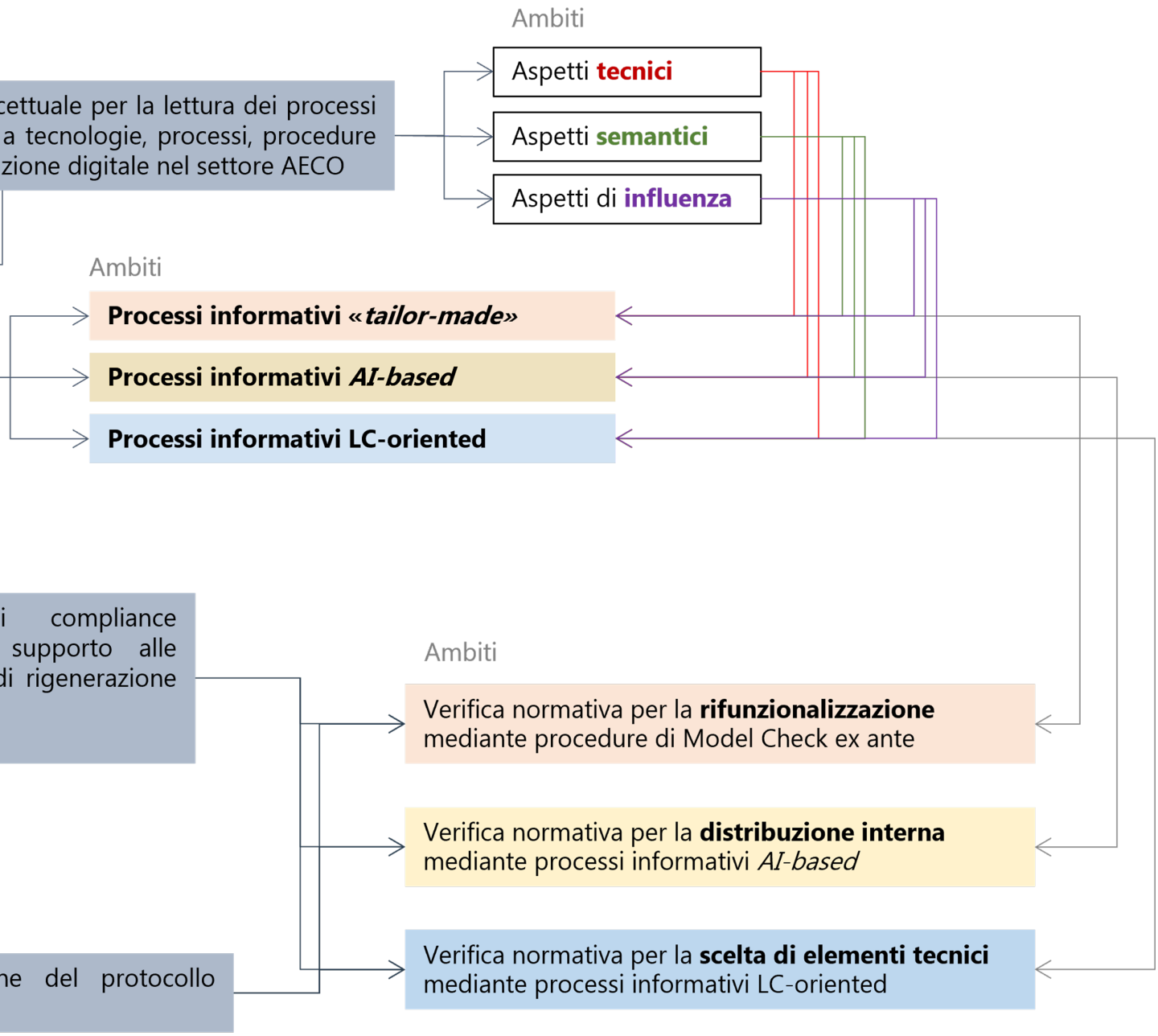


Fig. 4 - Approccio metodologico e struttura della tesi.


Ambiti
Aspetti tecnici
Aspetti semantici
Aspetti di influenza
cettuale per la lettura dei processi
a tecnologie, processi, procedure
zione digitale nel settore AECO
Ambiti
Processi informativi «tailor-made»
Processi informativi AI-based
Processi informativi LC-oriented
i compliance
supporto alle
di rigenerazione
Ambiti
Verifica normativa per la rifunzionalizzazione mediante procedure di Model Check ex ante
Verifica normativa per la distribuzione interna mediante processi informativi AI-based
Verifica normativa per la scelta di elementi tecnici mediante processi informativi LC-oriented
ne del protocollo

Note e reference

Note

1 Cfr. "Linee guida per la redazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica da porre a base dell'affidamento di contratti pubblici di lavori del PNRR e del PNC", p. 19.

2 Progetto di ricerca PROSIT – PROgettare in SostenibilITà – Qualificazione e Digitalizzazione in Edilizia', PO FESR 2014-2020 – Obiettivi specifici 1.2.1 – Manifestazione di interesse per la 'realizzazione di piattaforme tecnologiche nell'ambito dell'accordo di programma – Distretti ad alta tecnologia, aggregazioni e laboratori pubblici privati per il rafforzamento del potenziale scientifico e tecnologico della Regione Campania', assegnato a STRESS s.c.a.r.l. L'attività vede coinvolti tra i partner di progetto il Dipartimento di Architettura e il Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università degli Studi di Napoli 'Federico II', il Consorzio pubblico-privato STRESS s.c.a.r.l. e il Comune di Napoli.

3 Cfr. 08/C1: DESIGN E PROGETTAZIONE TECNOLOGICA DELL'ARCHITETTURA, "Declaratorie dei settori concorsuali", DM 29/07/2011, Allegato B [Online] Available at: http://attiministeriali.miur.it/media/174801/allegato%20b_def.pdf (Accessed 18 November 2021).

4 Cfr. Bocco, A., Cavaglià, G. (2008), *Cultura tecnologica dell'architettura. Pensieri e parole, prima dei disegni*, Carocci, Roma, pp. 71-72.

5 Cfr. Giallocosta, G. (2011) "Architectural Technology and Technological Planning" in *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 1 (2), pp. 24-31.

Reference

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

Attaianese, E., 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).

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

Bilda, Z., Demirkan, H. (2002), "An insight on designers' sketching activities in traditional versus digital media", in *Design Studies*, vol. 24 (1), pp. 27-50.

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

Carpo, 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 (Accessed 21 October 2021).

Maggi, P. N. (1994), *Processo edilizio. Metodi e strumenti di progettazione edilizia*, CittàStudi, Milano.
Ciribini, G. (1984), Tecnologia e progetto, CELID, Torino.

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*, OUP Oxford.

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

Gericke, K., Blessing, L. (2011), "Comparisons of design methodologies and process models across disciplines: a literature review", I*nternational Conference on Engineering Design - ICED11*, August 15-18 2011, Technical University of Denmark, Copenhagen.

Kalay, Y. E. (2006), "The impact of information technology on design methods, products and practices", in *Design Studies*, vol. 27 (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., Timberlake, J. (2003), *Refabricating Architecture. How Manufacturing Methodologies are poised to transform building construction*, McGraw Hill, New York.

Losasso, M. (2010), *Percorsi dell'innovazione. Industria edilizia, tecnologie, progetto*, Clean, Napoli, pp. 6-8.

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, pp. 1-8. [Online] Available at: core.ac.uk/reader/143403202 (Accessed 21 October 2021).

Morin, E. (1977), *La Methòde. La Nature de la Nature*, vol. 1, Edition du Seuil, Paris.

Nardi, G. (1998), "Euristica e Architettura", in Bonfantini, M. et al. (eds), *La vita inventiva. Il club Psòmega per Renato Boeri*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli.

Nardi, G., (1991), "Il progetto euristico in architettura", in Bertoldini, M., (ed), *L'atto progettuale. Struttura e percorsi*, CittàStudi, Milano.

Negroponte, N. (1969), "Towards a new Humanism through machines", in *Journal of Architectural Education*, vol. 23 (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. (2016), *Pensiero tecnico e cultura del progetto. Riflessioni sulla ricerca tecnologica in architettura*, Franco Angeli, Milano, pp. 41-53.

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

Raiteri R. (2014), *Il percorso del progetto: la disciplina delle terre di nessuno, in Progettare progettisti. Un paradigma della formazione contemporanea*, Quodlibet studio, Macerata.

Russo Ermolli, S. (2020), T*he Digital Culture of Architecture. Note sul cambiamento cognitivo e tecnico tra continuità e rottura*, 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.

Sinopoli, N. (1997), *La tecnologia invisibile. Il processo di produzione dell'architettura e le sue regie*, Franco Angeli, Milano.

Vittoria, E. (1976), *Guida dello Studente. Programma coordinato di Tecnologia I e II*, Facoltà di Architettura, Università di Napoli Federico II, a.a. 1976-77.

Weaver, W. (1949), "The Mathematics of Communication" in *Scientific American*, vol. 181(1), pp. 11-15.

Wiener, N. (1948), *Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine*, MIT Press, Cambridge (MA).

Zanuso M. (1993), "Cultura progettuale e cultura industriale", in *Caleidoscopio* , n. 29, Gruppo Industriale Busnelli, Misinto (MI).

1

DIGITALIZZAZIONE, INFORMAZIONE, PROGETTO

Ricadute culturali e tecniche della trasformazione data-driven dei processi

Introduzione al capitolo

Piano di indagine	*Culturale*
Livello	*Teorico*
Domanda	*Quali aspetti connotano la trasformazione data-driven in architettura come fenomeno culturale e quali ricadute essi determinano sui processi decisionali nel progetto?*
Obiettivo	*Approfondimento delle caratteristiche e le implicazioni culturali della digitalizzazione dei processi sul progetto di architettura, definendo un framework concettuale per la lettura dei processi decisionali data-driven*

Pur essendo il meno digitalizzato tra i settori industrializzati (McKinsey, 2016), il comparto AECO ha già avviato, dalle fine del secolo scorso, una progressiva introduzione, sperimentazione e diffusione delle tecnologie ICT. Se considerato solo in termini di aggiornamento strumentale, il digitale sembrerebbe irrompere nella prassi consolidata come una vera e propria rivoluzione. Piuttosto, com'è stato notato, esso ingenera in realtà una transizione, legata allo sviluppo di teorie piuttosto che tecniche, orientate a riconfigurare gli aspetti cognitivi alla base dei processi decisionali del progetto (Russo Ermolli, 2020).
Il perfezionamento degli strumenti e delle processualità digitali sta infatti già trasformando il processo edilizio da «*una sequenza logica di operazioni*» (Spadolini, 1981) in un flusso iterativo di dati e informazioni, dissolvendo le consuete distinzioni tra momenti progettuali diversi e i ruoli e le competenze tradizionali del progettista. All'interno di questo nuovo "ecosistema" progettuale, la possibilità di prevedere già dalla fase euristica l'introduzione di forme automatizzate di pensiero algoritmico determinerebbe, attraverso una più profonda consapevolezza del digitale, la necessità di ricostruzione un altrettanto nuovo sistema di valore in grado di anticipare e migliorare le scelte ma, al tempo stesso, integrare in maniera coerente innovazione e pratiche esistenti.
L'aleatorietà intrinseca del settore, caratterizzato dall'unicità del "prodotto" edilizio e delle sue condizioni al contorno, la compresenza di prassi esecutive tradizionali e innovative, l'asimmetria informativa tra progettisti, produttori e costruttori e la crescente complessità in termini di esigenze, attori coinvolti e tecnologie disponibili, suggeriscono che la risposta al problema progettuale non possa più ritenersi conoscibile aprioristicamente affidandosi, ad esempio, a retaggi tipologici, né mediante orientamenti probabilistici secondo metodi stocastici, né, tuttavia, anelando a una completa automazione informatica della pratica progettuale, con la definitiva derubricazione del ruolo decisionale dell'architetto.
È piuttosto una diversa cognizione dell'informazione a poter essere cruciale nel processo edilizio digitale, in quanto sia per operare previsioni progettuali attendibili, sia per "alimentare" le macchine per la produzione digitale, è necessario raccogliere e analizzare dati in enorme quantità e di qualità eterogenea. In questo senso, la capacità dei software di progettazione simulativa permette di reinterpretare il progetto di architettura come una vera a propria "piattaforma di conoscenza" (Van Berkel, 2019), un "sistema di sistemi" (Alexander, 1977) che definisce le infrastrutture culturali, tecnologiche e gestionali che veicolano la condivisione e lo scambio di informazioni all'interno del processo.
Gli scenari di sviluppo delle ICT e dei processi BIM-based, descritti in questo capitolo, lascerebbero supporre che il progetto si caratterizzerà sempre più come ambiente di governo delle scelte, un "universo della precisione" (Koyrè, 1961), in cui il ruolo dell'architetto come decision-maker, grazie al digitale, ne esce rafforzato, piuttosto che impoverito.

1.1 Progettare nell'"infosfera": le ICT come dispositivi cognitivi per i processi decisionali

1.1.1 Informazione e digitalizzazione nella "società delle mangrovie"

L'attuale società dell'informazione, definita dal filosofo Luciano Floridi "delle mangrovie", come queste particolari piante d'acqua salmastra si sviluppa in un contesto ibrido, in cui materiale e immateriale, analogico e digitale, offline e online convergono in un unico flusso di dati e interazioni. L'evoluzione delle ICT[1] , infatti, sta al contempo «*modificando il nostro mondo attraverso la creazione di nuove realtà e promuovendo un'interpretazione di ogni aspetto del mondo e delle vite che conduciamo in termini di informazioni*» (Floridi, 2014).
Uomo, natura e informazione formano uno stesso ecosistema che corrisponde all'"infosfera", ossia «*l'ambiente semantico costituito dalla totalità dei documenti, degli agenti e delle loro operazioni*», dove con "documenti" si intendono i dati, le informazioni e le conoscenze codificate e trasmesse in un formato semiotico, gli "agenti" si riferiscono a qualsiasi sistema in grado di interagire con un documento indipendente (ad esempio una persona, un'organizzazione o un'intelligenza artificiale) e il termine "operazioni" include qualsiasi tipo di azione, interazione e trasformazione che può essere eseguita da un agente e che può essere riprodotta in un documento (Fig. 5).
Nell'infosfera, l'uomo si rapporta con il mondo attraverso interfacce informazionali che, digitalizzandosi, diventano progressivamente meno visibili, confondendo i limiti tra reale e virtuale fino a sfumarli del tutto: la società vive una dimensione "onlife", in cui qualsiasi attività vitale, relazionale, sociale, comunicativa, lavorativa ed economica è frutto di una continua interazione tra realtà allo stesso tempo materiali e immateriali (Floridi, 2015), secondo un'interpretazione fisica della natura per la quale «l'universo è fondamentalmente composto da dati, intesi come "dedomena[2]", modelli o campi di differenze, anziché materia o energia, di cui gli oggetti materiali sono una complessa manifestazione secondaria[3]».
Nella società dell'informazione, la dipendenza del benessere dall'evoluzione di dispositivi per la creazione, conservazione e trasmissione di dati, in quantità mai sperimentate precedentemente, avrebbe sancito l'ingresso dell'umanità in un'era "iperstorica[4]", un'età dello zettabyte[5] in cui viene generato quotidianamente «*un numero sufficiente di dati da riempire tutte le biblioteche americane più di otto volte*[6]», tale da obbligare a introdurre un neologismo, "Big Data", per restituire la misura della mole di informazioni prodotte.
Allo stesso modo, la complessità delle dinamiche sociali, economiche e ambientali contemporanee rende l'efficacia di qualsiasi attività umana sempre di più subordinata a strategie di governo dei flussi informativi in grado di supportare i processi decisionali, all'interno dei quali l'informazione assume perciò un valore etico, politico ed economico.
L'informazione rappresenta, secondo Giuseppe Ciribini, l'immagine (eidòs) della società (Ciribini, 1987), tale che «*ciascuna esperienza del reale è oggi mediata dall'informazione e dalla complessità*[7]».
Le diverse tecnologie di derivazione ICT, dalle piattaforme Cloud all'IoT o alle intelligenze artificiali, formerebbero con la realtà un un'unica entità "stratificata" (Bratton, 2015), al tempo stesso megastruttura computazionale e apparato decisionale, alimentata da un continuo flusso di dati in cui società, tecnologia e natura rappresentano delle "agenzie" la cui comune matrice informativa, tramite la Rete, consente iterazioni reciproche sotto forma di scambi informativi (Fig. 6).

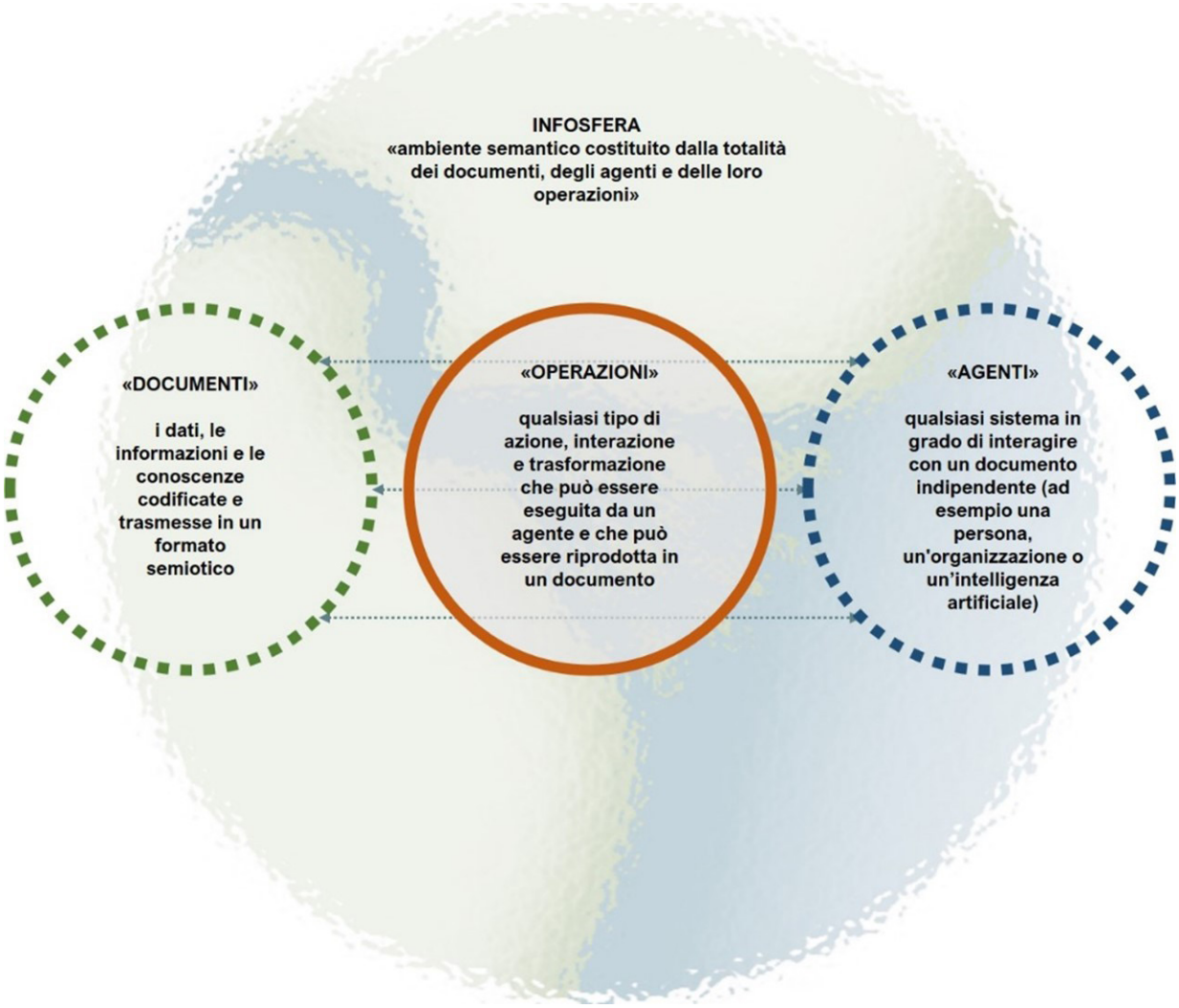


Fig. 5 - Struttura dell'Infosfera, Floridi 2014.

Fig. 6 - Il modello proposto da Bratton suggerisce la formazione di un ecosistema reale-digitale composto da "strati" accatastati ("the stack"), in cui elementi fisici, virtuali, naturali e artificiali sono costantemente connessi e interagiscono tra loro tramite interfacce informative. Bratton, 2015 (rielaborato dall'Autore).

Se, per Giuseppe Ciribini, la società dell'informazione «*realizzerà al massimo la libertà e la democrazia, perché potrà scambiarsi tutte quelle informazioni che rappresentano il contenuto stesso del potere*[8]», le capacità previsionali dei sistemi digitali, ai quali vengono delegati compiti decisionali che hanno ripercussioni reali sempre più importanti, determinerebbero un problema epistemologico legato all'indecifrabilità delle logiche algoritmiche da parte dell'intelligenza umana. Il risvolto della società dell'informazione è una società "automatica", che marginalizza il pensiero critico umano poiché inefficiente secondi i canoni prestazionali computazionali (Stiegler, 2018) e nella quale «*i cittadini/consumatori – dietro il pretesto di strumenti sempre più facili da usare e user-friendly, il cui funzionamento sfugge completamente alla comprensione dell'utente – sono in realtà sorvegliati in ogni aspetto della loro vita. [È] Un mondo in cui il potere è sempre più spersonalizzato e demandato agli algoritmi, procedure automatiche progettate proprio per instradare in modo apparentemente soft le scelte dell'utente*[9]».

Le potenzialità delle intelligenze artificiali hanno incoraggiato numerosi studiosi ad affermare che l'età digitale corrisponda alla "fine della teoria": secondo Chris Anderson, il "diluvio[10]" di dati della società dell'informazione renderebbe obsoleto il metodo scientifico, proponendo piuttosto un nuovo tipo di conoscenza fondato sulla modellizzazione statistica, la quale non ha necessità di operare approssimazioni tramite ipotesi, esperimenti e formule matematiche, ma può direttamente attingere ai Big Data per effettuare correlazioni dirette tra i fenomeni, ossia «*gettando numeri nei più grandi cluster di elaborazione computazionale che il mondo abbia mai visto e lasciando che gli algoritmi statistici trovino pattern laddove la scienza tradizionale non è in grado*[11]». Come nei sistemi di traduzione linguistica automatica o di domotica, basati sul confronto in tempo reale di migliaia di soluzioni guidato da meccanismi retrospettivi di machine learning, che continuamente si "automigliorano" in uno stato costante di aggiornamento automatico (Kelly, 2017), questo tipo di approccio non prevede una capacità semantica della macchina, né una causalità tra i risultati (Hayles, 1999), eppure «*offre un modo del tutto nuovo di comprendere il mondo. La correlazione sostituisce la causalità e la scienza può avanzare anche senza modelli coerenti e teorie unificate o semplicemente senza alcuna spiegazione meccanicistica*[12]».

Per Mario Carpo, questa scienza forma una nuova cornice epistemologica, in cui il ricorso a strumenti di "compattazione" della conoscenza del metodo scientifico lascia il posto all'adozione di procedure algoritmiche che generano e vagliano infinite soluzioni. A che scopo formulare complessi metodi matematici di catalogazione e approssimazione se, come comunemente avviene tramite un motore di ricerca, l'intelligenza artificiale è capace di trovare milioni di risultati utili rispetto ad ogni caso specifico, senza la necessità di sistematizzarli? (Carpo, 2011; 2017). Nell'esempio proposto da Carpo, il modo migliore di progettare una trave non sarebbe quello di calcolarne le dimensioni tramite l'applicazione di strumenti matematici, bensì cercare precedenti di strutture analoghe già realizzate nel passato e replicare quella individuata come maggiormente adeguata (2019) .

I sistemi di "ricerca computazionale" sarebbero addirittura già in grado, attraverso processi simulativi, generativi e agent-based, di predire eventi che la scienza non è in grado di spiegare; ma se i computer possono dirci cosa accadrà, l'assenza di semantica nell'intelligenza artificiale impedisce che sia spiegato un perché. «*Previsione senza causalità implica una previsione senza spiegazione*[13]».

1.1.2 Informazione tra analogico, computerized e computer-aided

La pervasività del digitale in ormai tutti i contesti del quotidiano, rende la sua presenza praticamente indistinguibile, perché celata o semplicemente assodata. Come sottolinea Alessandro Bogliolo[14], l'etimologia latina digitus ("dito") del digitale rimanda a tutto ciò che può essere rappresentato con un numero finito di cifre, come quelle che si contano con le mani, ossia di rappresentazioni finite basate su regole di codifica frutto di una convenzione. Al contrario, è analogico ciò che ha infiniti dettagli, impossibili da descrivere in modo finito con numeri o parole: la stessa realtà che osserviamo è analogica, come un campo di segnali elettrici o uno spettro di colori, la cui conoscenza è possibile solo tramite approssimazioni.

Secondo Nicholas Negroponte, il significato del digitale non andrebbe però ridotto all'opposizione con "analogico", ossia soltanto come una transizione lineare da un sistema "produttivo" manuale o

meccanico del progetto verso uno computerised, costituito da sequenze di azioni svolte attraverso strumenti elettronici in maniere analoghe e con risultati simili a quelli ottenibili con metodi tradizionali, seppur al netto di una maggiore velocità e precisione. Al contrario, la definizione del digitale starebbe nella differenza che intercorre tra azioni computerised, quindi accelerate, ma non rese più intelligenti dall'utilizzo di strumenti elettronici, e computer-aided, in cui il rapporto tra uomo e macchina ha un carattere dialogico, ovvero presuppone un'interlocuzione basata su una domanda e una risposta, entrambe fondate su una sintassi composta da dati e informazioni (Negroponte, 1969). Negroponte, nello specifico, individua tre possibili strade nell'introduzione delle macchine come assistenti all'interno del processo di progettazione.
Nel primo caso, il rapporto uomo-macchina può essere finalizzato alla mera automatizzazione di procedure correnti, ovvero già in uso, con il risultato di velocizzare le operazioni, riducendo i costi solitamente sopportati, ma lasciando inalterata l'essenza stessa dei processi e la qualità dei prodotti risultanti.
Nel secondo caso, le procedure esistenti possono essere modificate per adattarsi alle specifiche di una macchina esistente, o persino condurre alla realizzazione di un nuovo dispositivo, dove sono considerati solo quei problemi che sono presumibilmente compatibili con la macchina stessa.
Nell'ultimo caso, il processo, considerato evolutivo, può essere introdotto in un meccanismo (anch'esso perciò evolutivo) e può essere sviluppata una formazione, una resilienza e una crescita reciproca.
È quest'ultima ad essere considerata l'ipotesi più interessante: nel dualismo tra uomo e macchina, ovvero tra progettazione e calcolo computazionale, si prospetta uno scenario in cui il consueto rapporto verticale tra Architetto e Macchina Architettonica, come viene definita dall'autore, ovvero tra *master* ("leader intelligente") e *slave* ("gregario indolente"), viene ricalibrato in favore di una relazione orizzontale tra due entità associate che possiedono entrambe il potenziale per migliorarsi ed informarsi a vicenda.
Il dialogo tra Architetto e Macchina non ha precedenti storici, ma assume gli stessi caratteri di un'evoluzione linguistica, alla ricerca di un terreno comune che esalti, ad ogni modo, le specifiche qualità; ma un tale rapporto non si limita alla creazione di un sistema correttivo dell'errore umano, quanto ad un mutuo supporto nell'elaborazione di modelli comportamentali, basati sull'analisi dell'esperienza, che ricadano in strutture dati estrapolabili, modificabili, interrogabili, simulabili, che ovverosia costituiscano una base affidabile per assecondare decisioni logiche.
La capacità propriamente euristica dei computer di varare e generare infinite soluzioni deriva proprio dalla potenzialità dei sistemi digitali di operare con strutture numerabili di informazioni, che aprono a illimitate possibilità di movimento del progettista-umano all'interno di un "campo di gradienti" (Reiser & Umemoto, 2006), in cui lo spettro del reale è virtualizzato tramite infinitesimali incrementi o decrementi di valore dei parametri associati agli enti che ne popolano lo spazio (Figg. 7, 8).
Il digitale "estrae" le informazioni dal materiale, separandole da esso, e le immagazzina in sequenze di 0 e 1 che possono essere memorizzate su diversi supporti – indipendentemente dalla loro natura – prima di essere reimmesse nel mondo fisico attraverso, ad esempio, macchine a taglio laser o stampanti 3D (Picon, 2018).
In questo senso, la cultura digitale aspirerebbe a considerare la realtà materiale e l'informazione come un'unica entità[15], nello stesso momento in cui finisce per mantenerli separati: il progettista digitale, quasi come un artigiano, manipola l'informazione per trasferirla alla materia.

1.1.3 Informazione tra materialità e immaterialità

Pur non permettendo di comprendere i risultati ottenuti, né attribuirne alcun significato, il modo di "pensare" dei computer non ha solo ripercussioni nel campo teorico, ma apre anche a inedite possibilità di produzione materiale (Fig. 9).
Le operazioni di simulazione e ottimizzazione eseguite tramite i meccanismi di prova ed errore computazionali, svolti alla scala dei Big Data, possono essere connesse a sistemi di produzione digitale che, piuttosto che ai processi industrializzati standardizzati del Novecento, procederebbero in maniera analoga ai metodi artigianali di stampo preindustriale.
Il computational thinking, proponendo un approccio alla risoluzione dei problemi complessi

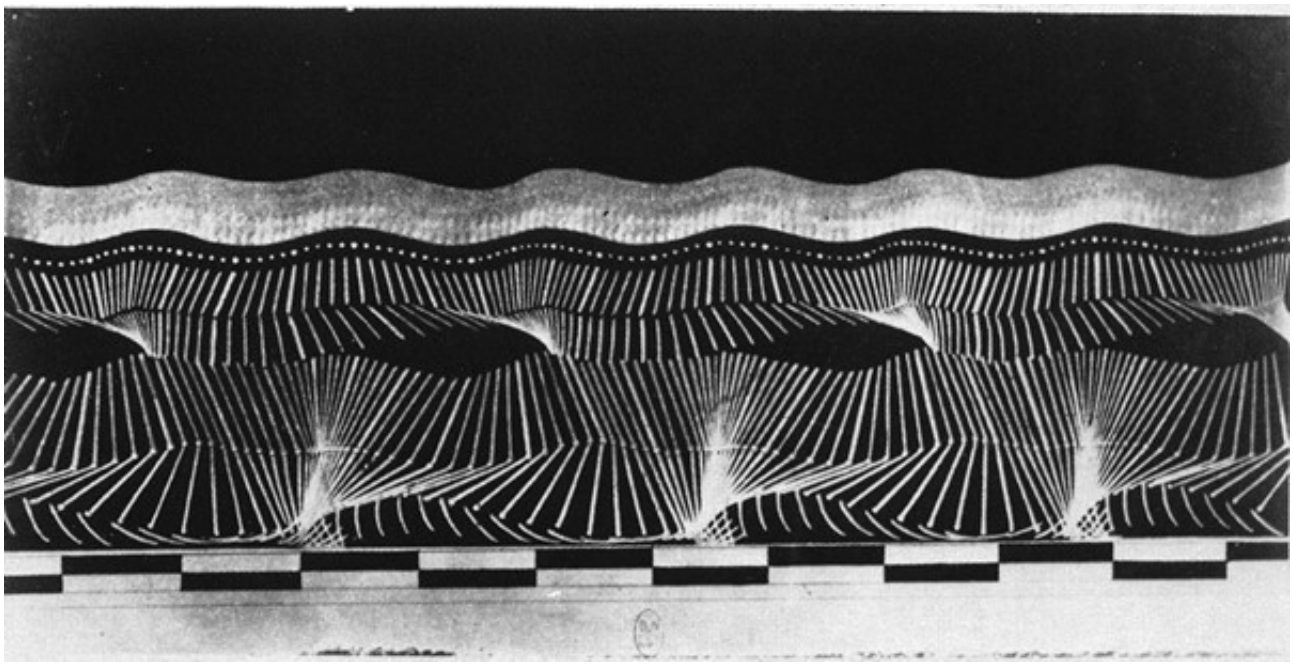


Fig. 7 - Muoversi in un campo di gradienti: cronofotografia geometrica. Jules Etienne Marey, Joinville Soldier Walking, 1883 (Paris College de France).

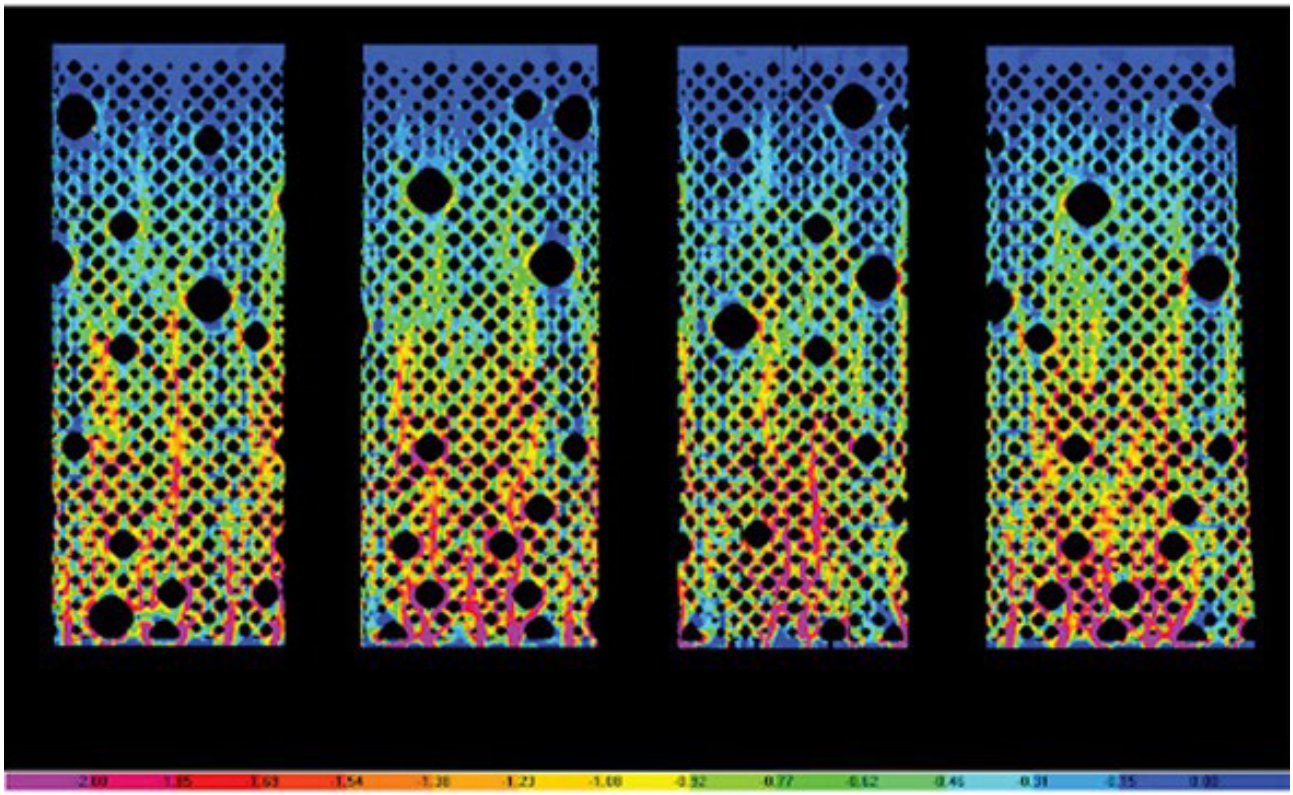


Fig. 8 - Studio della facciata per una torre commerciale: analisi energetica e strutturale delle aperture dell'involucro attraverso il confronto dinamico tra diversi gradienti di porosità. Reiser & Umemoto, O-14, Dubai, Emirati Arabi, 2010.

abduttivo e non-causale (Menges & Alquist, 2009), assomiglierebbe ad un procedimento trial & error ("per prova ed errori"), tipico del lavoro dell'artigiano, in cui la soluzione progettuale emerge integrando l'esperienza di precedenti analoghi a un continuo ciclo di tentativi ed errori. In tal senso, i computer «*pensano e producono in maniera simile a quanto farebbe un buon artigiano, piuttosto che un buon ingegnere*» (Carpo, 2019).

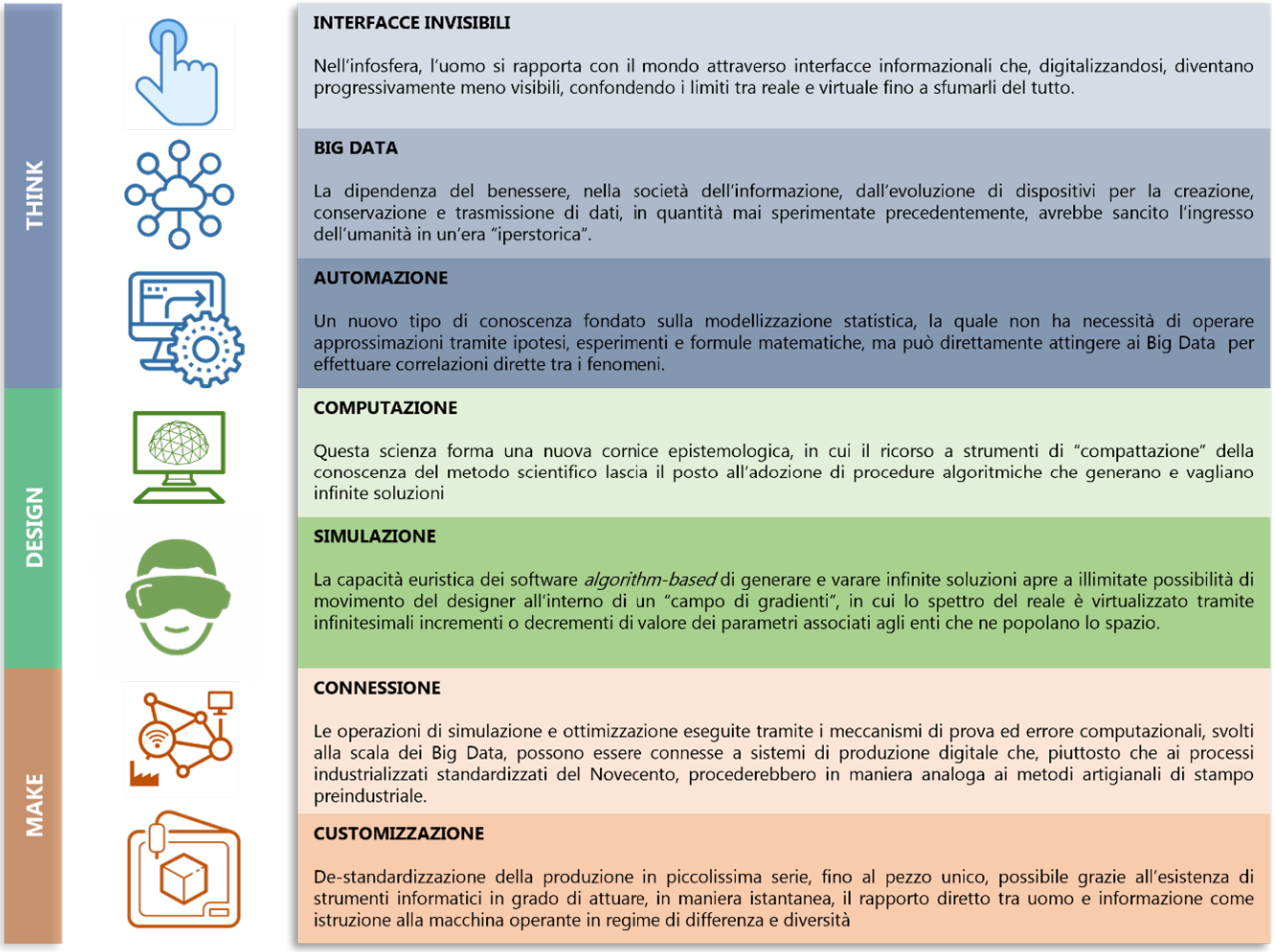


Fig. 9 - Digitalizzazione e informatizzazione generano ripercussioni epistemologiche del progetto, che riverberano dalla concezione alla produzione materiale, oltrepassando i limiti tra reale e virtuale. Bernstein, 2018 (rielaborato dall'Autore).

Riconoscere il valore teoretico del digitale consentirebbe di correlare il fenomeno della digitalizzazione alla formazione di una nuova cultura materiale, differente da quella artigianale come da quella industriale (Campioli, 1988), ossia riferita, seguendo la definizione di Maldonado, a «*la cultura degli oggetti fisici nati o fabbricati dagli uomini nella loro prassi produttiva e/o simbolica*[16]». Lo stesso studioso riconosceva il paradosso, solo apparente, che emergerebbe tra digitale, inteso nella sua virtualità e immaterialità, e cultura materiale (Maldonado, 1992), che è, al contrario, intrinseca di attività sensibilmente legate alla fisicità e tattilità del fare artigianale o al pragmatismo del produrre industriale (Sennet, 2008). La concretezza, seppure intangibile, del digitale è svelata allorquando si riconosce in esso il valore di "tecnologia invisibile" (Sinopoli, 1997), in cui la leggerezza dei bits e dei flussi di informazione è il tratto distintivo della società contemporanea (Ciribini, 1987), sempre meno rappresentata dal peso schiacciante di macchine industriali, quanto piuttosto dalla levità e velocità delle correnti dei dati a cui esse obbediscono (Calvino, 1988).

Il "pensiero delle differenze", come nota Ciribini, è naturalmente destinato alla de-standardizzazione della produzione in piccolissima serie, fino al pezzo unico, possibile grazie all'esistenza di strumenti informatici in grado di attuare, in maniera istantanea, il rapporto diretto tra uomo e informazione come istruzione alla macchina operante in regime di differenza e diversità (Ciribini, op.cit.).
Di conseguenza, il digitale propone un nuovo "ecosistema" progettuale, all'interno del quale il progettista opera in sinergia con figure tradizionali del processo (committenza, consulenti specialistici, ingegneri, industria) e nuovi agenti informativi "immateriali" (software algoritmici, ambienti di simulazione, sensori, piattaforme di comunicazione; Fig. 10).
L'architetto diverrebbe un "creatore di sistemi", un "catalizzatore" rivolto a coordinare queste nuove forme di intelligenza che informano i processi di modificazione dell'ambiente costruito (Ortega, 2017), con l'obiettivo di interpretare i feedback informativi e inserirli all'interno di una cornice di senso compatibile con le esigenze e i requisiti di progetto. Infatti, la possibilità di "fare (quasi) qualsiasi cosa[17]" piuttosto che deresponsabilizzare l'attività progettuale a seguito dell'introduzione, già dalla fase ideativa, di forme automatizzate di pensiero algoritmico, determinerebbe la necessità di ricostruire un altrettanto nuovo sistema di vincoli che aiuti ad anticipare il valore delle scelte poste in atto, intese come una risposta in termini culturali collettivi (Nardi, 1986); come sottolinea l'antropologo Andrè Leroi-Gourhan, «*la tecnologia è una costruzione sociale*[18]» che avviene se innovazione e nuove pratiche sociali sono congruenti all'interno di uno stesso circolo di feedback socio-tecnici .
I limiti dell'innovazione non sarebbero allora definiti da vincoli produttivi o tecnici, ma deriverebbero da un dialogo diretto dell'architetto con la potenzialità intrinseca della materia, fino alla sua dimensione "granulare" (Parisi, 2018), per cui i confini disciplinari del progettista collimano con le potenzialità offerte dal digitale e con i saperi degli attori coinvolti, in un continuo e sempre diverso processo di innovazione: «*in un periodo in cui la produzione industriale non si fonda più in modo imprescindibile sul principio della serialità, assume un ruolo molto importante la sperimentazione. In mancanza di modelli di riferimento sperimentati da assumere, la sperimentazione tecnica si propone per ogni progetto come problema originale*[19]».

CATEGORIA TECNOLOGICA	IN EPOCA PRE-DIGITALE (ANALOGICO)	NELLA PRIMA FASE DEL CAD (COMPUTERISED)	IN EPOCA BIM (COMPUTER-AIDED)	IN EPOCA MACHINE LEARNING (COMPUTATIONAL)
Rappresentazione	Disegno a mano, testo a macchina	Disegno al CAD, testo al PC, layout digitali	Modellazione parametrica di geometria e metadata	Design *informato* dalle intelligenze artificiali attraverso modelli digitali interconnessi
Analisi e simulazione	Formule, esperienza, intuizione	Fogli di calcolo, primi software di analisi computazionale	Modelli digitali analitici connessi a script che testano e scelgono i risultati	Reti neurali basate sull'analisi di Big Data per la predizione di risultati complessi
Produzione	Traslazione fisica delle regole costruttive dal disegno	Trasferimento di informazioni per il controllo numerico dal CAD	Simulazione della produzione e costruzione basata sui modelli e sui dati presi dalla realtà	Macchine produttrici auto-apprendenti traggono informazioni in automatico dal progetto per applicarle «criticamente» in cantiere
Collaborazione	Cataloghi, telefono, tavole degli standard, fax, servizi postali	Email, server, database online, FTP	Web, social media, connessioni e scambio dati in real time	Interazione real time consentita dalla realtà virtuale e aumentata supportata dalla collaborazione predittiva delle IA

Fig. 10 - Ricadute del digitale in termini di capacità di rappresentazione, analisi e simulazione, produzione e collaborazione. Bernstein, 2018 (rielaborato dall'Autore).

1.2 Policy per la trasformazione digitale dei processi

1.2.1 Il "valore" culturale e tecnico del dato nel settore AECO

Pur essendo tra i settori industriali quello meno digitalizzato (McKinsey, 2016), il comparto delle costruzioni ha esperito, già dal finire del secolo scorso, una progressiva introduzione, sperimentazione e diffusione di tecnologie di derivazione ICT, fino a collocarle al centro del dibattito attuale.
Nell'industria AECO, il problema della produttività e dell'informazione non riguarda la singola organizzazione, bensì l'intero settore, lungo tutta la filiera[20]. Il rilancio del settore non può perciò dipendere dall'impegno di un singolo soggetto, ma fa riferimento necessariamente al ridisegno dell'intero sistema e delle relazioni che intercorrono tra tutte le sue parti, partendo proprio dall'osservazione della generalizzata ed elevata frammentazione del sistema produttivo.
Al confronto di altri comparti industriali, inoltre, quello delle costruzioni si distingue per la peculiarità del luogo finalizzato alla realizzazione dei suoi "prodotti", ovvero il cantiere, che non sempre riscontra, per limiti talvolta economici, tecnici e culturali (Campioli, 1993), l'attuazione di modelli di produzione basati su flussi "snelli" (*lean management*), tipici invece dell'industria automobilistica o aerospaziale, nelle quali la produzione e l'assemblaggio dei prodotti finiti avviene tutta all'interno dell'officina/stabilimento, permettendo un maggiore grado di controllo qualitativo, automazione, riduzione dell'errore e di produzione di scarti di lavorazione (Kieran & Timberlake, 2003).
In aggiunta, la filiera edile è ancorata a processi a cascata, composta di fasi linearmente sequenziali, la cui inefficienza aggrava i tempi di realizzazione, i costi di produzione e gestione, ripercuotendosi sulle prestazioni dei prodotti.
In tal senso, e ne sono dimostrazione i recenti indirizzi normativi sia in Italia che in Europa (Block & Galluccio, 2021), le priorità riconosciute del settore AEC riguardano l'integrazione dell'informazione e dei processi attraverso strumenti che facciano riferimento all'intero ciclo di vita del manufatto, la promozione della comunicazione tra i vari attori che partecipano al processo, la gestione di quest'ultimo in maniera integrata e coerente, la riduzione degli sprechi e, infine, l'aumento dell'efficienza complessiva di processi e prodotti.
Nonostante, quindi, la diffusione di piattaforme collaborative BIM-based, non si è ancora assistito ad un pieno utilizzo delle potenzialità di tali strumenti, in quanto all'aggiornamento delle risorse strumentali ed umane non si è accompagnato un processo di riorganizzazione interna degli operatori coinvolti, seppur connaturata alle metodologie di IMM - Information Modeling and Management e, in generale, all'avvento delle cosiddette Disruptive Technologies[21]. Al contrario, piuttosto che un effettivo miglioramento dei processi collaborativi, si è verificata la formazione di un vero e proprio sistema di "isole di automazione" (Merschbrock, 2012), che, individualmente, adoperano processi, metodi e strumenti avanzati per la progettazione, produzione o gestione delle opere in un circuito chiuso o addirittura fraintendendo l'effettivo utilizzo di talune metodologie, secondo ciò che Bilal Succar, con un gioco di parole, definisce "BIM Wash"[22].
Le radici di tali problematiche non afferiscono unicamente a questioni puramente tecniche, quali ad esempio la difficoltà di trasferire i flussi di lavoro da piattaforme Closed BIM a Open

BIM (Caputi et al., 2015), operazione inficiata dall'ancora insufficiente sviluppo di protocolli di interoperabilità tra software specialistici (Ciribini, A., 2016), quanto piuttosto all'ecosistema politico-economico di riferimento, a barriere di tipo sociologico e psicologico (Di Giuda et al., 2019) e a questioni culturali, processuali, tecniche e motivazionali degli operatori (Mortara et al. 2009).
Le urgenze e le prospettive di efficientamento e produttività legate al digitale hanno perlopiù ingenerato la diffusione di vincoli normativi, legati all'adozione di strumentalità avanzate, rafforzando l'impressione comune che la digitalizzazione irrompa nella prassi consolidata come una vera e propria rivoluzione e, soprattutto, ignorando la necessità che ciò si accompagni alla costruzione di una vera e propria cultura del digitale (McKinsey, 2017; Fig. 11).
La digitalizzazione costituirebbe, piuttosto, l'evidenza dell'avvenuta maturazione culturale avviata a partire sin dalla metà del Novecento, che ne rivelerebbe il carattere di transizione legata allo sviluppo di teorie, piuttosto che tecniche, in grado di riconfigurare gli aspetti cognitivi del progettare (Russo Ermolli, 2020).

Fig. 11 - "Culture for a digital age", McKinsey&Company, 2016 (rielaborato dall'Autore).

La possibilità offerta dai sistemi computazionali di comporre strutture di dati trasmissibili in formati interoperabili determina la definizione del "problema" progettuale, che si configura come un insieme di valori immateriali che sostanziano il flusso informativo e che è sempre ripercorribile, a partire dai prodotti materiali, attraverso le scelte progettuali. Allo stesso modo, il passaggio ad una logica di progettazione object-based, rispetto a quella nurbs-based, sperimentata soprattutto a cavallo tra gli anni Novanta e Duemila, richiede la progettazione di elementi tecnici il cui approfondimento dipende dal livello di definizione informativo (LOD - Level Of Development; LOIN - Level of Information Need[23]) degli oggetti stessi (Fig. 12), accorciando ulteriormente le distanze tra ideazione e produzione e richiedendo un rapporto sempre più stretto tra operatori che, abitualmente, avrebbero invece partecipato al processo in momenti distinti.

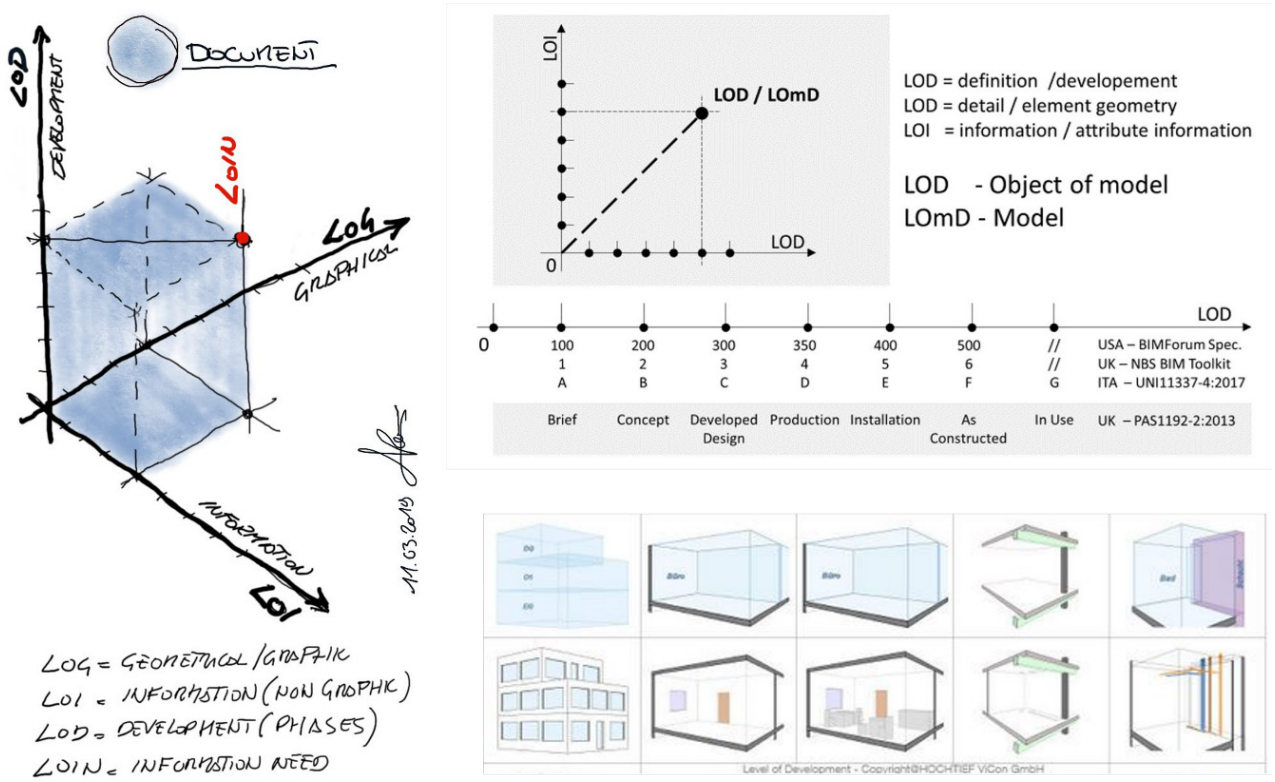


Fig. 12 - LOIN - Level of Information Need e sviluppo informativo nei processi object-based. Pavan, 2020.

L'associatività tra materiale e immateriale, attraverso la virtualizzazione del reale in flussi informativi digitalizzati tra sistemi computazionali di rilevazione, progettazione e produzione, suggerirebbe l'ipotesi che il progetto possa riconfigurarsi come veicolo informativo da notazionale-rappresentativo a binario-simulativo, ossia da mezzo di comunicazione composto di simboli convenzionali finalizzati alla restituzione di un'immagine ad un sistema computazionale, sotto forma di linee di codice e algoritmi, orientato a fornire una versione virtualizzata completa di un oggetto.
L'utilizzo di piattaforme BIM-based per la condivisione di modelli tridimensionali multidisciplinari, implementate secondo procedure digitali di gestione dell'informazione, permettono di «*costituire il progetto architettonico attraverso una lunga catena di relazioni, dalle prime ipotesi concettuali fino alla guida delle macchine che prefabbricano i componenti da assemblare in cantiere*», *trasformando «il disegno geometrico in un'interfaccia di linguaggio di programmazione*» (Cache & Beaucè, 2007).

In secondo luogo, l'evoluzione del processo edilizio nell'era digitale determinerebbe la progressiva dissoluzione della tradizionale distinzione tra momento progettuale e momento produttivo, progettista e industria, studio e officina.
Infine, i processi digitali di definizione, condivisione, valutazione e ottimizzazione delle soluzioni progettuali implicherebbero una trasformazione dei metodi decisionali, in merito sia alla formulazione dei problemi progettuali che all'individuazione delle possibili risposte. In particolare, ciò è dovuto sia alla possibilità offerta dai software computazionali di operare anticipazioni e simulazioni degli scenari di progetto, dei processi di fabbricazione e delle prestazioni fisiche dei prodotti in ambienti virtuali, sia alle nuove modalità e ai nuovi protocolli di interazione forniti da linee guida e normative nazionali e internazionali (PAS-BSI, AIA, UNI, ISO), che hanno l'obiettivo di "regolare" la condivisione di modelli informativi tra gli operatori coinvolti in tutte le fasi dal processo sin dai primi momenti di progettazione preliminare.
Il ruolo delle informazioni nel progetto digitale diventa imprescindibilmente legato all'utilizzo di strumenti informatici per la sua gestione e trasmissione, riconfigurando il progetto non più come medium tra il progettista e il costruttore in fase di realizzazione, ma, all'interno del momento ideativo stesso, nel complesso sistema di operatori e stakeholder che vi partecipano. In questo modo, anche la Committenza è fondamentale nel fornire un quadro di esigenze informative, che costituisce l'insieme dei vincoli al quale il progetto è chiamato a confrontarsi. Ad esempio, nella normativa britannica che regola gli usi e i protocolli dei processi informativi nell'industria delle costruzioni (serie PAS BSI 1192; Fig. 13), l'informazione attraversa tutte le fasi e i suoi utilizzatori, partendo e ritornando proprio al Committente, promotore del cosiddetto "Employer's Information Requirement – EIR" (poi modificato in "Exchange" dalla ISO 19650).

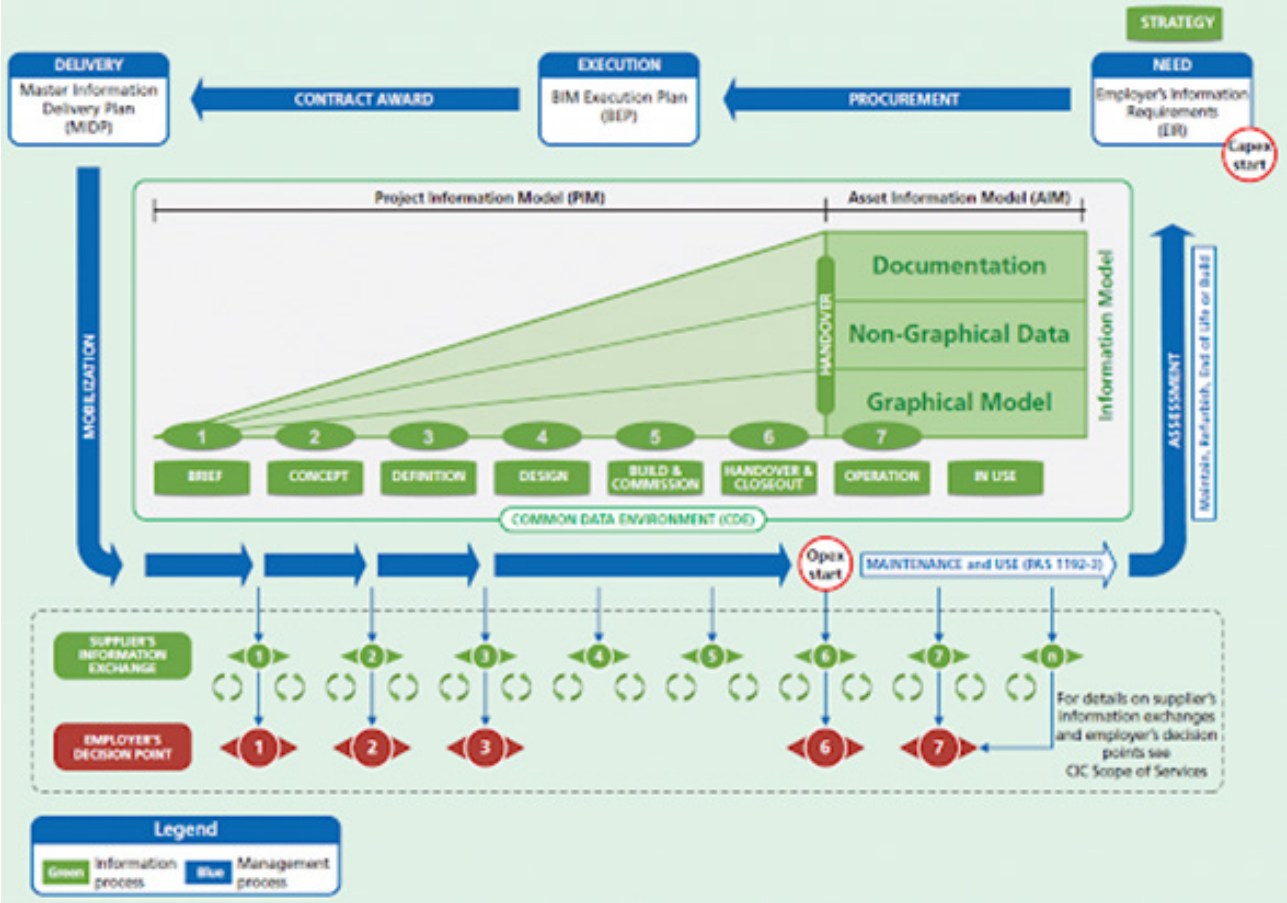


Fig. 13 - Schema di gestione informativa nel processo edilizio. Norma Britannica PAS 1192-2 ("Specification for Information Management for the capital/delivery phase of construction projects using Building Information Modelling").

Poiché la stessa natura e il numero degli attori tendono inesorabilmente ad aumentare a causa della progressiva specializzazione e settorializzazione delle operazioni, l'industria delle costruzioni si configura, in generale, come un'attività ad elevata complessità (Campioli, 2017), in cui l'efficienza dei processi dipendendo dal funzionamento più o meno efficace dei processi di comunicazione e di scambio delle informazioni tra le parti (Hughes & Murdoch, 2001; Talamo et al., 2019). Da ciò deriva l'urgenza, oltre che il vantaggio, di introdurre nel sistema delle costruzioni metodologie che, come quelle BIM-based, consentono un maggiore controllo dei flussi informativi esteso a tutte le fasi del ciclo edilizio, un maggior coordinamento tra gli operatori coinvolti e una maggiore prevedibilità degli esiti qualitativi delle attività.
Frammentazione e specializzazione rischierebbero, al contrario, di determinare un aumento dei rischi correlati all'inefficienza degli scambi informativi poiché i processi edilizi tenderebbero a segmentarsi attraverso una sequenza telescopica di fasi secondo correlazioni "end-to-start", contribuendo a uno stato di incertezza epistemica diffuso in tutto il processo edilizio, che si presenterebbe come un "gioco a informazione incompleta" (Manzini et al., 1985) incidendo, perciò, sulla qualità delle prestazioni offerte dai "prodotti" edilizi.
Il processo progettuale sarebbe strettamente connesso, nella sua riuscita, alla qualità dei dati e alle modalità di scambio delle informazioni, essenziali a fornire basi affidabili per il decision making e la gestione dell'intera filiera (Fig. 14). Maggiore è il numero di operatori, e quindi di scambi informativi, tanto più, come nel classico gioco del "telefono senza fili", aumenta il rischio di deresponsabilizzazione, perdita di dati e perciò di conoscenza (Susca & de Kerckhove, 2008).

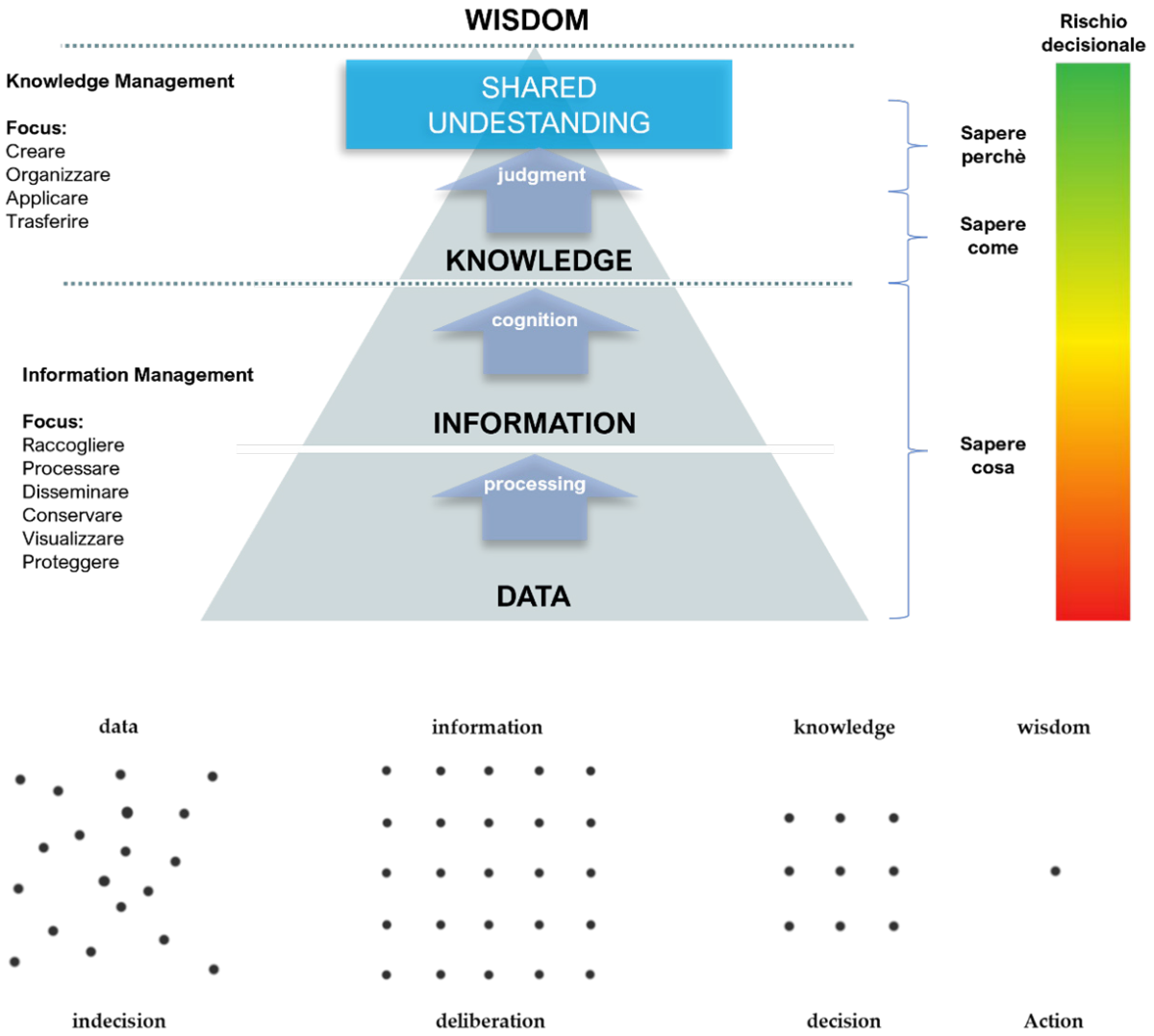


Fig. 14 - In alto: Piramide DIKW, Cooley, 1980 (rielaborato dall'Autore). In basso: dal dato alla conoscenza, dall'indecisione all'azione, Deutch, 2015 - in basso.

1.3 Il ruolo del progettista come decision-maker nei processi digitali

1.3.1 Authorship e automazione nella cultura digitale del progetto

Dalla loro prima diffusione negli anni Settanta, le ICT stanno progressivamente diventando una realtà consolidata nel settore delle costruzioni che, in prospettiva, non può che vederne un'adozione ancora più ampia. Nonostante molte ricerche, nella seconda metà del secolo scorso, abbiano avviato riflessioni circa il rapporto tra tecnologie "informatiche" e architettura, il recente sviluppo di macchine computazionali per elaborare quantità via via crescenti di dati a costi contenuti sta aprendo la strada al digitale in risposta a una generale richiesta di cambiamento nella gestione dei processi di progettazione, dovuta alla crescente complessità, frammentazione e specializzazione di attori e di competenze specifiche.
Infatti, l'"atomizzazione" tipica della filiera edilizia non sembra più idonea a far fronte all'esigenza generale di qualità costruttiva, soprattutto in considerazione delle potenzialità tecniche dei processi di progettazione computazionale o delle tecnologie file-to-factory, la cui portata genera una progressiva dissoluzione delle figure professionali tradizionali, contraendo i momenti di progettazione produzione e realizzazione e rendendo maggiormente interdipendenti le componenti euristiche e ingegneristiche del progetto.
Nella loro sovrapposizione, quindi, i processi di costruzione digitale si configurano sempre più come attività di "pensiero complesso", caratterizzate dall'essere dialogiche, frutto di un confronto interdisciplinare che va oltre la specificità di una singola disciplina; ologrammatico, incessantemente animato dal confronto tra il tutto e le sue parti; ricorsivo, in modo che il sequenziamento delle fasi sia sostituito da un approfondimento reiterativo, in cui ogni aggiornamento locale comporta una modifica globale, e viceversa (Morin, 1977).
La digitalizzazione implica quindi profonde trasformazioni nella cultura del progetto, modificando le identità degli operatori coinvolti e le loro reciproche relazioni, gli strumenti utilizzati per l'ideazione, lo sviluppo e la gestione del progetto e, infine, gli obiettivi del processo di costruzione stesso.
Secondo Lluìs Ortega, la dissoluzione dell' authorship indotta dalla progressiva automazione dei processi di progettazione è una delle principali questioni che emergono dall'introduzione delle tecnologie digitali in architettura. Il digitale rappresenta senza dubbio una "sfida" per la prassi consolidata nel settore delle costruzioni, un fattore impossibile da ignorare: sia se considerato, come mero aggiornamento strumentale, privo di un sostanziale impatto culturale sulla pratica architettonica; sia se è inteso come medium di comunicazione, capace cioè di influenzare l'intero processo progettuale, dall'ideazione alla realizzazione, con un'introduzione "dosata" del pensiero automatico delle procedure di intelligenza artificiale; sia, infine, se lo si associa, come sistema co-evolutivo, a un nuovo modo di considerare il rapporto tra progettista e computer, nel quale uomo e macchina collaborano ad un'estensione epistemica del progetto (Ortega, 2017).
Negli anni Sessanta, Engelbart ha immaginato, sulla scorta dei primi avanzamenti delle tecnologie digitali, la possibilità che la figura del progettista potesse nel tempo evolversi in quella di un "architetto aumentato", anticipando, di fatto, gli attuali temi del dibattito sulle ricadute del digitale nella riconfigurazione dei ruoli nel progetto: l'importanza dei dati e delle informazioni; il rapporto

tra uomo e macchina in termini di domanda e risposta; l'attività progettuale come creazione automatizzata di scenari alternativi. In questa previsione, la figura dell'architetto sembra oscillare tra quella di un osservatore e di un esaminatore delle diverse opzioni elaborate dall'automatismo del potenziale generativo dei sistemi computazionali, che sostituisce le possibilità rappresentative degli strumenti tradizionali (Engelbart, 1962; Fig. 15).
In questo senso, la stessa cognizione del digitale, da "strumento" a mera accelerazione dei processi operativi, si è davvero evoluta in una maggiore consapevolezza di come costituisca un "ecosistema" progettuale, all'interno del quale il computer non è più solo un oggetto, ma piuttosto una "intelligenza" con cui gli architetti possono avviare un vero e proprio dialogo, basato su una grammatica di dati e informazioni. In questo modo, è possibile considerare l'emergere del potenziale attribuito agli strumenti di progettazione digitale e la trasformazione del ruolo del progettista strettamente correlati tra loro.
Il digitale in architettura traccerebbe addirittura nuovi confini epistemici delle discipline progettuali, proponendosi come sistema di valori alternativo ai principi tradizionali della cultura tecnica architettonica, riformulandone il milieu del progetto.
A questo proposito, Negroponte sottolinea che la differenza tra processi "computerizzati" (meramente digitalizzati) e "computer-aided" ponga le basi per un "Nuovo Umanesimo", in cui l'essere umano può «*sfruttare le potenzialità inedite dei computer per creare e risolvere problemi in modo completamente diverso, raccogliendo e analizzando in breve tempo un'enorme quantità di dati e utilizzando nuove tecniche e strumenti per guidare e migliorare la progettazione e la qualità del costruire, per risparmiare tempo, denaro e ridurre gli sprechi di materiali e risorse*[24]».

Fig. 15 - Doug Engelbart, Bill English, preparazione della Demo del 1968 presso il Augmentation Research Center (ARC).

1.3.2 Il processo tra mezzo e fine: la "cucina" del progetto

La molteplicità di *agencies* e intelligenze coinvolte nei processi digitali, in cui i tradizionali confini disciplinari si dissolvono sulla scia di una domanda sempre crescente di innovazione, implica innanzitutto, come osserva Giovanni Corbellini, un peso maggiore assegnato al processo rispetto alla progettazione stessa, spesso manifestando esplicitamente il proprio ruolo attraverso l'enfasi sull'uso di diagrammi, schemi, simulazioni e analisi nella formulazione di strategie operative, aprendo le porte della cosiddetta "cucina di progetto".

«*Ciò che un tempo era gelosamente nascosto oggi è reso esplicito: in altre parole, i processi d'ideazione e negoziazione con il reale hanno raggiunto un'importanza paragonabile a quella dei loro esiti formali e della stessa concretizzazione fisica*[25]».

Mentre i movimenti associati al "parametricismo", come postulato dal suo principale teorico Patrick Schumacher (2009), mirano ad esplorare il potenziale morfogenetico degli strumenti computazionali attraverso l'uso di criteri selettivi ed evolutivi per l'implementazione di processi di form-finding, gli strumenti BIM-oriented si sono evoluti da un mero sistema manageriale a un vero e proprio strumento di progettazione collaborativa, integrata e simulativa, nella direzione di un controllo sempre più efficace del processo edilizio in relazione ad un più stretto collegamento con l'industria e con i processi di standardizzazione edilizia (Carpo, 2012).

Il BIM promuove, in questo senso, una visione sistema assolutamente teleologica del processo di progettazione, nel quale è fondamentale "iniziare con la fine in mente[26]". La focalizzazione sul risultato si pone agli antipodi di visioni che, come nel caso di Bruce Mau, ritengono che secondo un simile approccio sia, di fatto, impossibile perseguire qualsiasi innovazione. «*Il processo è più importante del risultato. Quando il risultato guiderà il processo, andremo solo dove siamo già stati. Se il processo guida il risultato, potremmo non sapere dove stiamo andando, ma sapremo che è lì che vogliamo andare*[27]». In questo senso, Ortega osserva che la capacità del computer di fungere da mediatore tra progettista e design trasforma il progettista in un "catalizzatore", un "meta-sistematizzatore".

Invece di un processo teleologico lineare deduttivo, progettare diventa un processo induttivo con un approccio sistemico e circolare che si alimenta in se stesso e privilegia gli aspetti performativi rispetto a ciò che è meramente descrittivo (2017).

1.3.3 Digitalizzazione e nuove modalità decisionali

La progettazione computazionale consente una diversa trasposizione tra pensiero e azione, tra lettura e interpretazione dei fenomeni, aprendo la possibilità di analizzare più scenari alla ricerca di una vasta gamma di soluzioni. Il passaggio a un paradigma simulativo da uno rappresentativo, guidato dallo sviluppo dei strumenti computazionali di form-finding e di ottimizzazione topologica, nonché dei sistemi di produzione file-to-factory, ha abbassato la soglia di accesso all'esplorazione di soluzioni morfologiche "non-standard", derivanti da processi evolutivi e selettivi (Frazer, 1995). In questi casi, l'approccio tradizionale, tipico del metodo di progettazione autoriale derivato dalla tradizione rinascimentale e basato sulla priorità del progetto rispetto alla sua realizzazione fisica, sembra perdere la sua centralità in vista: da un lato, delle logiche collaborative supportate dalla diffusione di piattaforme simulative BIM-based; dall'altro, di fronte al peso crescente che l'automazione assume nei processi computazionali.

In questo senso, il contributo delle macchine e dei software digitali è fondamentale, in quanto essi «*sono dispositivi per ottenere insieme ampia libertà progettuale e stretto controllo sugli esiti realizzati*[28]». Se ciò nel primo caso ciò è reso possibile dal "feedback automatico" che i sistemi di progettazione parametrica, basati su script algoritmici, possono gestire nei rapporti tra modifiche locali e globali nel modello, nel secondo caso emerge un ambiguo rapporto causa-effetto dei processi generativi, in cui la "coltivazione" delle forme assume connotazioni autonome e casuali, mentre il ruolo del progettista è quello di verificare la plausibilità dei "frutti" di questi meccanismi evolutivi (Fig. 16).

In "Note sulla Sintesi della Forma", Christopher Alexander ha già messo in guardia su come i problemi progettuali di tale complessità rischino di rimanere irrisolti, scoraggiando piuttosto i progettisti e lasciando avanzare soluzioni arbitrarie (1964): il progettista dell'era digitale si trova di fronte a un processo "selettivo" in cui il rischio è quello di fare una scelta che, alla fine, trova la sua giustificazione non in una logica basata sulla valutazione dei risultati, ma piuttosto nel fatto stesso che sia possibile compierla. Il progetto digitale dovrebbe, invece, essere sempre il risultato di una scelta ponderata, seppur tra una vasta gamma di possibili esiti. Queste soluzioni, per quanto inaspettate possano apparire, sono il risultato di una ricerca guidata dal progettista stesso, che ha il compito di impostare i parametri alla base e di "congelare" una configurazione, nel dinamismo generativo "infinito" dei sistemi algoritmici, stabilendo quando il processo di progettazione è davvero "finito" (Mitchell, 1990).

Se, secondo John Chris Jones, il digitale rappresenta la chiave di una riconfigurazione scientifica del processo progettuale, attraverso il quale superare i paradigmi artigianali di "trial and error" tipici anche delle componenti euristiche del progetto (1970), secondo Chris Anderson il digitale aprirebbe la porta a un'epistemologia basata su metodi algoritmici, abduttivi e non causali (2008), che, come sottolinea Mario Carpo, permettono di considerare un computer non come un buon ingegnere, ma come un buon artigiano. La caratteristica principale delle metodologie di progettazione digitale è nella possibilità di "cercare senza classificare" (*searching without sorting*), delegando alle potenzialità di analisi dei computer l'onere di verificare infinite soluzioni progettuali per consentire all'architetto di selezionare la "best fit" secondo procedure automatiche, ma impostate e sviluppate a partire dalla propria sensibilità (Carpo, 2017).
La possibilità di generare infinite variabili progettuali grazie alla maggiore potenza computazionale dei computer oggi disponibili permette al progettista di porsi in un modo completamente nuovo verso il ruolo dell'automazione nei processi decisionali. L'architetto apparentemente agisce come un selettore di alternative generate dalla combinazione automatica di parametri che il progettista stesso ha stabilito o dedotto dai risultati delle valutazioni simulative computer-aided.
Secondo la definizione di Bernard Cache, a sua volta mutuata da Gille Deleuze e dal volume che egli dedicò a Leibniz e al Barocco, l'architetto in tal senso non è più autore di oggetti, ma di "objectile", cioè sistemi di relazioni variabili che cambiano in base alla variazione dei parametri di informazione (Deleuze, 1988; Cache, 1998). Ortega, in tal senso, nota come i sistemi parametrici essenzialmente richiedono che i progettisti sviluppino algoritmi piuttosto che oggetti: il progettista come "autore di oggetti" lascia il posto al progettista come "autore di objectile" (Fig.17).
Il termine objectile (o "oggetto-materia") è contrapposto in termini geometrici al concetto di soggettivo: il secondo ha a che fare con superfici aperte, mentre il primo ha a che fare con superfici chiuse o volumi solidi. Objectile fa riferimento, perciò, a oggetti non-standard, che sono variabili e progettati in maniera parametrica.
In occasione della loro partecipazione alla mostra "Non-Standard Architecture", inaugurata al Centre Georges Pompidou il 10 dicembre 2003, Bernard Cache e Patrick Beaucè hanno proposto il loro manifesto teorico, "Vers un mode de production non-standard", in cui si dichiara che «*la scrittura di software è allo stesso tempo il genere principale della cultura contemporanea e allo stesso tempo il terreno privilegiato di un confronto delle forze che organizzano la produzione nelle nostre società*[29]». Considerando l'effettiva ascesa dell'AI e le preoccupazioni per una progressiva automazione nel processo decisionale, le prime sperimentazioni di progettazione generativa negli anni 2000 pongono una domanda rilevante sul *sense-making* nei processi di progettazione computazionale, che sembra strettamente correlato al ruolo del progettista e alla sua consapevolezza sulle conseguenze delle tecnologie digitali nell'ecosistema delle costruzioni, nei contesti socio-economici e urbani.
L'obiettivo della mostra "Non-Standard Architecture", è stato quello di indagare come la "catena digitale" possa cambiare l'intera economia della produzione architettonica, dall'ideazione alla realizzazione, con implicazioni sociali nell'instaurazione di nuove relazioni tra designer e performer e tra designer stessi (Donà, 2004).
Nonostante una riconoscibilità formale dei processi digitali nelle opere architettoniche, è legittimo soffermarsi, come fa Bernard Cache, sulla reale necessità di contribuire a queste "metamorfosi", al di là della possibilità tecnica di farlo: «*A quali condizioni può avere significato un termine come architettura non standard? Forse è più facile iniziare a rispondere in modo negativo. Se, infatti, l'architettura non standard consiste nel generare superfici più o meno morbide che saranno poi chiamate edificio trasferendole in una batteria di software di produzione al fine di creare tipi di sculture molto costosi che non hanno più alcuna relazione con la sedimentazione storica e sociale che compone una città, allora stiamo solo perpetuando il mito romantico dell'artista-architetto*[30]».
La teoria dell'objectile di Deleuze e Cache implica un modello decisionale "stratificato" (*split-agency*), dove esiste un cosiddetto "autore principale", il creatore dell'algoritmo generativo, ossia del primo codice genetico del progetto, accompagnato da un numero teoricamente infinito di altri "decisori" che interagiscono con esso e modificano i suoi parametri con le variabili dei modelli originali. In questo modo, il "primo" autore ha il compito di stabilire la variabilità del modello e l'intervallo entro il quale i suoi valori possono essere modificati, mentre gli altri possono adattare il modello alle esigenze locali.

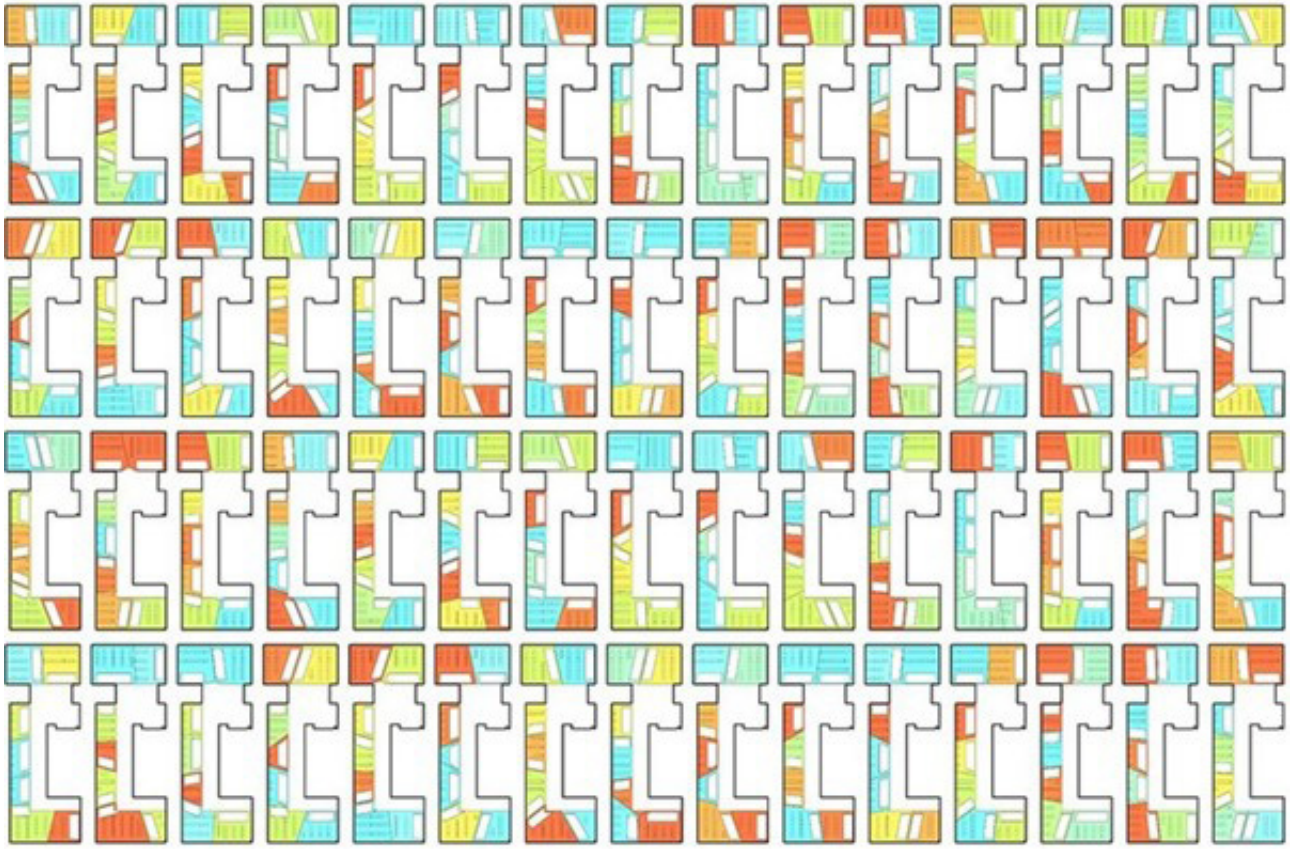


Fig. 16 - Porzione dei risultati generati automaticamente dall'algoritmo di valutazione dei differenti scenari di progetto. Ogni configurazione differisce dall'altra per variazioni incrementali dei parametri, in relazione a valori quantitativi di input. MaRS Office, Living Lab, 2017.

Fig. 17 - NOX, Lars Spuybroek, SoftOfficeUK, "Non- Standard Architecture", Parigi, 2003-2004.

Nella stessa definizione tecnica di parametricismo, quindi, c'è una riconfigurazione cruciale per quanto riguarda il concetto di authorship: se la progettazione algoritmica si basa sulla creazione di sistemi variabili, chi progetta materialmente ogni variazione e chi sceglierà la soluzione migliore? Agli albori del cosiddetto "Web 2.0", si riteneva che il miglior veicolo per condividere le responsabilità decisionale fosse la collaborazione reciproca degli utenti partecipanti. La possibilità di lasciare ogni decisione a una ricerca *google-like* di soluzioni già esistenti, non più attraverso la ricerca ma attraverso motori di ricerca, colloca il ruolo dell'architetto ai piedi della realizzazione di una sorta di intelligenza collettiva (Levy, 1994) per la quale il valore dell'elemento più ricorrente all'interno di un gruppo costituisce essa stessa la soluzione migliore.
A partire dall'Ottocento, con la prima industrializzazione e la nascita delle professioni ingegneristiche, l'edilizia è diventata un'attività negata alla comunità perché non più legata all'artigianato, ma alle pratiche industrializzate dell'era meccanicistica (Nardi, 1986). Ciò ha portato alla nascita di nuove figure professionali che hanno dovuto svolgere attività specializzate e, allo stesso tempo, come sottolinea Tomàs Maldonado, lo spostamento della "volontà creativa" delle persone comuni verso il "fenomeno dei brevetti" (Maldonado, 1992), di cui il movimento maker (in auge soprattutto nello scorso decennio) sembra essere un revival. Allo stesso modo, come osserva Carpo, l'evoluzione delle piattaforme collaborative BIM Based, dei sistemi di produzione file-to-factory e della customizzazione di massa stanno determinando un ampliamento del concetto di autorialità in architettura, che era rimasto sostanzialmente invariato da quando Leon Battista Alberti, nel suo "De Re Aedificatoria", ha per primo segnato la differenza tra architetto e costruttore.
Il paradosso della responsabilità decisionale nell'era digitale sembrerebbe dunque racchiuso nella duplice capacità dei sistemi data-driven: da un lato, una maggiore capacità di condivisione delle scelte, supportata sia dalle piattaforme BIM-based che dal Web; dall'altro, la possibilità di delegare compiti sempre più complessi a intelligenze computazionali, la cui complessità rende praticamente impossibile effettuare verifiche a ritroso da parte del progettista-umano.
«*La famiglia di software nota come Building Information Modeling (BIM), originariamente uno strumento di gestione utilizzato per facilitare la stima dei costi e lo scambio di informazioni tra architetti e appaltatori, sta rapidamente diventando una piattaforma di progettazione a tutti gli effetti e imponendo la sua logica collaborativa a tutti i soggetti coinvolti. Il ciclo di feedback più veloce e interattivo del BIM tra progettisti e appaltatori trascende la tradizionale separazione tra concezione ed esecuzione inerente al modello albertiano e incorporata nella maggior parte dei modelli di business attuali. Eppure i designer digitali, che così spesso si risentono - più o meno apertamente - della diminuzione dei loro moderni privilegi autoriali, sembrano desiderosi di prevedere un minor grado di determinazione del progetto quando ciò va a beneficio di un ordine superiore di indeterminazione, che spesso amano attribuire alla natura stessa*[31]».
La complessità delle istanze progettuali e la natura collaborativa dei nuovi strumenti digitali per la progettazione integrata stimolano un approccio aperto all'innovazione, a partire dalle dinamiche che esistono tra i diversi operatori lungo tutta la filiera. In questo contesto, nonostante i fatalismi che seguono l'ascesa dell'Intelligenza Artificiale e dell'automatismo computazionale, il ruolo del progettista è cruciale, poiché assume il compito di valutare le condizioni di innovazione dell'accettabilità sociotecnica: una sensibilità umana, etica e politica allo stesso tempo, particolarmente volta a intercettare vettori di trasformazione in contesti mutevoli ed emergenti.
A seguito dell'introduzione delle ICT nel processo edilizio, ogni progetto tende a rappresentare una nuova "rinegoziazione" tra progettista e industria, tra strumenti di comunicazione e di elaborazione, tra singolo e collettività. La digitalizzazione, infatti, determina una contrazione dei momenti ideativi, produttivi e realizzativi, riconfigurando la sequenzialità delle fasi in una continua iterazione di flussi informativi all'interno di piattaforme multidisciplinari, come quelle BIM-based, che supportano la collaborazione tra progettisti, consulenti e industria attraverso la condivisione di un unico modello informativo tra tutti gli agenti coinvolti e in ogni fase del processo.
Emergerebbe, pertanto, che la duplice dimensione progettuale della trasformazione digitale, ossia computazionale e collaborativa, collochi il progetto in una posizione di intermediazione tra le nuove forme di intelligenza che informano i processi informativi tra studio di architettura, consulenti e industria. L'efficacia dell'attività progettuale, allora, si fonderebbe sulla capacità di

elaborare, all'interno della gestione dei flussi informativi dei metodi cognitivi e dei linguaggi in grado di riconoscere, interpretare e tradurre le istanze di progetto in modo da stabilire una mediazione tra le nuove tecnologie emergenti e i valori della progettazione (Gabriel & Lou Maher, 1999), con l'obiettivo di garantire la legittimità delle decisioni intraprese.
Infatti, le ampliate possibilità di confronto "di massa", offerte dalle piattaforme BIM-based, potrebbero condurre sia, avverte Mario Carpo, ad un appiattimento delle soluzioni, allorquando il progettista non possieda capacità di mediazione tali da garantire il superamento del mero compromesso (Carpo, 2017); sia, auspica l'antropologo digitale Luca De Biase, ad una proficua condivisione dei saperi sviluppata attraverso un coinvolgimento partecipativo e allargato (De Biase, 2016). D'altra parte, la natura delle logiche generative computazionali, che metabolizzano quantità di dati proibitive per l'intelligenza umana, necessiterebbe, parafrasando Luciano Floridi, che il progetto diventi strumento di controllo semantico in cui spetta all'architetto, quindi, quello di "agente di senso", in grado di dialogare con e attraverso le macchine, sviluppando una grammatica condivisa ed elaborando, nel progetto, gli strumenti cognitivi atti a riconoscere le "pseudo-informazioni": informazioni derivanti da processi digitali proceduralmente congruenti, ma privi di reale significato e quindi incapaci di generare nuova conoscenza (Galluccio, 2021; Fig. 18).
In questo senso, «*essere un architetto comprenderà affrontare sempre più "wicked problems" nel futuro, tra cui proprio quello relativo al controllo dei sistemi di progettazione basati sull'Intelligenza Artificiale, per quanto affidabile possa essere, sviluppando le tecnologie emergenti al servizio, piuttosto che in sostituzione, della nostra capacità di risolvere problemi complessi*[32]».

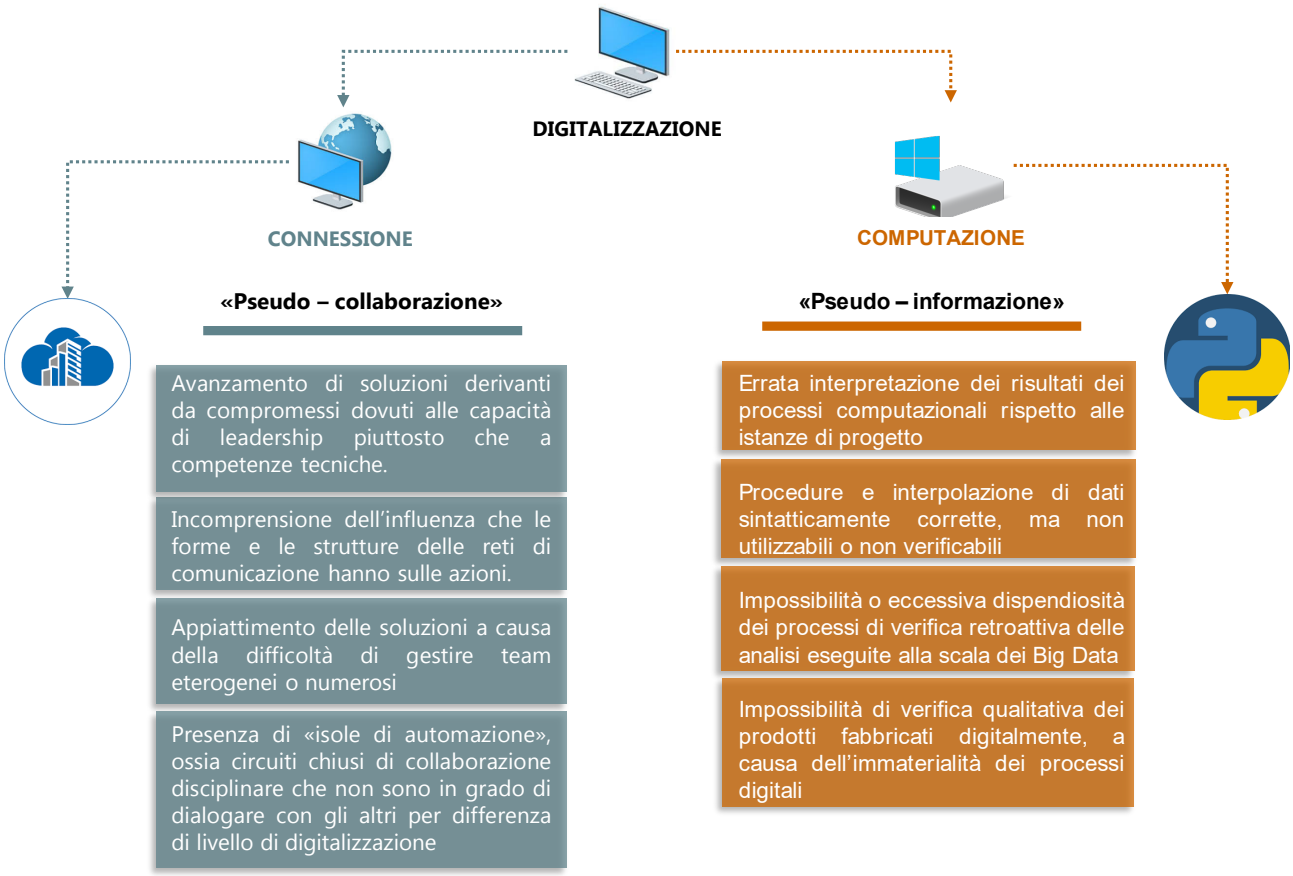


Fig. 18 - Pseudo-collaborazione e pseudo-informazione: nonostante l'apparente semplicità con cui i sistemi computazionali svolgono compiti complessi, questi ultimi richiedono un monitoraggio attento dei singoli passaggi e degli esiti ad essi corrispondenti, dal momento che la corretta applicazione delle procedure di Information Management non garantisce necessariamente l'efficacia delle scelte progettuali.

Le parole del capitolo.
Network bibliometrico dei termini adoperati con maggiore frequenza realizzato mediante VosViewer

ettista
il ruolo
menti
decision maker
bim
procedure
processi
progetto
realizzazione
protocolli
condivisione
gestione
progettazione computazionale

Note e reference

Note

1 Le Information and Communication Technologies, benché comunemente associate a dispositivi di telecomunicazione e digitali, sono intese in questo contesto, seguendo l'interpretazione del filosofo Luciano Floridi, come qualsiasi tipologia di strumento in grado di registrare, accumulare, codificare e trasmettere informazioni consentendo, a partire dall'invenzione della scrittura (quarto millennio a.C.), il passaggio dell'umanità dalla preistoria alla storia. Cfr. Floridi, L. (2017), *La quarta rivoluzione. Come l'infosfera sta trasformando il mondo*, Raffaello Cortina, Milano pp. 2 -7.

2 Dedomena (in greco antico Δεδομένα: "ciò che viene dato") è un lavoro di Euclide, primo libro degli Elementi (attribuito al 300 a.C.). Il termine resta sostanzialmente invariato nel latino "datum" fino all'italiano corrente "dato", in cui ha valore di participio passato del verbo "dare".

3 Luciano Floridi riporta che: «*the physics of information is consistent with two slogans, this time popular among scientists, both favourable to the proto-physical nature of information. The first is by Norbert Wiener (1894-1964), the father of cybernetics: "information is information, not matter or energy. No materialism which does not admit this can survive at the present day." The other is by John Archibald Wheeler (1911-2008), a very eminent physicist, who coined the expression "it from bit" to indicate that the ultimate nature of physical reality, the 'it', is informational, comes from the 'bit'*». Cfr. Floridi, L. (2010), *Information. A very short introduction*, Oxford University Press, London, pag. 62. Cfr. Longo, G. O. (1998), *Il Nuovo Golem. Come il computer cambia la nostra cultura*, Laterza, Bari.

4 Secondo una interpretazione dell'evoluzione umana attraverso una chiave di lettura "informativa", la fine della preistoria e l'inizio della storia corrispondono all'introduzione di strumenti per la registrazione di eventi e la conseguente accumulazione e trasmissione di informazioni, avvenuta con l'invenzione della scrittura. L'"iperstoria", al contrario della fase precedente, si caratterizza per l'indispensabilità delle tecnologie ICT nel benessere umano e sociale. I tre momenti così individuati non rappresentano una scansione cronologica in sé, quanto piuttosto una descrizione qualitativa: non un "quando", ma piuttosto "come" le persone vivono. Cfr. Floridi, L. (2017), *ibidem*, pp. 1-26.

5 Uno zettabyte equivale a 1021 byte, ossia 1 triliardo di byte.

6 Cfr. Floridi, L. (2017), *ibidem*, p. 13.

7 In particolare, Ciribini fa a sua volta riferimento a Vattimo, G. (1984), "Le deboli certezze" in *Alfabeta*, n. 67 (6).

8 Cfr. Giuseppe Ciribini, *Tecnologia e progetto. Argomenti di cultura tecnologica della progettazione*, CELID, Torino, 1984.

9 Intervista al filosofo francese Bernard Stiegler di Daniele Mont D'Arpizio per l'Università degli studi di Padova, 11 ottobre 2019. [Online] Available at: https://www.youtube.com/watch?v=HSbJnw3BlXs&feature=youtu.be (Accessed: 21 May 2020).

10 Cfr. Anderson, C. (2008), "The End of Theory: The Data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete "in *Wired*, 23 Giugno 2008 [Online] Availabe at: https://www.wired.com/2008/06/pb-theory/ (Accessed 21 May 2020).

11 *Ivi*.

12 Carpo, M. (2019), "How computers think and make" in Craftmanship in the Digital Age. Architecture, Values and Digital Fabrication, pp.32-35, Aedes Network Campus, Berlino.

13 *Ivi*.

14 Alessandro Bogliolo è coordinatore di Europe Code Week e autore di CodeMOOC, piattaforma online gratuita per l'insegnamento del coding all'interno delle scuole primarie e secondarie. Cfr. Bogliolo, A. (2016), *Coding in your Classroom, Now! Il pensiero computazionale è per tutti, come la scuola*, Giunti Scuola, Firenze.

15 Cfr. Longo, G.O. & Vaccaro, A. (2013), *Bit Bang. La nascita della filosofia digitale*, Apogeo, Milano.

16 Cfr. Maldonado, T. (1976), *Disegno Industriale: un riesame*, Feltrinelli, Milano, p.16.

17 Cfr. Gershenfeld, N. (2012), "How to Make Almost Anything. The Digital Fabrication Revolution", *Foreign Affairs*, vol.91 (6), pp. 42-57.

18 Cfr. Leroi-Gourhan, A. (1945), *Milieu et techniques*, Albin Michel, Paris.

19 Cfr. Campioli, A. (1993), *Il contesto del progetto. Il costruire contemporaneo tra sperimentalismo high-tech e diffusione delle tecnologie industriali*, Franco Angeli, Milano, p. 49.

20 I dati forniti dal Mc Kinsey Global Institute, uno dei principali osservatori internazionali sul settore delle costruzioni, pubblicati all'interno del report "Imagining construction's digital future" del 2016 (cfr. "Reference" del presente capitolo), descrivono il comparto dell'industria AEC come quello caratterizzato da uno dei più bassi indici di digitalizzazione tra tutti i settori produttivi. Il grado di maturità, in termini di investimento in tecnologie, soluzioni e sistemi innovativi, è stato misurato attraverso la comparazione di tre parametri:

- *assets* (risorse), in cui si tiene conto del livello generale di digitalizzazione dell'impresa, della percentuale di capitale investito per implementare nuove risorse innovative e dunque, in definitiva, della misura dell'importanza che le nuove tecnologie rivestono nelle strategie aziendali;
- *usage* (utilizzo), distinto in transazioni, interazioni, processi relativi al business o alle campagne e le strategie di marketing;
- *labor* (lavoro), che valuta l'impatto delle nuove tecnologie sulla digitalizzazione del lavoro, oltre che l'investimento dell'azienda nell'aggiornamento delle proprie risorse umane.

21 Mobile Internet, Automation of Knowledge Work, Internet of Things, Cloud, Advanced Robotics, Autonomous and near-autonomous vehicles, Next-generation genomics, Energy storage, 3-D printing, Advanced materials, Advanced oil and gas exploration and recovery, Renewable energy.
Cfr. McKinsey Global Institute (2013), "Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy" [Online] Available at: https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/disruptive-technologies (Accessed 4 December 2021).

22 «*Il "lavaggio BIM" (BIM Wash) è un termine che descrive l'inflazionata – e talvolta ingannevole – pretesa di usare o consegnare prodotti o servizi di Building Information Modelling. Un'organizzazione che sfrutta il lavaggio BIM tipicamente si impegna nella promozione e in rivendicazioni della capacità BIM all'interno del suo staff, del sito web, delle presentazioni del progetto e/o dei materiali di marketing. Il termine "Lavaggio BIM" deriva da Whitewash, "una vernice bianca a buon mercato o rivestimento di calce col gesso utilizzato per dare rapidamente un aspetto pulito uniforme per un'ampia varietà di superfici" [Enciclopedia Britannica, 2003]. Metaforicamente, la forma verbale della parola significa «sorvolare o coprire i vizi, crimini o scandali o per scagionare tramite […] la presentazione di parte dei dati*». Cfr. Nissim, M. (2015), "Comprendere il 'Lavaggio BIM'" [Online] Available at: https://www.ibimi.it/lezione-16-comprensione-del-lavaggio-bim/ (Accessed 4 December 2021).

23 Sebbene all'acronimo LOD siano associati, quasi come sinonimi, i termini Detail e Development, o ancora Definition (presente nelle normative anglosassoni - PAS 1192-2), esistono specifiche differenze che ne denotano interpretazioni diverse a seconda del sistema di riferimento. Alcune fonti precisano come «*il "livello di dettaglio" è una misura della quantità di informazioni fornite. Poiché è solo una misura della quantità, l'assunto di base è che tutte le informazioni fornite sono rilevanti per il progetto e quindi possono essere affidabili con certezza. Il "livello di sviluppo" è il grado in cui la geometria dell'elemento e le informazioni annesse sono state pensate - il grado in cui i membri del team di progetto possono fare affidamento sulle informazioni quando usano il modello. In sostanza, il livello di dettaglio può essere pensato come un input all'elemento, mentre il livello di sviluppo è un output affidabile*» (cfr. https://www.a2kstore.com/levels-of-development-levels-of-detail-lod-explained).
In generale, nel sistema americano (BIMForum 2019 Level of Development Specification - https://bimforum.agc.org/lod/) il LOD fa riferimento al grado di approfondimento informativo e geometrico di singoli elementi o categorie di elementi di un modello BIM, ossia di specifici oggetti digitali, e non al livello di sviluppo dell'interno progetto, secondo una scala di 5 livelli (100, 200, 300, 400, 500) più uno (350) introdotto nel 2013. Nel sistema anglosassone, definito dalle PAS 1192 -2 DEL 2013, il LOD rappresenta il "livello di definizione", distribuita in 7 livelli, che comprende separatamente il dettaglio geometrico e quello informativo, relativi però, «a*l contenuto grafico (e non grafico) dei modelli in ciascuna delle fasi*» *(cfr. BSI, 2013). Il NBS BIM Toolkit, sviluppato nel 2015 dal Technology Strategy Board, presenta ancora una nuova definizione di LOD ma, stavolta, relativo allo sviluppo geometrico (LOD) e informativo (LOI) degli oggetti, e non dei modelli, articolate nel primo caso in 4 livelli (da 2 a 5), nel secondo in 5 (da 2 a 6). Il sistema italiano ricalca quest'ultima specificazione, distinguendo in LOG (geometrico) e LOI (informativo), codificati in lettere piuttosto che numeri (da A a G, con*

possibilità di inserire valori intermedi) e relativi agli oggetti BIM e non agli interi modelli o alla fase di sviluppo del progetto». Cfr. Sattanino, E. (2018), "I LOI nelle scale di LOD USA, UK, ITA", *Ingenio-web* [Online] Available at https://www.ingenio-web.it/18926-i-loi-nelle-scale-di-lod-usa-uk-ita [Accessed: 19 May 2020].
La UNI EN ISO 19650:2019 abbandona entrambi termini, per abbracciare quello di "Level of Information Need" (LOIN), con l'obiettivo di ottimizzare ulteriormente i flussi informativi e contenere i rischi di trasmissione di dati ridondanti o superflui, valutando a seconda di ogni diverso elaborato di progetto. La UNI EN 17412-1 "Building Information Modelling - Livello di fabbisogno informativo - Parte 1: Concetti e principi" del 2021 descrive i concetti e i principi per stabilire una metodologia per specificare il livello di fabbisogno informativo e la consegna di informazioni in modo coerente quando si utilizza il Building Information Modeling (BIM). La norma specifica le caratteristiche dei diversi livelli utilizzati per definire il dettaglio e la portata delle informazioni che devono essere scambiate e fornite durante il ciclo di vita dei beni edilizi. Fornisce, inoltre, le linee guida per i principi necessari per specificare i fabbisogni informativi. I concetti e i principi di questa norma possono essere applicati per uno scambio di informazioni generali e, mentre è in corso, per un modo generalmente concordato di scambio di informazioni tra le parti in un processo di lavoro collaborativo, nonché per un appuntamento con la consegna di informazioni specifiche. Il livello di fabbisogno informativo fornisce metodi per descrivere le informazioni da scambiare secondo il capitolato informativo che specifica lo scambio di informazioni desiderato. Il risultato di questo processo è una consegna di informazioni. La norma è applicabile all'intero ciclo di vita di qualsiasi bene costruito, inclusi pianificazione strategica, progettazione iniziale, ingegneria, sviluppo, documentazione e costruzione, funzionamento quotidiano, manutenzione, ristrutturazione, restauro e fine vita. I concetti e i principi contenuti nel documento sono rivolti a tutti coloro che partecipano al ciclo di vita del cespite immobile. Ciò comprende, in termini non esaustivi, il proprietario/operatore del cespite immobile, il committente, il gestore del cespite immobile, il gruppo di progettazione, i soggetti incaricati della costruzione, i fabbricanti dell'attrezzatura, un tecnico specialista, le autorità legislative, gli investitori, gli assicuratori e gli utenti finali. Cfr. UNI (2021), "BIM: livello di fabbisogno informativo" [Online] Available at: https://www.uni.com/index.php?option=com_content&view=article&id=10768:bim-livello-di-fabbisogno-informativo&catid=170&Itemid=2612 (Accessed 12 December 2021).

24 Cfr. Negroponte, N. (1995), *Being Digital*, Alfred A. Knopf, New York.

25 Cfr. Corbellini, G. (2016), *Lo spazio dicibile. Architettura e narrativa*, LetteraVentidue, Siracusa, p. 45.

26 Originariamente comparsa in Covey, S. (1989), *The 7 Habits of Highly Effective People*, Free press, New York (trad. it *I sette pilastri del successo*, Bimpiani, Milano, 1991), "to begin/starting with the end in mind" è ben presto divenuta il motto dei promotori della metodologia BIM nel settore delle costruzioni.

27 Cfr. Mau, B. (1998), *Incomplete Manifesto for Growth*. [Online] Available at: https://brucemaustudio.com/projects/an-incomplete-manifesto-for-growth/ (Accessed 4 December 2021).

28 Corbellini, G. (2016), *Lo spazio dicibile*, op. cit. p. 53.

29 Cfr. Cache, B. & Beaucè, P. (2007), *Objectile: Fast-wood: a Brouillon Project*, Ambra Verlag, Wien. Per il testo e alcune immagini della mostra, confronta anche: Donà, T. (2004), "Non-Standard Architecture". [Online] Available at: http://architettura.it/sopralluoghi/20040104/index.htm (Accessed 4 December 2021).

30 *Ibid.*

31 Cfr. Carpo, M. (2012), "Digital Darwinism: Mass Collaboration, Form-Finding, and the Dissolution of Authorship", *Log*, n. 26, pp. 97-105.

32 Con problemi "wicked" si intendono quei problemi, particolarmente nell'ambito della progettazione e della pianificazione, che denotano una resistenza alla risoluzione a causa della natura contraddittoria o incerta dei loro requisiti. Cfr. Rittel, Horst W. J. Webber, Melvin M. (1973). "Dilemmas in a General Theory of Planning" in *Policy Sciences* ,n. 4, pp. 155-169. Confronta anche Bernstein, P. (2018), *Architecture, Design, Data. Practice competency in the era of computation*, Birkhauser, Basel, p. 31.

Reference

Ahlquist, S., Menges, A. (2011), "Computational design thinking" in *Computational Design Thinking*, Wiley & Sons, West Sussex.

Alexander, C.W. (1964), *Notes on the Synthesis of Form*, Harvard University Press, Cambridge.

Alexander, C. W. (1977), *A pattern language. Towns, buildings, construction*, Oxford University Press, London.

Beaucè, P., Cache, B. (2007), *Objectille: Fast-wood: a Brouillon Project*, Ambra Verlag, Wien.

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

Bratton, B. H. (2016), *The Stack. On Software and Sovereignty*, MIT press, Cambridge.

Cache, B. (1998), *Objectile*, Hyx, Orléans.

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

Campioli, A. (1988), *I presagi di un nuovo costruire. Il linguaggio delle tecniche esecutive nell'architettura della seconda età della macchina*, Franco Angeli, Milano.

Campioli, A. (1993), *Il contesto del progetto. Il costruire contemporaneo tra sperimentalismo high-tech e diffusione delle tecnologie industriali*, Franco Angeli, Milano.

Campioli, A. (2017), "Il carattere della cultura tecnologica e la responsabilità del progetto", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 13, pp. 27 – 32.

Caputi, M., Odorizzi, P., Stefani, M. (2015), *Il Building Information Modeling - BIM. Valore, gestione e soluzioni operative*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN).

Carpo, M. (2011), *The Alphabeth and the Algorithm*, The MIT Press, Cambridge.

Carpo, M. (2012), "Digital Darwinism: Mass Collaboration, Form-Finding, and the Dissolution of Authorship", *Log*, n. 26, pp. 97-105.

Carpo, M. (2017), T*he Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*, MIT press, Boston.

Carpo, M., (2019), "How computers think and make" in Feireiss, K. (ed.), *Craftmanship in the Digital Age. Architecture, Values and Digital Fabrication*, Aedes Network Campus, Berlin, pp.32-35.

Ciribini, G. (1984), *Tecnologia e progetto. Argomenti di cultura tecnologica della progettazione*, CELID, Torino.

Ciribini, G. (1987), "Cultura tecnologica della progettazione" in Gangemi, V., Ranzo, P. (ed.), *Il governo del progetto*, Luigi Parma, Bologna.

Ciribini, A.L.C. (2016), *BIM e digitalizzazione dell'ambiente costruito*, Grafill, Palermo.

Corbellini, G. (2016), *Lo spazio dicibile. Architettura e narrative*, LetteraVentidue, Siracusa.

De Biase, L. (2016), *Homo Pluralis. Essere umani nell'era tecnologica*, Codice edizioni, Torino.

Deleuze, G. (1988), *Le Pli, Leibniz et le baroque,* Minuit, Paris.

Donà, T. (2004), "Non-Standard Architecture" [Online] Available at http://architettura.it/sopralluoghi/20040104/index.htm (Accessed 4 December 2021).

Engelbart, D. (1962), "Augmenting Human Intellect. A Conceptual Framework" in *Summary Report*, Stanford Research Institute, Menlo Park, pp. 4-5.

Floridi, L. (2010), *Information. A very short introduction*, Oxford University Press, London.

Floridi, L. (2014), *The Fourth Revolution. How the Infosphere is Reshaping Human Reality*, Oxford University Press, London (trad. it. Floridi, L., *La quarta rivoluzione. Come l'infosfera sta trasformando il mondo*, Raffaello Cortina, Milano, 2017).

Floridi, L. (2015), *The Onlife Manifesto*, Springer, Berlin.

Frazer, J. (1995), *An Evolutionary Architecture*, AA Press, London.

Gabriel, G., Maher, M.L. (1999), "Coding and modeling communication in architectural collaborative design", in O. Ataman and J Bermudez (eds) *ACADIA '99*, ACADIA, pp. 152-166.

Galluccio, G. (2021), "L'architetto come 'agente di senso' nel dialogo tra nuove professionalità e tecnologie digitali" in *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 21, pp. 183-191.

Garber, R. (2014), *BIM design: realising the creative potential of building information modelling*, John Wiley & Sons, New Jersey.

Gershenfeld, N. (2012), "How to Make Almost Anything. The Digital Fabrication Revolution", *Foreign Affairs*, n. 91 (6), pp. 42-57.

Hayles, N. K. (1999), *How we became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature and Informatics*, University of Chicago Press, Chicago.

Hughes, W., Murdoch, J. (2001), *Roles in construction projects*, University of Reading Press, Reading.

ISTAT (2019), *Rapporto sulla competitività dei settori produttivi*.

Jones, J. C. (1970), *Design methods*, Wiley & Sons, Hoboken.

Kelly, K. (2017), *The Inevitable: Understanding the 12 technological forces that will shape our future*, Penguin USA, New York.

Kieran, S., Timberlake, J. (2004), *Refabricating Architecture. How Manufacturing Methodologies are poised to transform building construction*, McGraw Hill, New York.

Koyrè, A. (1961), *Du monde de l' à-peu-pres à l'univers de la précision*, Max Lecrerc, Paris (trad. it. Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione, Einaudi, Torino, 1967).

Leach, N. (2015), "There is no such thing as political architecture. There is no such thing as digital architecture", in Pool, M. & Shvartzber, M. (Eds.), *The Politics of Parametrics. Digital Technologies in Architecture*, Bloombsbury, London.

Leroi-Gourhan, A. (1945), *Milieu et techniques*, Albin Michel, Paris.

Levy, P. (1994), *L'intelligence collective. Pour une antrhropologie du cyberspace*, La Dècouverte, Paris.

Longo, G. O. (1998), *Il Nuovo Golem. Come il computer cambia la nostra cultura*, Laterza, Bari.

Maldonado, T. (1976), *Disegno Industriale: un riesame*, Feltrinelli, Milano.

Maldonado, T. (1992), *Reale e Virtuale*, Feltrinelli, Milano.

Manzini, E. et al. (1985), *L'architettura e la complessità del costruire. Concenzioni, linguaggi*, CittàStudi, Milano.

Mau, B. (1998), *Incomplete Manifesto for Growth*. [Online] Available at: https://brucemaustudio.com/projects/an-incomplete-manifesto-for-growth/ (Accessed 4 December 2021).

McKinsey & Company (2016), "Imagining construction's digital future", [Online] Available at: https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-

future (Accessed 03 October 2020).

McKinsey & Company (2017), "Culture for a digital age", [Online] Available at: https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/culture-for-a-digital-age (Accessed 03 October 2020).

McKinsey & Company (2018), "Seizing opportunity in today's construction technology ecosystem", [Online] Available at: https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/seizing-opportunity-in-todays-construction-technology-ecosystem (Accessed 03 October 2020).

Merschbrock, C. (2012), "Unorchestrated symphony: the case of inter-organizational collaboration in digital construction design" in *ITCON. Journal of Information Technology in Construction*, n. 17, pp. 333-350.

Mitchell, W. J. (1990), "A new agenda for Computer Aided Design", in McCollough, M., Mitchell, W. J. & Purcell, P. (eds), *The electronic design studio*, MIT Press, Boston.

Morin, E. (1977), *La Methòde. I: La Nature de la Nature*, Edition du Seuil, Paris.

Mortara, L., Napp, J., Slacik, I., & Minshall, T. (2009), *How to implement open innovation: Lessons from studying large multinational companies*, Cambridge Press, Cambridge.

Nardi, G. (1986), *Le nuove radici antiche. Saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura*, Franco Angeli, Milano.

Negroponte, N. (1969), "Towards a new Humanism through machines", *Architectural Design*, n.7, pp. 511-512.

Negroponte, N. (1995), *Being digital*, Alfred A. Knopf, New York.

Ortega, L. (2017), *The total designer. Authorship in architecture in the postdigital age*, Actar, Barcelona.

Parisi, L. (2018), "The intelligence of Computational Design" in Voyatzaki, M. (ed.), *Architectural Materialism. Nonhuman Creativity*, Edinburgh University Press.

Picon, F. (2018), *La matérialité de l'architecture*, Parenthèses, Paris.

Reiser, J., Umemoto, N. (2006), *Atlas of Novel Tectonics*, Princeton Architectural Press, New York.

Ross Sheer, D. (2014), *The Death of Drawing. Architecture in the Age of Simulation*, Routledge, Abingdon-on-Thames.

Russo Ermolli, S. (2020), *The Digital Culture of Architecture. Note sul cambiamento cognitivo e tecnico tra continuità e rottura*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN).

Schumacher, P. (2009), "Parametricism - A New Global Style for Architecture and Urban Design", *Architectural Design*, n. 79 (4), pp. 14-23.

Sennet, R. (2008), *The Craftsman*, Yale University Press, London.

Sinopoli, N. (1997), *La tecnologia invisibile. Il processo di produzione dell'architettura e le sue regie*, Franco Angeli, Milano.

Spadolini, P. (1981), "Progettare nel processo edilizio" in Zaffagnini, M. (ed), *Progettare nel processo edilizio. La realtà come scenario per l'edilizia residenziale*, Luigi Parma, Bologna.

Stiegler, B. (2015), *La société automatique: 1, L'avenir du travail*, Fayard, Paris.

Susca, V., de Kerckhove, D. (2008), *Transpolitica. Nuovi rapporti di potere e di sapere*, Apogeo, Adria.

van Berkel, B. (2019), "Crafting Materiality with the Digital" in Feireiss, K. (ed.), *Craftmanship in the Digital Age. Architecture, Values and Digital Fabrication,* Aedes, Berlin.

Weaver, W. (1949), "The Mathematics of Communication" in *Scientific American*, n. 181 (1), pp. 11-15.

2

PROCESSI DIGITALI DI GESTIONE DELL' INFORMAZIONE

Approcci data-driven per il supporto alle decisioni nel progetto

2. PROCESSI DIGITALI DI GESTIONE DELL'INFORMAZIONE. Approcci data-driven per il supporto alle decisioni nel progetto

Introduzione al capitolo

Piano di indagine	*Processuale*
Livello	*Teorico, basato sulla pratica*
Domanda	*Quali aspetti e quali criticità caratterizzano i possibili approcci decisionali al progetto basati sull'impiego di tecnologie e procedure data-driven?*
Obiettivo	*Illustrazione di tre approcci data-driven per l'elaborazione e valutazione di alternative progettuali, contestualizzandoli attraverso la lettura analitica di exempla progettuali ed evidenziandone gli aspetti di maggiore criticità e interesse*

La digitalizzazione determina specifiche condizioni tecniche, metodologiche e di influenza nei processi decisionali del progetto, legate al valore che viene attribuito al dato e alle procedure implementate per la raccolta, elaborazione e trasmissione delle informazioni. Tale valore sottende, a sua volta, a molteplici aspetti della cultura digitale del progetto che hanno ripercussioni significative sulle modalità di formulazione delle scelte.
La digitalizzazione, infatti, funge da fattore incrementale all'interno dei processi decisionali tradizionali: consente di attingere a maggiori quantità di dati (ambientali, economici, sociali, ecc.); permette di ampliare la partecipazione collaborativa alle scelte attraverso la comunicazione mediante piattaforme BIM-based; concede di velocizzare l'acquisizione di feedback "materiali" mediante l'utilizzo di strumenti per la prototipazione rapida file-to-factory. L'esigenza di standardizzare i protocolli di trasmissione, ad esempio vincolando all'utilizzo di formati aperti di interscambio[1] oppure all'adozione di specifiche processualità per l'elaborazione delle informazioni, necessità proprio di una capacità interpretativa affinché, dai protocolli, la standardizzazione non riguardi anche i processi, impoverendo la portata inventiva del progetto.
Il carattere di transizione riconosciuto nel digitale ne configura, innanzitutto, la sua "integrabilità" all'interno delle prassi consolidate, anche nell'ambito di contesti progettuali caratterizzati da asimmetrie in termini di maturità tecnologica da parte degli operatori coinvolti, a patto di individuare strategie di "adattabilità" delle procedure di Information Management (Russo Ermolli & Galluccio, 2021).
Le potenzialità dei sistemi computazionali di operare con strutture numerabili di informazioni aprono, inoltre, a un vero e proprio utilizzo euristico delle ICT per generare e varare innumerevoli soluzioni e scenari, posizionando il progettista all'interno di un "campo di gradienti" (Reiser & Umemoto, 2006). Allo stesso modo, la capacità anticipatoria dei processi progettuali simulativi permette, ad esempio, di integrare istanze differenti (ambientali, economiche, distributive), informando in tempo reale il modo in cui il progettista definisce le strategie e le forme architettoniche, così come nella selezione dei materiali, dei sistemi costruttivi, tramite metodologie come quella del Life Cycle Assessment, sia alla scala dell'edificio che del singolo componente o materiale, sin dalle prime fasi del progetto (Marsh, 2006).
Secondo il framework definito nel primo capitolo della trattazione, costruito su tre livelli di indagine (tecnologico, procedurale, autoriale), gli aspetti del digitale nei processi di gestione dell'informazione per il supporto alle decisioni sono investigati attraverso tre approcci progettuali, corredati da casi studio e esperienze progettuali di rigenerazione urbana di best practice internazionali.
In particolare, si approfondiscono i rapporti tra progetto, produzione e procedure BIM-based; l'implementazione di tecnologie di simulazione e di organizzazione delle informazioni in chiave eco-efficiente e LCT; le potenzialità e le ricadute dell'utilizzo di sistemi computazionali algoritmici e AI-based per la generazione automatizzata di soluzioni progettuali.
Le esperienze raccolte sono pertanto selezionate a priorità di processo e rappresentano esempi riferibili a contesti e scale diverse.

2.1 Processi decisionali "tailor-made": standardizzazione e personalizzazione di procedure e prodotti

2.1.1 Caratteri "predigitali" e barriere culturali della trasformazione digitale

La digitalizzazione dell'industria AECO si caratterizza per essere un fenomeno trasversale, che riguarda tutte le componenti della filiera e, al loro interno, coinvolge allo stesso modo sia realtà professionali e produttive di recente nascita, sia quelle più profondamente radicate: «*già prima dell'apparizione dei computer, alcuni degli elementi che oggi sono identificati come caratteristici della cultura digitale - relazioni dinamiche, flussi, geometrie non-Euclidee, l'integrazione di geometrie naturali, ecc. - sono già stati intercettati dagli architetti predigitali, anche se è vero che essi sono stati approcciati in maniera metaforica, piuttosto che tecnica*[2]».
La comprensione dei principi cognitivi che stanno alla base delle tecnologie avanzate non dipendono perciò necessariamente dall'utilizzo di dispositivi informatici; tuttavia, una piena implementazione richiede il superamento di barriere che, nel settore delle costruzioni, riguardano soprattutto le peculiarità di un comparto caratterizzato dalla compresenza di prassi consolidate di impronta artigianale e strutture e metodi propri dell'industria matura (Campioli, 1993).
Riferirsi alla questione del digitale come dialettica tra artigianale e industriale rischia però, nell'esaltazione di una tecnica in quanto tale, di confondere la congruità delle soluzioni con la loro efficacia. Al contrario, il problema riguarda l'individuazione di linguaggi e tecniche rispetto alla loro accettabilità dalla cultura del proprio tempo, valutando il rischio che si riproponga, sulla scia di un nuovo positivismo in chiave digitale, il disagio e l'alienazione che ha connaturato il rapporto con l'architettura nella società post-industriale.
La complessità delle istanze del progetto e la natura collaborativa dei nuovi strumenti digitali per la progettazione integrata stimolano un approccio aperto all'innovazione, a partire delle dinamiche che intercorrono tra i diversi operatori lungo tutta la filiera.
In questo contesto, a dispetto dei fatalismi che accompagnano l'ascesa dell'Intelligenza Artificiale e dell'automatismo computazionale, risulta determinante il ruolo del progettista, il quale assume il ruolo di valutare le condizioni di accettabilità sociotecnica dell'innovazione: una sensibilità umana, etica e politica al tempo stesso, particolarmente rivolta ad intercettare vettori di trasformazione in contesti mutevoli ed emergenti.
In questo senso, già Guido Nardi ha evidenziato come la natura euristica del progetto, inteso come luogo delle possibilità e della sperimentazione, fornisca una dimensione che permette di comporre sincronicamente i fattori "irrazionali" della scienza e quelli "razionali" dell'arte, a vantaggio di una visione unitaria della pluralità dei saperi e dei loro meccanismi cognitivi e inventivi (Nardi, 1991).

2.1.2 Metodi non-standard per la customizzazione dei processi decisionali

Le esigenze quantitative emerse dall'emergenza abitativa post-bellica hanno orientato il mercato edilizio del secolo scorso verso la ricerca di soluzioni standardizzate[3] e prefabbricate, perfezionate e diffuse particolarmente dagli anni Settanta. Tali soluzioni, che hanno vissuto largo successo in virtù della loro economicità e velocità di assemblaggio, avevano, di contro, lo svantaggio di offrire configurazioni "bloccate" rispetto ai desideri e i reali bisogni degli utenti, vincolando i

progettisti alle scelte dettate dai produttori di sistemi costruttivi e quindi orientate unicamente al massimo profitto. A queste logiche è in gran parte attribuibile il disagio diffuso e la diffidenza verso l'industrializzazione edilizia, che ancora oggi influenza l'opinione pubblica.
Le recenti innovazioni in termini di processo e prodotto hanno coadiuvato la ricerca nella direzione di una ricucitura tra la qualità artigianale e la rapidità di esecuzione, riconsiderando il concetto di standardizzazione, anche in virtù dei mutati scenari che caratterizzano l'epoca contemporanea. Decadute le impellenze quantitative del dopoguerra, l'attuale scenario presenta condizioni opposte. In particolare, la domanda abitativa si caratterizza per una generale frammentazione, dovuta all'aumento della gamma di prodotti proposti.
Sempre più solida è la tendenza, da parte dei consumatori, a cercare prodotti personalizzati, unici, specifici rispetto alle singole esigenze (Anderson, 2014), così come si è diffuso il fenomeno della servitization, ovvero dell'offerta di soluzioni che integrino più servizi in uno, spesso in chiave digitale, permettendo di interfacciarsi con portali web mobili o app.
Le conseguenze, da un punto di vista industriale, si esplicitano nel passaggio da un paradigma di produzione di massa, orientato al prodotto fisico, standardizzato e realizzato in grandi serie, ad uno di personalizzazione (*customization*) di massa, in cui il prodotto viene realizzato in piccoli lotti attraverso macchine per la fabbricazione digitale e disegnato con strumenti software avanzati, al fine di soddisfare le esigenze particolari di specifici gruppi di consumatori.
Si passa, cioè, da un sistema per il quale molteplici macchinari producono tipologie limitate (se non uniche) di prodotti, con dimensioni vincolate, su larghissima scala, ad un altro per cui una vastissima gamma di elementi vengono prodotti, scalati, personalizzati, da una limitata varietà di macchinari. Se è vero che le potenzialità produttive delle macchine a controllo numerico riguardano la realizzazione di piccoli lotti, tale limite risulta accettabile considerando il taglio "tailor-made", ovvero su misura, della domanda.
Le nuove tecnologie di produzione non-standard aprono le porte al superamento dei paradigmi fordisti, mutando profondamente le logiche industriali (Reiser & Umemoto, 2006). Nel campo della progettazione e delle costruzioni, una delle prime conseguenze dovute all'utilizzo di nuovi strumenti, sia per la progettazione che per la produzione non standardizzata, risiede nell'introduzione del concetto di unicità: ogni elemento è al tempo stesso simile e diverso da elemento che vi si trovi accanto, richiedendo una concezione radicalmente diversa non solo della produzione, ma anche della catalogazione e della consegna.
In questo modo, il cantiere del progetto digitale si configura come luogo di produzione e/o assemblaggio di elementi non-standard, sia prefabbricati in officina che realizzati in opera da macchinari avanzati a controllo numerico (CNC), i quali permettono di superare i rigidi limiti di offerta e di variazione comportati dalla standardizzazione.
La diretta corrispondenza che si crea tra modellazione virtuale e produzione reale è capace di "aprire" a illimitate modificazioni formali e prestazionali, guidando la trasposizione da virtuale a reale attraverso un percorso protetto che tende a limitare i rischi di perdita di informazioni secondo un flusso di lavoro file-to-factory, cioè traducendo con macchine di derivazione industriale dei modelli digitali direttamente in produzione.
Nel progetto digitale, la diversificazione delle soluzioni distributive, così come quelle volumetriche, può avvenire a costi contenuti e senza gravare sui tempi di produzione e realizzazione.
In tali condizioni, il progetto si riconfigura in una complessa rete di relazioni, all'interno del quale informazioni diverse (geometriche, spaziali, tecniche ed economiche) vengono "selezionate" attraverso processi di simulazione, di analisi e di ottimizzazione, partendo da modelli informativi integrati e parametrici. Perciò, la prassi del progetto contemporaneo difficilmente può essere più ricondotta a pochi ben identificati modelli organizzativi, ma, al contrario, si caratterizza per una molteplicità di assetti processuali, nei quali vengono a mancare confini netti di ruoli e responsabilità dei diversi operatori (Campioli, 2005; Russo Ermolli, 2020).
L'integrazione tra progettazione, fabbricazione e costruzione, attraverso la continuità dei flussi informativi tra le varie fasi, rappresenta, specie se trasferita in maniera ampia nel settore AEC, un presupposto essenziale per assicurare una reale coerenza tra le fasi, a tutte le scale di intervento. A condizione, però, di avviare un radicale ripensamento dei tradizionali ruoli dei protagonisti, a partire proprio da quello dell'architetto.

2.1.3 Esempi di approcci decisionali data-driven. Il "pensiero delle differenze" tra standardizzazione e personalizzazione

Quali impatti determina, sui processi decisionali del progetto, la possibilità di poter gestire i dati acquisiti per elaborare soluzioni diversificate, non-standard e rivolte a soddisfare requisiti specifici degli utenti, nell'ambito di flussi informativi file-to-factory?
In che modo la capacità di "estrarre" informazioni dalla materia, di elaborarle e infine di trasferirle nuovamente agli oggetti fisici modifica le cognizioni del progetto e si integra con le conoscenze e le prassi consolidate nel tempo?
Nel caso del progetto per l'insediamento residenziale di Jackson Green, nel New Jersey progettato da GRO Architects (Box 1), le 22 unità residenziali realizzate avrebbero dovuto fornire una soluzione abitativa a costi contenuti in un'area oggetto di un importante intervento di rigenerazione urbana. I restrittivi vincoli economici hanno spinto i progettisti a incentrare il lavoro ad un'attenta analisi dei requisiti di progetto, soprattutto finalizzata a contenere tempi e costi di realizzazione, oltre che garantire adeguati standard di comfort e elevato rendimento energetico.
Attraverso l'impiego di strumenti parametrici per la generazione di differenti scenari di progetto, confrontabili e ottimizzabili, unitamente all'interoperabilità intrinseca dei software BIM-based, i limiti tradizionalmente imposti dalla standardizzazione sono stati superati per offrire soluzioni ad elevata variabilità, contenendo i costi di progettazione e realizzazione.
La nozione che le tecnologie BIM possono essere impiegate in maniera creativa e integrare al tempo stesso aspetti derivanti dai computi metrici o dal cronoprogramma nello sviluppo del progetto rappresenta un principio importante per GRO. Queste variabili sono perseguite sin dal principio della fase progettuale, e sono condivise tra il gruppo di progettazione come un moto per migliorare l'efficienza. Questo metodo di lavoro consente agli input di tipo ambientale o altri criteri di integrarsi alle fasi di sviluppo progettuale in modo che la definizione di ogni singolo aspetto ne tiene conto (Garber, 2014).
Nel progetto per lo Stavros Niarchos Foundation Cultural Center di Atene, avviato nel 2008 dal Renzo Piano Building Workshop (Box 2), la complessità dei requisiti di progetto e la difficoltà relativa alla gestione di team numerosi e dislocati nel mondo, ha imposto al RPBW di organizzare l'attività progettuale mediante l'implementazione di una piattaforma BIM-based, nonostante l'impiego fosse ancora limitato e scarsamente normato.
In assenza di protocolli precisi, lo Studio ha avanzato un programma di gestione dei flussi informativi finalizzato a regolare gli scambi di file, concordati su base settimanale, nonché i processi di archiviazione delle informazioni e di coordinamento tra i modelli per la verifica delle interferenze geometriche. Allo stesso tempo, governando tali processi, ha instradato le relazioni tra i partner in modo tale da sopperire alle specifiche asimmetrie in termini di maturità digitale (Maccioni et al., 2013).
L'interesse del RPBW di sperimentare la propria metodologia progettuale all'interno dell'ambiente informativo ha trovato riscontro nella rapidità con cui, sin dalle fasi di schematic design, le informazioni trasmesse, le scelte discusse e le soluzioni individuate potevano essere trasferite al modello e condivise in tempo reale. In questo senso, lo Studio ha richiesto che, contrariamente alla prassi, ingegneri e consulenti lavorassero direttamente ai file, piuttosto che delegare ai tecnici di modellazione.
I sistemi BIM object-based, prevedono che le caratteristiche fisiche e informative vengano aggiornate durante l'avanzamento delle attività, "sbozzando" progressivamente le istanze posizionate nell'ambiente 3D. In assenza di un comune tavolo da lavoro, sul quale i progettisti avrebbero posizionato blocchetti in polistirene espanso, rappresentanti i volumi di progetto, il Workshop ha trovato naturale adattare il software alle proprie esigenze, piuttosto che il contrario (Russo Ermolli & Galluccio, 2021).

JACKSON GREEN HOUSING
GRO Architects | Box 1

Luogo
Jersey City, New Jersey, USA

Committente
Jersey City Redevelopment Agency

Destinazione d'uso
Residenziale

Tipo di rigenerazione
Riqualificazione edilizia

Progettista
GRO Architects
Richard Garber
Nicole Robertson

Anno di realizzazione
2014

Superficie costruita
3700 mq

Credits
GRO Architects
275 Water Street,
Storefront
New York, NY 10038
www.groarch.com

Approcci decisionali "tailor-made"
Standardizzazione e personalizzazione di processi e prodotti

Guidato da Richard Garber e Nicole Robertson, GRO Architects esplora l'utilizzo di strumenti digitali e informativi per la progettazione indagando il rapporto tra possibilità di *customizzazione* e contenimento dei costi di realizzazione.
La loro ricerca professionale ha individuato tale opportunità nell'utilizzo "creativo" dei software parametrici e dei sistemi BIM, attraverso un approccio integrato alla progettazione e alla produzione.
Realizzato per la *Jersey City Redevelopment Agency*, il progetto di riqualificazione del complesso residenziale Jackson Green offre, con 22 unità modulari, una soluzione abitativa, a costi contenuti, in un'area oggetto di un importante intervento di rigenerazione urbana nel New Jersey. Dati i restrittivi vincoli economici, il lavoro di GRO Architects si è incentrato su una attenta analisi dei requisiti di progetto, al fine di individuare le migliori strategie per ottimizzare tempi e costi di realizzazione; allo stesso tempo, è stato necessario garantire un elevato rendimento energetico degli alloggi, oltre che adeguati standard di comfort.
L'utilizzo degli strumenti parametrici per la generazione di differenti scenari di progetto, confrontabili e ottimizzabili, unitamente all'interoperabilità intrinseca dei software BIM, ha concesso di superare i limiti della standardizzazione per offrire soluzioni economiche ad elevata variabilità.
La portata della modellazione informativa, della progettazione parametrica e della produzione a controllo numerico non ha rappresentato, per GRO Architects, una mera potenzialità strumentale, bensì un'occasione di implementare flussi di lavoro integrati ed efficienti. La possibilità di adoperare piattaforme digitali collaborative ha consentito di includere, sin dalle prime fasi, i contributi tecnici delle aziende manifatturiere, in modo da gestire dal principio l'equilibrio tra costi di realizzazione, modularità e sperimentazione formale.
Consapevoli che, nonostante la precisione della fabbricazione digitale, esista una differenza sostanziale tra modello virtuale, materia e capacità realizzativa, il controllo dei dati è considerato fondamentale tanto quanto l'abilità di comunicare ed interpretare le informazioni di progetto, in modo da minimizzare l'errore umano.

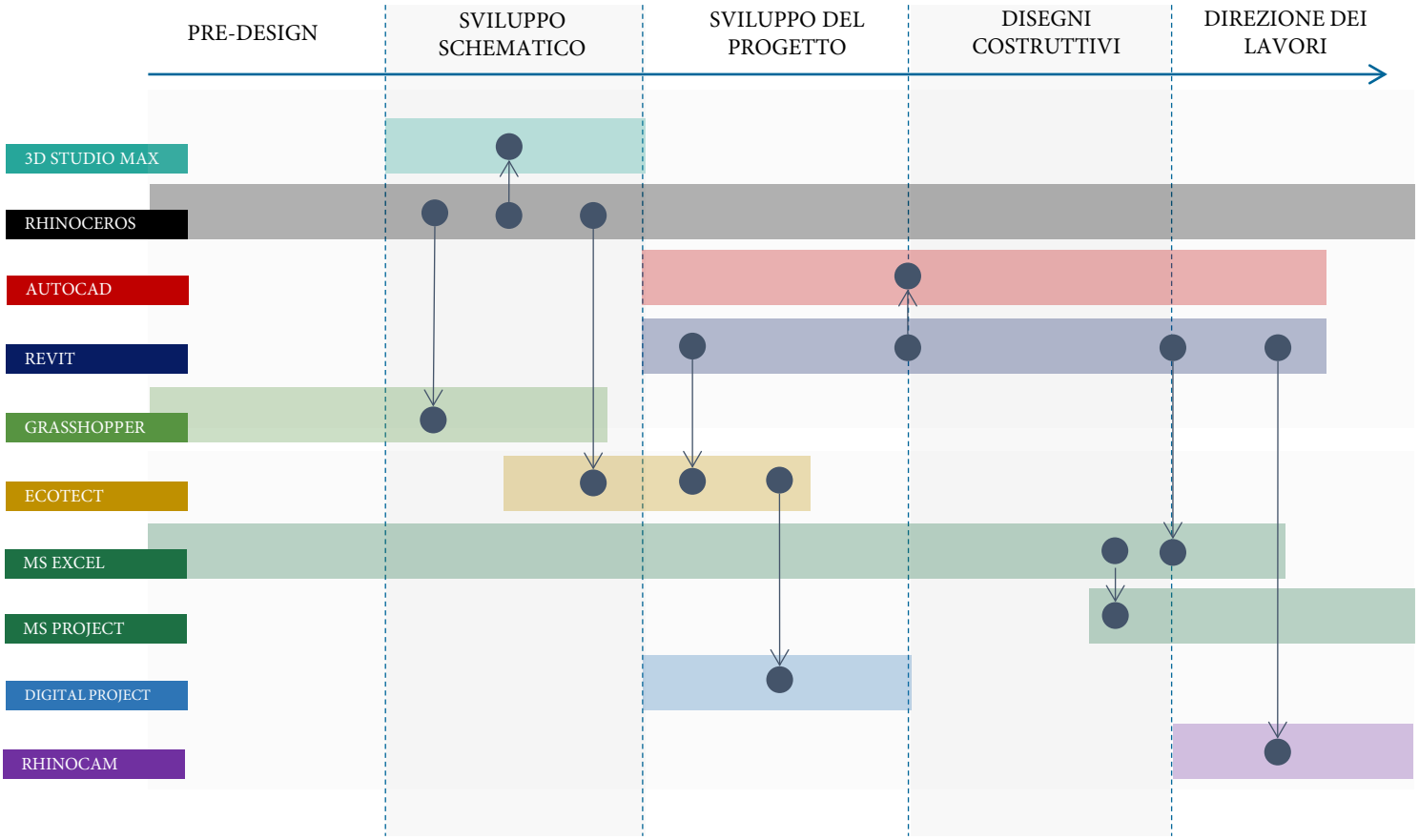
Aspetti TECNICI

DELL' INFORMAZIONE

relativi alla quantificazione dell'informazione e all'accuratezza delle modalità di trasferimento dell'informazione

Il processo progettuale dello Studio ha previsto l'avvio dell'attività a partire dall'organizzazione, nello spazio tridimensionale di **Rhinoceros**, di curve basate su schizzi a mano che sono state quindi condivise e sviluppate dal gruppo di progetto, che ha proseguito il concept a partire dalla bozza "virtuale" aggiungendo progressivamente vincoli e dettagli geometrici.
Sono state studiate strategie ambientali passive sin dalle prime fasi del processo progettuale, utilizzando **Autodesk Ecotect** per sviluppare soluzioni in merito all'orientamento eliocentrico, alla ventilazione passiva e allo studio delle ombre.
Nelle fasi più avanzate, è stato invece scelto il software **Autodesk Revit** per coordinare gli "innesti" di progetto, prevalentemente in legno con elementi in acciaio, con la struttura in pilastri di pietra e le pareti portanti degli edifici esistenti in mattoni.
Particolare attenzione è stata infatti data allo sviluppo di soluzioni variabili per le 22 unità abitative, di cui 14 sono veri e propri "pezzi unici", e ai processi di trasmissione delle informazioni con il produttore dei moduli.
GRO ha perseguito l'obiettivo di minimizzare, se non completamente eliminare, l'utilizzo di disegni esecutivi convenzionali da dover revisionare manualmente, un'operazione ritenuta dispendiosa dal punto di vista economico e temporale, dal momento che tali disegni vengono di solito continuamente stampati e scambiati.
Nonostante una iniziale "diffidenza" da parte dell'azienda produttrice dei moduli nei confronti di un approccio unicamente basato sulla modellazione tridimensionale digitale, il processo di revisione degli elaborati esecutivi ha, alla fine, previsto che GRO **potesse ricevere i dati in formato CAD** dal produttore, "sovrapponendoli" mediante importazione all'interno del modello **Revit** per verificare eventuali **interferenze**.

Workflow dei software adoperati dallo studio per la gestione digitale dell'informazione nel progetto.



Aspetti SEMANTICI

DELL' INFORMAZIONE

relativi al contenuto dell'informazione, alla sua capacità di essere interpretata e alle procedure inerenti la corretta elaborazione e trasmissione del suo contenuto in termini di significato

I flussi di lavoro digitali di GRO sono organizzati per integrare strumenti **BIM** e di **fabbricazione digitale,** implementando sistemi di **simulazione** e **analisi** delle ipotesi progettuali, piuttosto che quelli rappresentativi tradizionali.
Il **trasferimento dei dati tra software geometrici e numerici** consente di verificare lo sviluppo delle ipotesi progettuali e al tempo stesso permette di controllare i vincoli di progetto, sia tecnici che economici.
Il processo decisionale alla base della realizzazione di Jackson Green è anche il risultato di una **collaborazione tra un'agenzia di rigenerazione urbana, uno sviluppatore immobiliare no-profit e il gruppo di progettazione, che ha incluso GRO e l'azienda produttrice dei moduli prefabbricati.**
Per trasferire, dunque, le attese della Committenza al produttore attraverso il progetto, GRO ha impostato i flussi informativi secondo un approccio *file-to-factory*, consentendo di ampliare le possibilità progettuali riducendo le tolleranze e permettendo di governare i fattori interpretativi delle modalità di assemblaggio.
Per GRO, infatti, **il controllo dei dati in fase di progetto non è sufficiente se ciò non si traduce nel controllo dell'interpretazione in fase di produzione e montaggio**, ossia nella riduzione, per quanto possibile, dell'errore umano. In questo senso, le aumentate capacità progettuali e immaginative offerte dal digitale non rappresentano sono un ampliamento delle opportunità creative, ma anche una maggiore responsabilizzazione del progettista.
Nel caso di Jackson Green, infatti, la *customizzazione* non è considerata un dispositivo per generare costose variazioni "estetiche", ma un metodo per ottimizzare ambienti, le superfici, l'orientamento e la qualità in generale dello spazio abitabile.

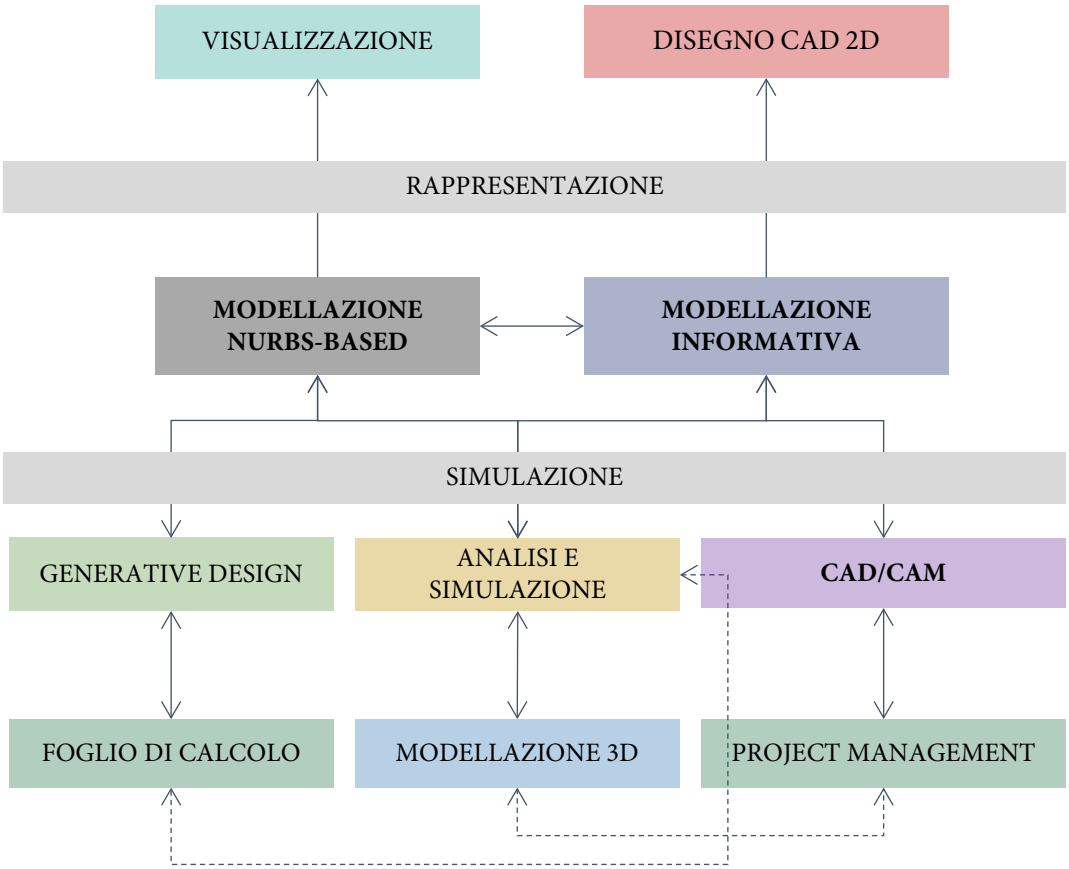
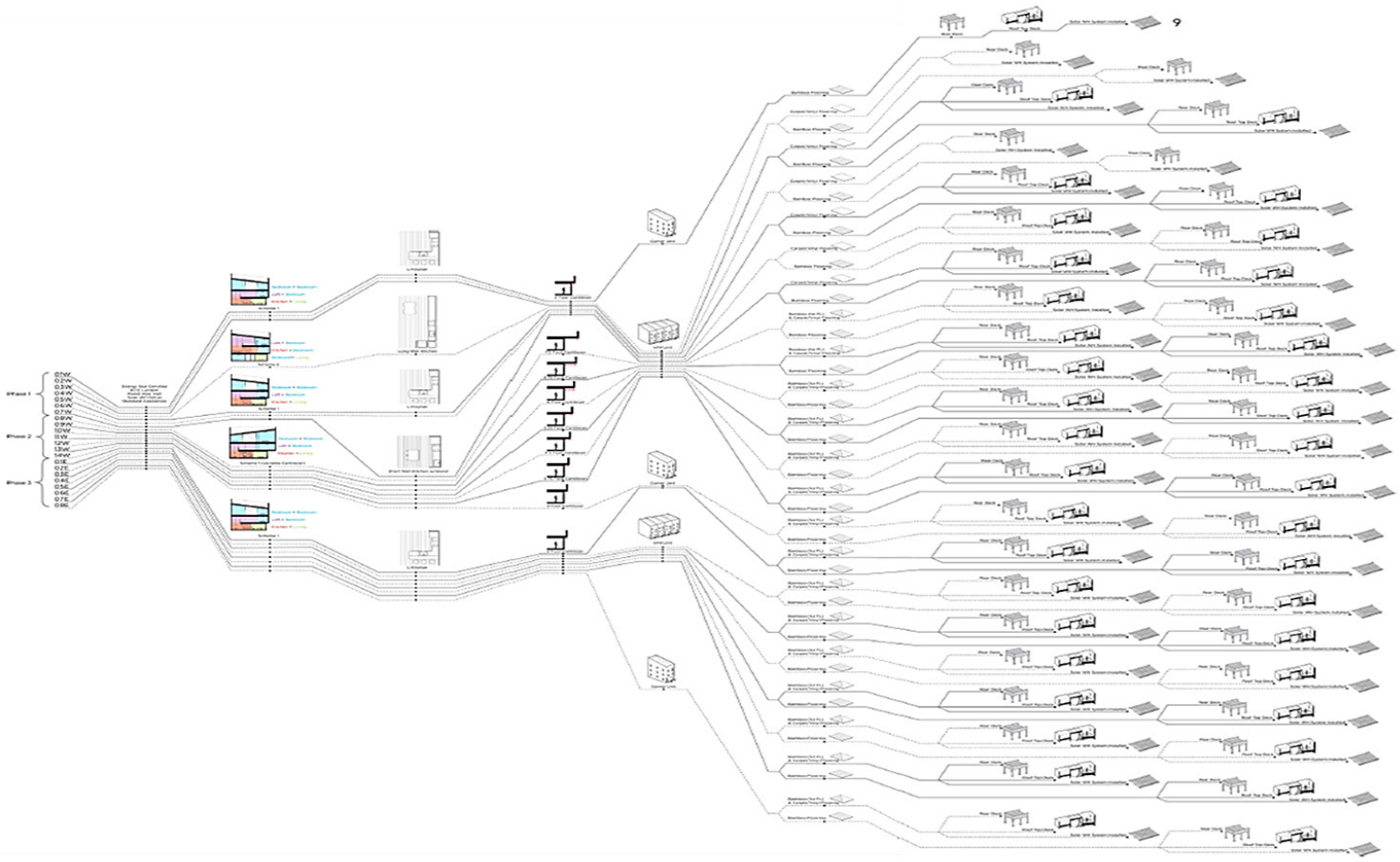


Diagramma dei flussi informativi tra discipline e segmenti del progetto

Aspetti di **INFLUENZA**

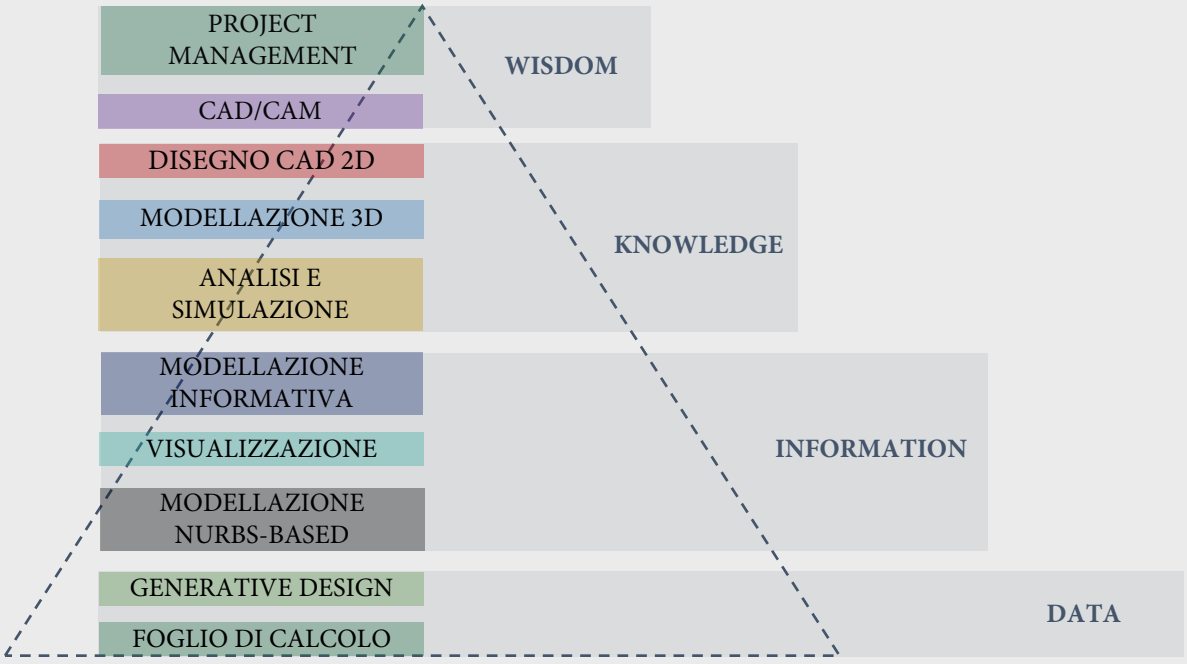
DELL' INFORMAZIONE

relativi all'impatto dell'informazione sul comportamento dell'utente umano e al successo con il quale il significato trasferito come informazione è in grado di influenzare positivamente le azioni



Albero delle alternative progettuali previste per le 22 unità abitative al Jackson Green, 14 delle quali sono uniche.

Il progetto dimostra che le tecnologie BIM possono essere impiegate in maniera integrata e creativa al tempo stesso, influenzando i processi decisionali rispetto ad aspetti gestionali, economici e produttivi sin dalle prime fasi.
La complessità che deriva da questo approccio può essere direzionata per generare scenari progettuali alternativi tra i quali sviluppare, secondo i parametri di riferimento, una o più ipotesi in modo da soddisfare in maniera diversificata esigenze differenti.



Piramide DIKW – GRO Architects, Jackson Green

STAVROS NIARCHOS CULTURAL FOUNDATION CENTER

Renzo Piano Building Workshop | Box 2

Luogo
Kallithea, Atene, GR

Committente
Stavros Niarchos Cultural Foundation

Destinazione d'uso
Culturale

Tipo di rigenerazione
Nuova costruzione

Progettista
Renzo Piano Building Workshop
Betaplan (Atene)

Anno di realizzazione
2016

Superficie costruita
88.000 mq

Credits
RPBW
34, Rue Des Archives
75004 Paris, France
www.rpbw.com

Lo Stavros Niarchos Foundation Cultural Center sorge in un'area di circa 190.000 mq nella prefettura di Kallithea, a sud-ovest del centro di Atene, parte dell'antica zona portuale del Faliro e sede storica dei Giochi Olimpici.
L'ampia superficie è **rimasta per anni in condizioni di abbandono**, perdendo il contatto con il mare che il progetto ha invece inteso ristabilire anche grazie alla realizzazione di un canale in direzione sudovest-nordest sull'asse dell'Esplanade, il percorso che collega il lungo mare al tessuto urbano.
Il programma funzionale ha previsto la realizzazione di due grandi istituzioni culturali nazionali, la Biblioteca e l'Opera, con una chiara identità individuale ma connesse fisicamente.
In particolare, entrambi gli edifici condividono un grande spazio comune all'aperto (su modello dell'*agorà*) e la copertura formata da un sistema orizzontale di pannelli fotovoltaici appoggiato su una trama diradata di pilastri (ribattezzata "*flying canopy*").
Entrambe le soluzioni sono ricorrenti nelle architettura del RPBW, così come lo è il rapporto tettonico con il terreno: in questo caso lo spazio costruito affonda e solo parzialmente emerge da una collina artificiale, parte consistente del grande parco previsto (120.000 mq). Verso sud-ovest, l'edificio affaccia a picco sul mare con un muro di pietra dalla cui sommità si può godere di una vista panoramica.
Intervistato nel 2020 (Russo Ermolli & Galluccio, 2020), **Stefano Marrano**, *Associate* del RPBW, ha spiegato: «*Nel caso dello Stavros Niarchos Foundation Cultural Center di Atene il principio insediativo è stata suggerita dallo stesso Renzo Piano a partire dall'idea di τόπος (tópos - "luogo"). Il progetto, infatti, avrebbe dovuto indurre una sorta di* ***movimento tellurico che generasse un rialzamento della collina*** *del sito, in modo da creare un elemento tettonico che fungesse da belvedere verso il mare. Il sollevamento tettonico del suolo avrebbe restituito alla città di Kallithéa (che in greco significa "bella vista") un parco aperto che alla sua sommità avrebbe offerto alla città un belvedere con vista verso il Partenone e verso il mare. Ciò avrebbe anche risolto il problema dell'inquinamento e dei rumori provenienti dall'autostrada, in quanto avrebbe formato una barriera naturale*».

Aspetti TECNICI

DELL' INFORMAZIONE

relativi alla quantificazione dell'informazione e all'accuratezza delle modalità di trasferimento dell'informazione

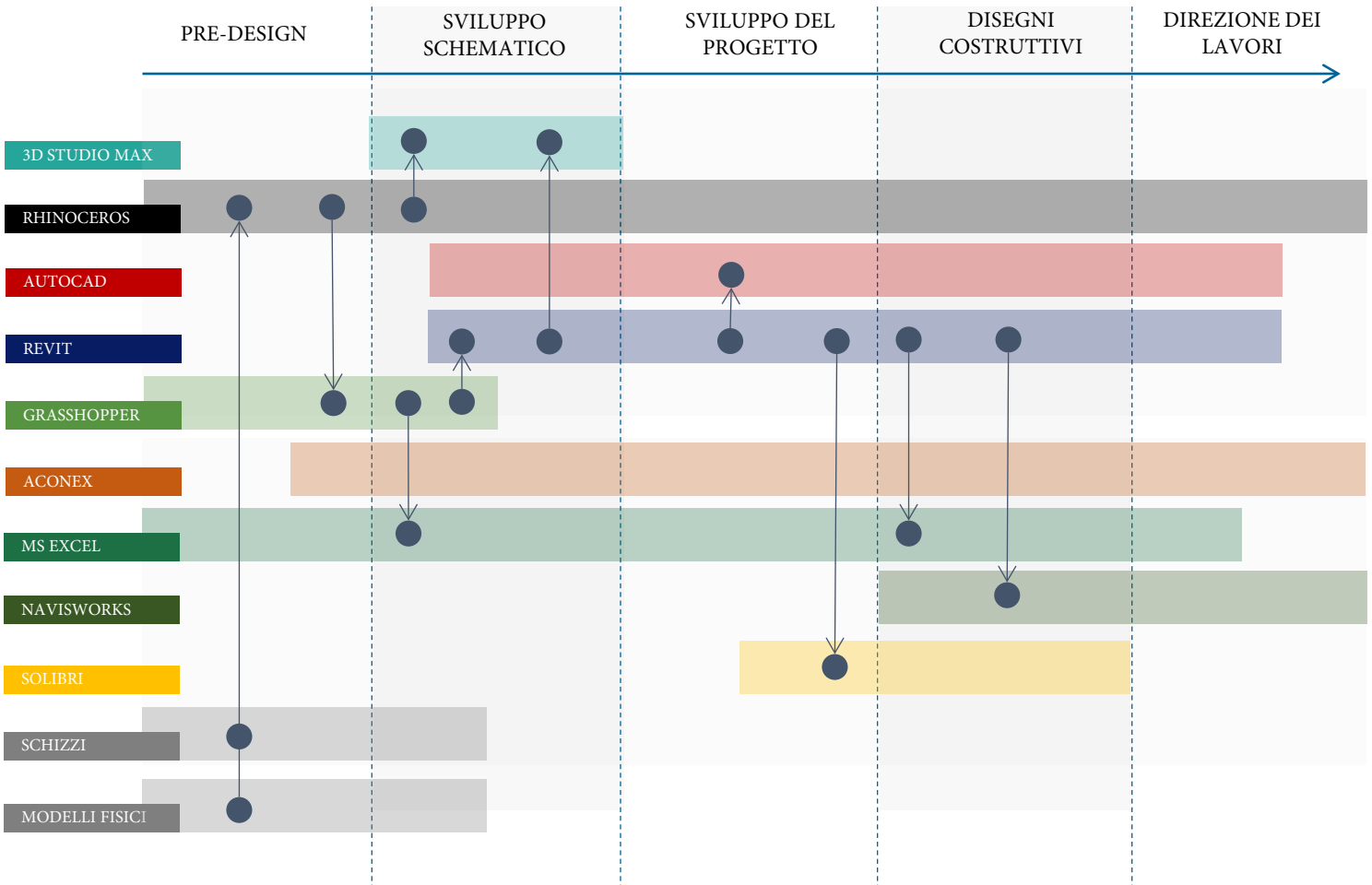
L'interesse del RPBW di sperimentare la propria metodologia progettuale all'interno dell'ambiente informativo ha trovato riscontro nella rapidità con cui, sin dalle fasi di *schematic design*, le informazioni trasmesse, le scelte discusse e le soluzioni individuate potevano essere trasferite al modello e condivise in tempo reale. In questo senso, lo Studio ha richiesto che, contrariamente alla prassi, ingegneri e consulenti lavorassero direttamente ai file, piuttosto che delegare ai tecnici di modellazione.

I sistemi BIM, infatti, sono basati su una tecnologia di creazione della geometria ***object-based***, diversamente dai tradizionali CAD, le cui caratteristiche fisiche e informative vengono aggiornate durante l'avanzamento delle attività, "sbozzando" progressivamente le istanze posizionate nell'ambiente 3D. Era necessario perciò mantenere **un livello concettuale degli oggetti**, in linea con lo stato di avanzamento del progetto, il che richiedeva la partecipazione di figure che avessero comprensione del processo. In assenza di un comune tavolo da lavoro, sul quale i progettisti avrebbero posizionato blocchetti in polistirene espanso, rappresentanti i volumi di progetto, il Workshop ha trovato naturale adattare il software alle proprie esigenze, piuttosto che il contrario.

Una delle maggiori difficoltà riscontrate in questo inedito modo di collaborare è stato proprio quello di **gestire la contrazione dei momenti progettuali** rispetto alle specificità dei punti di vista sul progetto, soprattutto tra gli architetti, abituati a impostare la progettazione a partire da volumi concettuali, e gli ingegneri, più inclini a definire da subito in maniera dettagliata le soluzioni proposte.

La piattaforma di collaborazione scelta (**Aconex**) è basata interamente sul cloud, per cui non c'è stato nessun software da installare, né rischi di bug nel sistema, manutenzione o backup di dati.

In cantiere, l'impiego di dispositivi mobili ha consentito di accedere e aggiornare le informazioni di progetto in sito o da qualsiasi altro luogo.



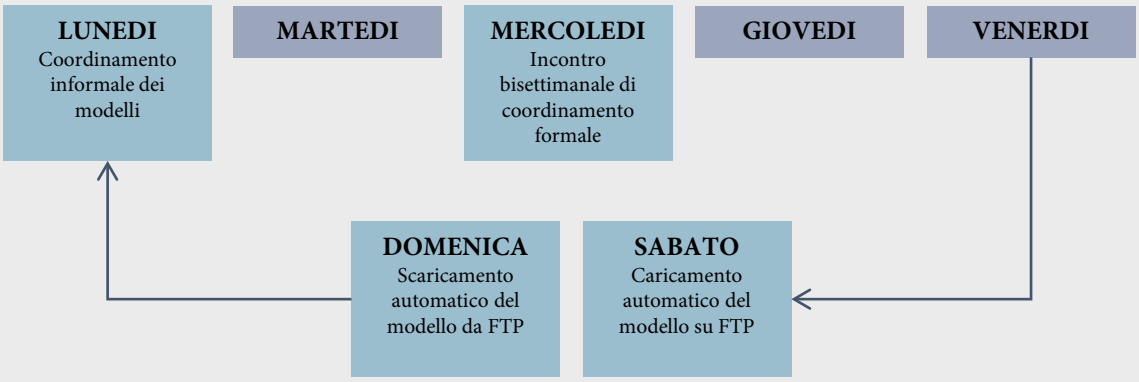
Workflow dei software adoperati dallo studio per la gestione digitale dell'informazione nel progetto.

Aspetti SEMANTICI

DELL' INFORMAZIONE

relativi al contenuto dell'informazione, alla sua capacità di essere interpretata e alle procedure inerenti la corretta elaborazione e trasmissione del suo contenuto in termini di significato

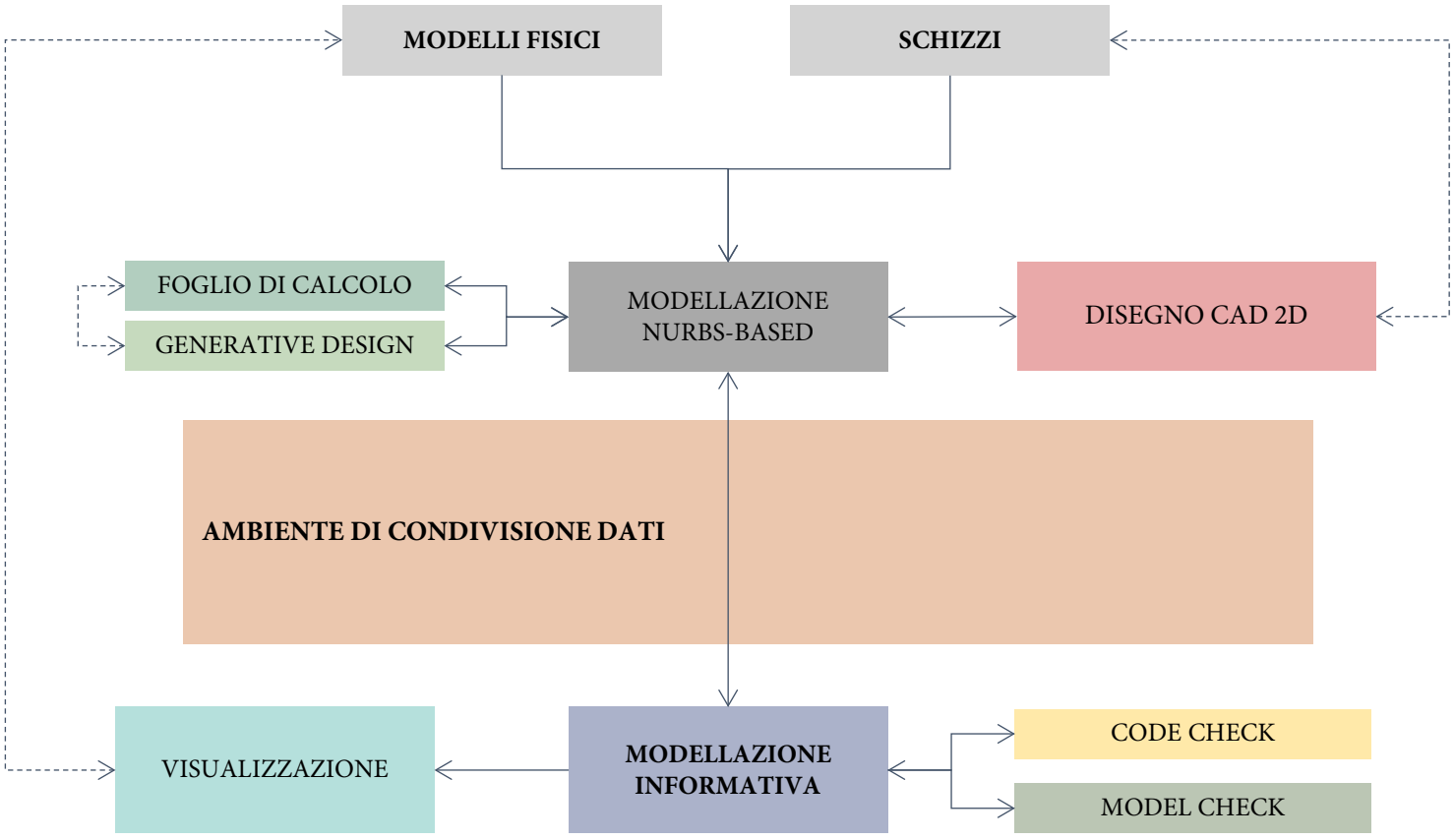
Schema delle scadenze settimanali per il coordinamento dei modelli BIM



150 professionisti provenienti da 18 diverse aziende europee e degli Stati Uniti hanno collaborato alla redazione di migliaia di documenti come disegni, richieste di informazioni e offerte d'appalto da gestire ogni mese. In questo senso, **i maggiori rischi decisionali sono stati connessi alla qualità dell'informazione**: informazioni smarrite, difficili da reperire o incomplete, potenzialmente capaci di causare ritardi o di richiedere (costose) rielaborazioni, dovute ad esempio alla sovrapposizione di versioni datate dei documenti.
Allo stesso tempo, dal punto di vista gestionale è stato essenziale organizzare le relazioni tra i partner in modo tale da sopperire alle specifiche asimmetrie in termini di maturità digitale.
Per questi motivi, la collaborazione tra i team è stata collocata su **una singola piattaforma centralizzata**, all'interno della quale è stato possibile implementare **workflow automatizzati per le revisioni e le approvazioni**.

Diagramma dei flussi informativi tra discipline e segmenti del progetto

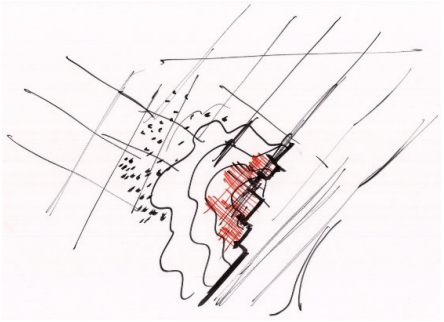
In assenza di protocolli già sperimentati, lo Studio ha avanzato un programma di gestione dei flussi informativi finalizzato a regolare gli scambi di file, concordati su base settimanale, nonché i processi di archiviazione delle informazioni e di coordinamento tra i modelli **per la verifica delle interferenze geometriche**.

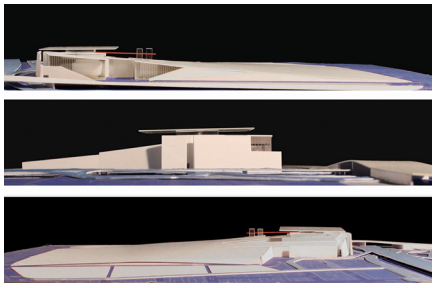


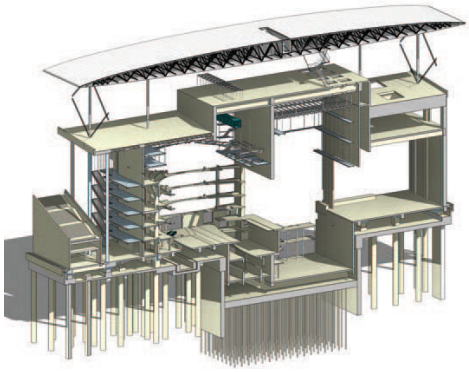
Aspetti di **INFLUENZA**

DELL' INFORMAZIONE

relativi all'impatto dell'informazione sul comportamento dell'utente umano e al successo con il quale il significato trasferito come informazione è in grado di influenzare positivamente le azioni

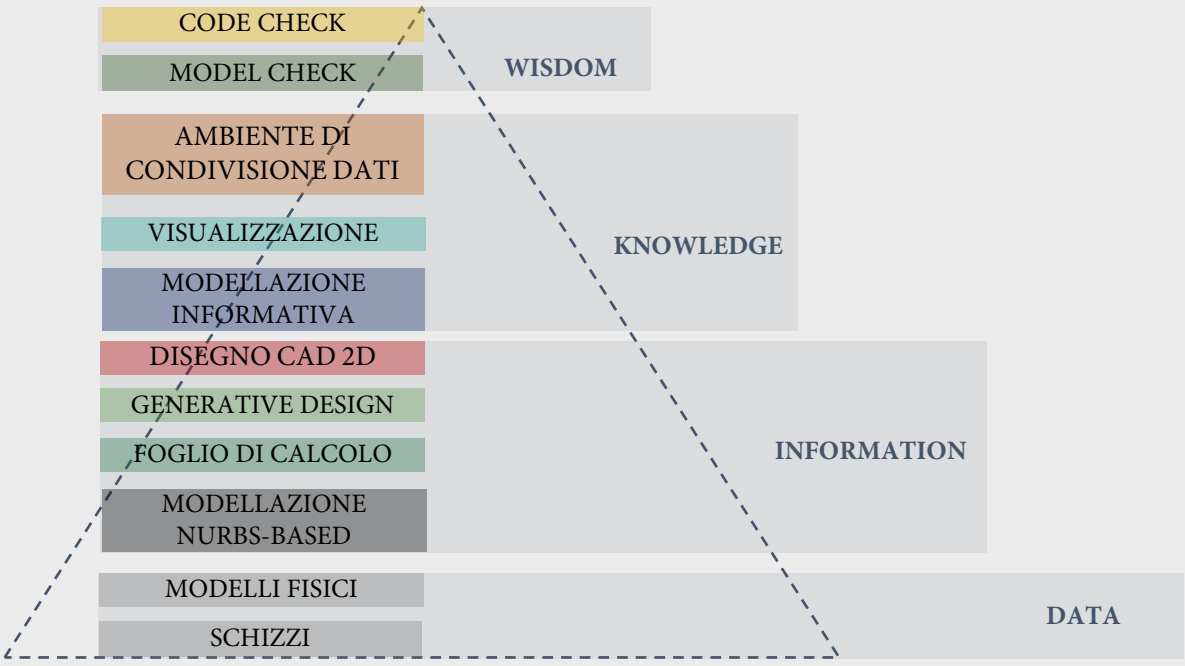






La modellazione informativa costituisce un momento sia di confronto interdisciplinare che di verifica delle ipotesi. Dall'ambiente BIM sono estrapolati tutti i grafici di progetto e di cantiere, che vengono poi trasmessi ai consulenti tecnici e industriali per l'ingegnerizzazione e la prototipazione.

Lavorando su un unico modello condiviso, le attività di progettazione si sono svolte quasi in contemporanea, invece che in sequenza; al tempo stesso, non è stato possibile sviluppare autonomamente parti separate da "assemblare" successivamente.
La volontà del RPBW è stata perciò di intervenire direttamente nella definizione delle procedure di *Information Management.*
Consapevoli del fatto che i sistemi computazionali sono alimentati dai flussi di informazione, gli architetti del Workshop lavorano per direzionare i propri sforzi progettuali ai due capi estremi dei processi digitali: in fase di input, assicurandosi che le prime ipotesi progettuali siano coerenti con le esigenze espresse dalla committenza e con le condizioni del sito; in fase di output, riaffermando la centralità della materia e confrontando costantemente le soluzioni progettuali con la loro prototipazione fisica.



Piramide DIKW – RPBW, Stavros Niarchos Foundation Cultural Center

2.2 Processi decisionali "simulativi" per la valutazione di eco-efficienza del ciclo di vita

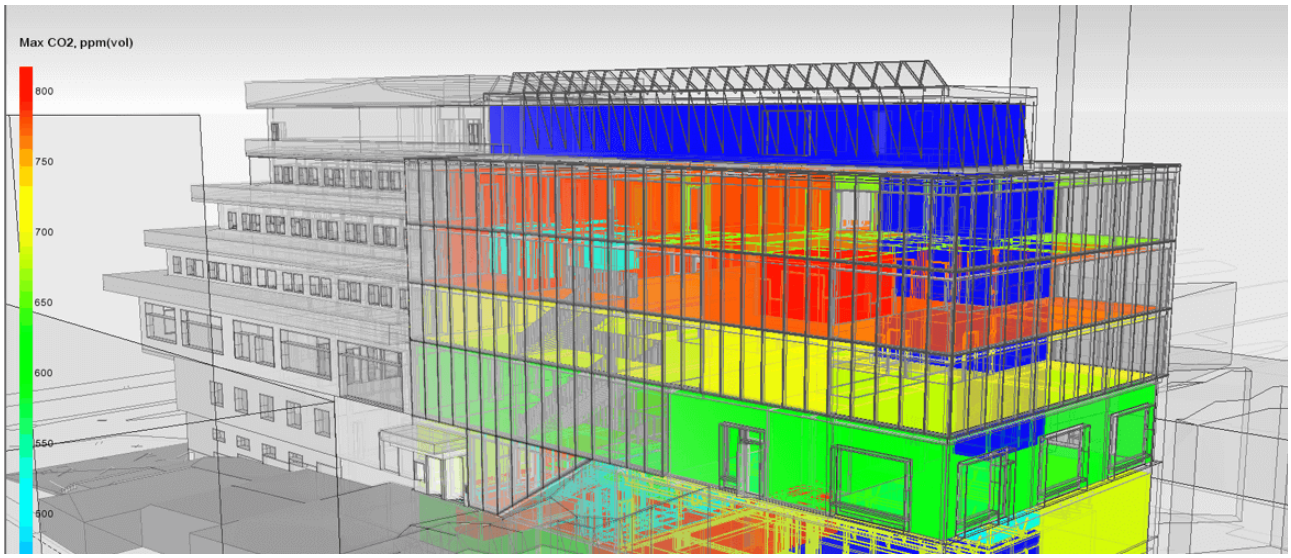
2.2.1 Digitalizzazione e continuità informativa tra reale e virtuale

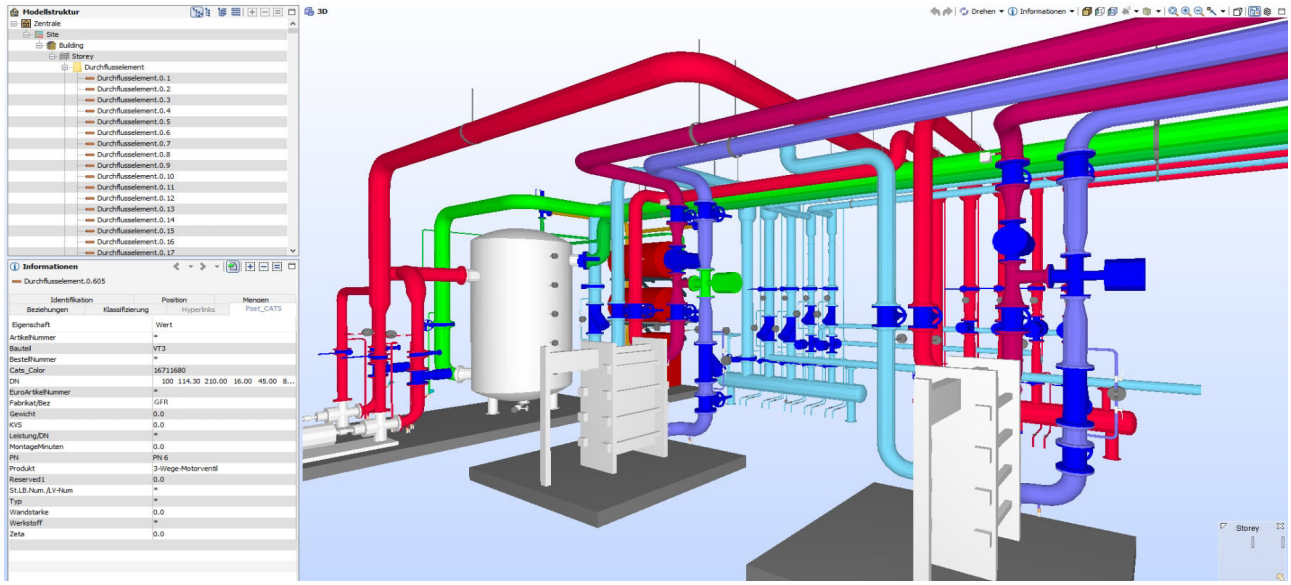
Uno degli attributi fondamentali dell'architettura digitale è sicuramente quello inerente al ruolo dei dati e delle informazioni nel processo progettuale e costruttivo. L'importanza del rapporto tra informazione e progetto non è recente, ma anzi può essere ritenuto connaturato all'attività progettuale stessa. Il progetto è al tempo stesso frutto di una rielaborazione di dati e mezzo per la trasmissione delle informazioni (alla committenza, al costruttore, al manutentore, ecc.).
Allo stesso modo, l'utilizzo di un determinato linguaggio espressivo o di tecniche co-struttive è sempre risultato di un'analisi o di un riflesso, più o meno cosciente, del contesto sociale, economico e ambientale di riferimento. Parafrasando Guido Nardi[4] , la cultura, anche quella digitale, non è per il progetto meno significativa di quanto non sia stata la natura per l'architettura classica, la religione e la poesia per quella gotica e medievale, oppure la psicanalisi per quella del Movimento Moderno. Il rapporto tra informazione e produzione materiale è anzi tanto stretto che il fisico John Archibald Wheeler giunse ad ipotizzare una loro coincidenza, affermando che «*It from bit*», cioè "la materia deriva dall'informazione", di cui il bit rappresenta l'unità (Longo & Vaccaro, 2013).
Nella transizione da una società basata su un sistema di produzione agricolo-artigianale ad una industriale e quindi post-industriale, nel prodotto edilizio viene riversato quel bagaglio di informazioni che, un tempo patrimonio del costruttore-artigiano, ora conferisce ai prodotti edilizi un'estrema semplicità di assemblaggio, annullando il concetto di tolleranza in cantiere e rimettendo al progetto (esecutivo) la responsabilità della corretta perpetuazione di queste regole (Campioli, 1988). Contrariamente a quanto avvenuto nel secolo scorso, il contenuto informativo del prodotto edilizio digitalizzato non può più esaurirsi una volta terminato l'assemblaggio, ma deve poter essere interrogato, trasferito e aggiornato durante tutte le fasi di vita dell'edificio, dall'ideazione alla dismissione, secondo un approccio Life-Cycle (Simonen, 2015).
Nella cultura del dato, che ad una prassi di sequenze di fasi sostituisce un'iterazione multidirezionale di flussi, l'informazione è una componente della conoscenza che si fonda sull'interpretazione e mediazione della presenza costante e simultanea dei dati proveniente dalla realtà. Ma, soprattutto, la possibilità di condurre ipotesi estremamente realistiche in ambiente virtuale, produce soluzioni che sopravvivono in un duplice universo, uno materiale ed uno immateriale.
Con lo sviluppo delle tecnologie di realtà aumentata, i due mondi interagiscono, confondendo sempre più i limiti che li separano: da un modello virtuale è possibile generare manufatti fisici, così come un elemento fisico può essere esplorato nelle sue caratteristiche intrinseche in realtà aumentata.
«*Ormai ci muoviamo in due città parallele. La città materiale è una città supportata dalla sua esistenza fisica, dai suoi oggetti, e siamo intimamente abituati a lei sin dai tempi più antichi […] Ma negli anni '80 ha fatto la sua comparsa una città fenomenologica, insieme all'improvviso sviluppo di una società permeata dai mezzi di comunicazione digitale […] È una città priva di gerarchia, che estende la sua topologia nello spazio e nel tempo […] Queste due città sono emerse come le due*

facce della stessa medaglia e, naturalmente, non possono più essere divise[5]».
La commistione tra reale e virtuale rappresenta sempre più un paradigma della società e del progetto contemporaneo (Maldonado, 1992). Elementi di realtà invadono il campo della progettazione, attraverso le operazioni simulative che ricostruiscono modelli formati dai dati ambientali, comportamentali o fisici, così come, al contrario, il virtuale invade il campo della materia facendo emergere dati ed informazioni da oggetti concreti.

2.2.2 Procedure digitali simulative per l'ottimizzazione prestazionale

L'introduzione di tecnologie di Computer Aided Design e di Information Modeling sin dalla fase euristica del progetto, comporta una transizione da un paradigma rappresentativo ad uno simulativo degli strumenti di progettazione (Ross Sheer, 2014), non solo mediante l'utilizzo, già dall'ideazione, di modelli di calcolo analitici agli elementi finiti, per la verifica preliminare delle performance strutturali e ambientali di progetto, ma anche tramite la possibilità di generare dei veri e propri alter ego virtuali degli edifici.
I cosiddetti *digital twins*[6] permettono di visualizzare, e quindi testare, le scelte progettuali e di prevedere gli impatti sui contesti territoriali, così come di ricreare gli scenari dei comportamenti e le dinamiche di utilizzo, valutando gli effetti sugli occupanti.
La sopravvivenza del modello virtuale alla realizzazione fisica fa sì che il rapporto tra informazione e materia prosegua anche dopo la costruzione, consentendo di eseguire una gestione maggiormente accurata della fase di vita utile dell'edificio, ossia di Facility Management, che rappresenta la voce di costo più gravosa nel ciclo di vita di un qualunque manufatto[7].
L'utilizzo di strumenti simulativi accorcia inoltre le distanze tra progetto e cantiere, in quanto la possibilità di virtualizzare le operazioni in sito e di modellare secondo processi object-based, piuttosto che nurbs-based, trasforma l'azione del disegno in una operazione di costruzione virtuale, in cui gli oggetti introdotti non sono rappresentazioni eseguite mediante curve e superfici, ma frutto dell'inserimento, nell'ambiente digitale, di elementi intelligenti, che contengono al loro interno dati e informazioni costantemente interrogabili, modificabili e aggiornabili.
All'interno di questi ecosistemi virtuali, il progettista è in grado di esplorare soluzioni inedite, non in direzione di un risultato prestabilito, ma piuttosto muovendosi verso un campo di possibili risultati generati dall'analisi simultanea di parametri di partenza che interagiscono reciprocamente (De Landa, 2006).
Il modo in cui i processi computazionali influenzano il progetto avrebbe quindi poco in comune con le complesse morfologie dell'architettura parametrica rispetto a quanto, al contrario, ha con l'obiettivo di semplificare[8], cioè di ottimizzare. Giovanni Corbellini nota che le architetture frutto di algoritmi morfogenetici, «*queste architetture darwiniste*», paiono avere la necessità di costruire attorno a sé degli apparati narrativi «*eco-cyber-funzionalisti*», diagrammatici, scritti in codice binario piuttosto che in vocaboli, ai quali aggrapparsi per giustificare il proprio eclettismo estetico (Corbellini, 2016). In merito a questo, Antoine Picon si chiede: «*in un mondo saturato da un flusso invisibile di informazioni che compongono complicate strutture, abbiamo veramente bisogno di aggiungere alla complessità dell'ambiente oggetti architettonici sovraccarichi di intenzioni plastiche ed emotive*[9]».
L'attuale richiesta del mercato di produrre "risultati", attraverso i quali incrementare l'efficienza dei processi che si svolgono all'interno dell'attività progettuale emerge specialmente nell'ambito dei lavori pubblici, laddove le pubbliche amministrazioni hanno l'esigenza e l'urgenza di selezionare progetti non solo funzionali, efficienti, privi di sprechi, "sostenibili" lungo tutto il ciclo di vita, ma soprattutto capaci di gestire in maniera efficace il rapporto tra i processi che generano il "prodotto" e il contenitore che ne viene di conseguenza concepito.
L'attenzione è posta perciò sul processo che genera il progetto, piuttosto che sulle caratteristiche specifiche del prodotto-progetto (Del Nord, 2016; Russo Ermolli, 2020). In tale contesto la digitalizzazione può svolgere un ruolo particolarmente efficace, non tanto in riferimento all'impiego degli strumenti di elaborazione e rappresentazione grafica, quanto piuttosto rispetto alle capacità di gestire dati e informazioni in maniera estremamente dinamica ed efficiente. Il "dato" proveniente dal mondo reale e inserito all'interno di modelli informativi e delle simulazioni prestazionali offre possibilità di trasformazione profonda dei processi progettuali.





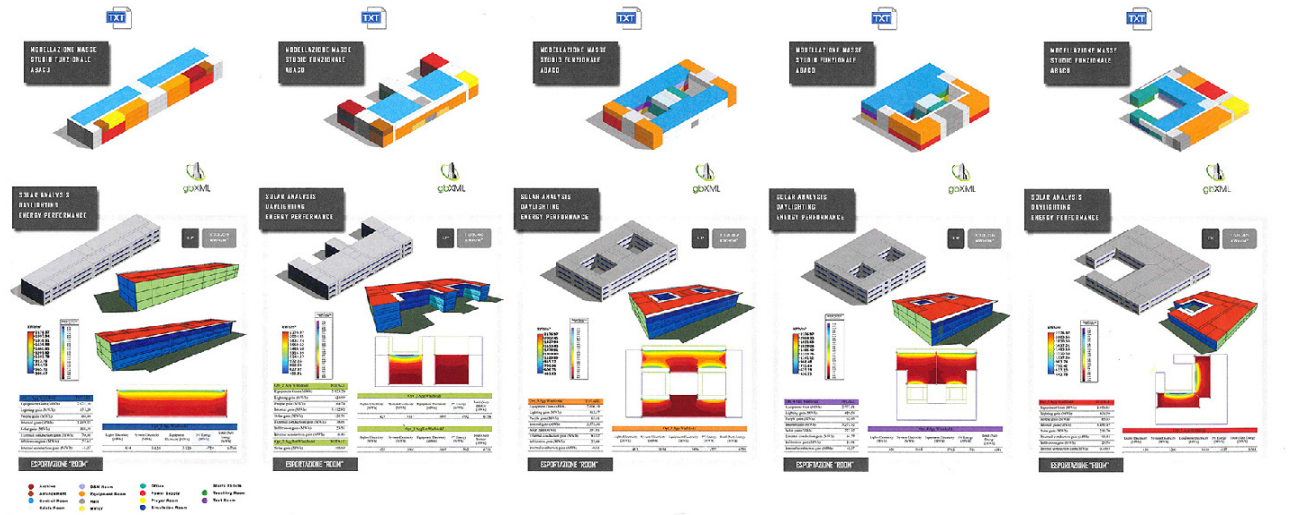


Fig. 19 - Processi simulativi del progetto digitale: previsione, integrazione, comprensione.

2.2.3 Esempi di approcci decisionali data-driven. Anticipazione e previsione per scelte progettuali eco-orientate

Quali impatti determina sui processi decisionali del progetto la possibilità di effettuare, in maniera iterativa e integrata durante l'attività di sviluppo progettuale, verifiche dinamiche degli impatti in termini di ciclo di vita delle scelte?
In che modo è possibile "informare" gli aspetti espressivi e tecnici del progetto con le istanze di eco-efficienza e contenimento energetico, mantenendo al tempo stesso il controllo delle scelte progettuali?
Il progetto per l'Engineering Research Center della Brown University, realizzato dallo studio KieranTimberlake (Box 3), ha visto l'impiego di strumenti avanzati per direzionare in chiave eco-efficiente i flussi informativi. KieranTimberlake ha infatti sviluppato, in collaborazione con Autodesk, il plug-in Revit Tally, che consente di organizzare in ambiente di modellazione BIM tutte le informazioni sui materiali da costruzione e i componenti edili. Tally quantifica gli impatti ambientali intrinseci di un edificio o di un materiale rispetto alle ricadute sul sistema suolo-acqua. In tal modo, Tally aggiunge un ulteriore livello di dettaglio al BIM riconoscendo i materiali che non sono esplicitamente modellati, ad esempio come le armature d'acciaio all'interno delle strutture in calcestruzzo, e tiene in considerazione un diverso insieme di classi di materiali nel modello. Così facendo, Talle consente agli utenti di monitorare gli impatti sul ciclo di vita di un edificio durante la fase di progettazione, usando i dati LCA per avviare analisi comparative di diverse alterative progettuali sulla base dei loro impatti ambientali. Tally ha anche permesso di migliorare la comunicazione tra gruppi di lavoro, soprattutto per oltrepassare eventuali incomprensioni tecniche e asimmetrie in termini di competenze, consentendo di produrre grafiche semplificate per leggere, in maniera trasparente e comprensibile, i dati relativi agli impatti ambientali di progetto e, quindi, le conseguenti motivazioni alle spalle delle scelte poste in atto nel progetto.
Nel progetto per la Kathleen Grimm School for Leadership and Sustainability di Skidmore Owings & Merrill (Box 4), l'edificio è stato sviluppato per raccogliere quanta più energia proveniente da fonti rinnovabili; allo stesso tempo, nella scuola si formano studenti (e insegnanti) sui temi del risparmio energetico e dell'uso razionale delle risorse.
All'interno di SOM, al fine di facilitare i flussi di lavoro tra professionisti di discipline diverse è stata implementata una piattaforma parametrica animata dalla possibilità di scambiare dati in tempo reale esiti di algoritmi generativi in ambiente BIM, all'interno del quale il team, che include anche ingegneri strutturisti e impiantisti, possono visualizzare il concept architettonico e partecipare attivamente alla generazione e riconfigurazione delle geometria attraverso un plug-in personalizzato sviluppato attraverso la scrittura di codici informatici.
Gli impatti dell'utilizzo di tecnologie e procedure data-driven sulle modalità decisionali di SOM riguardano soprattutto la possibilità di sviluppare strategie progettuali attraverso gli strumenti per elaborare soluzioni adattabili, sia utili allo specifico progetto che per altri.
Il progetto diventa, in questo modo, il risultato di un sistema di regole che, per sua natura, è in grado di riconfigurarsi al variare del valore delle regole, all'interno dello stesso processo.
Il digitale consente anche di fornire risposte maggiormente scientifiche agli aspetti tecnici del progetto, come quelli strutturali o impiantistici, che sono di supporto alle valutazioni qualitative, culturali e sociali a cui il lavoro dell'architetto deve confrontarsi.
Nella dimensione "aziendale" di SOM, il fattore tempo è inoltre fondamentale: meno tempo per completare tame problems corrisponde a più tempo e opportunità per approfondire i *wicked problems* del progetto.

ENGINEERING RESEARCH CENTER
KieranTimberlake | Box 3

Luogo
Providence, Rhode Island

Committente
Brown University

Destinazione d'uso
Istruzione e ricerca

Tipo di rigenerazione
Nuova costruzione

Progettista
Stephen Kieran, James Timberlake

Anno di realizzazione
2017

Superficie costruita
7525 mq

Credits
KieranTimberlake
420 North 20th Street
Philadelphia PA
www.kierantimberlake.com

L'edificio, che si estende su una superficie di 7.525 metri quadrati suddivisi in tre piani, ospita al suo interno 22 laboratori altamente flessibili, una serie di "camere bianche" dedicate allo studio dei materiali su scala nanometrica, microelettronica e fotonica.
Oltre che per le attrezzature all'avanguardia, l'Engineering Research Center si caratterizza per un concept progettuale inclusivo che ha permesso alla struttura di relazionarsi e integrarsi all'interno del campus della Brown University.
Sin dalle prime fasi, infatti, l'ambizione progettuale era quella "di **migliorare la comunità e migliorare la ricerca**", come ha commentato Larry Larson, decano della Scuola d'Ingegneria.
Situato ai confini del campus, i progettisti hanno cercato di sfruttare al massimo la sua posizione leggermente marginale ma in continuità con l'asse che conduce al Ruth J. Simmons Quadrangle, parco principale del complesso sul quale affacciano tutti gli edifici storici dell'Università, studiando un prolungamento "verde" che connettesse i due elementi e che si concludesse all'interno di una corte semi aperta formata dalla conformazione a L del nuovo edificio e dall'adiacente Price Engineering Lab.
La nuova organizzazione ha permesso, oltre alla realizzazione di questo percorso verde, nuovo fulcro comunitario del campus, di creare un nuovo settore dedicato interamente alle strutture di Ingegneria, precedentemente separate e disconnesse al suo interno.
All'esterno, il nuovo Engineering Research Center si distingue nettamente con le strutture adiacenti, pur ponendosi in dialogo con esse: una serie di alette verticali in calcestruzzo rinforzato in fibra di vetro (GFRC - Glass Fiber Reinforced Concrete) diventa elemento unificante e ritmico che inserisce un nuovo elemento nel contesto materico quasi esclusivamente in mattoni del campus circostante, permettendo al contempo ampie visuali all'interno e all'esterno dell'edificio ma proteggendo gli spazi di lavoro dal calore e dalla luce.

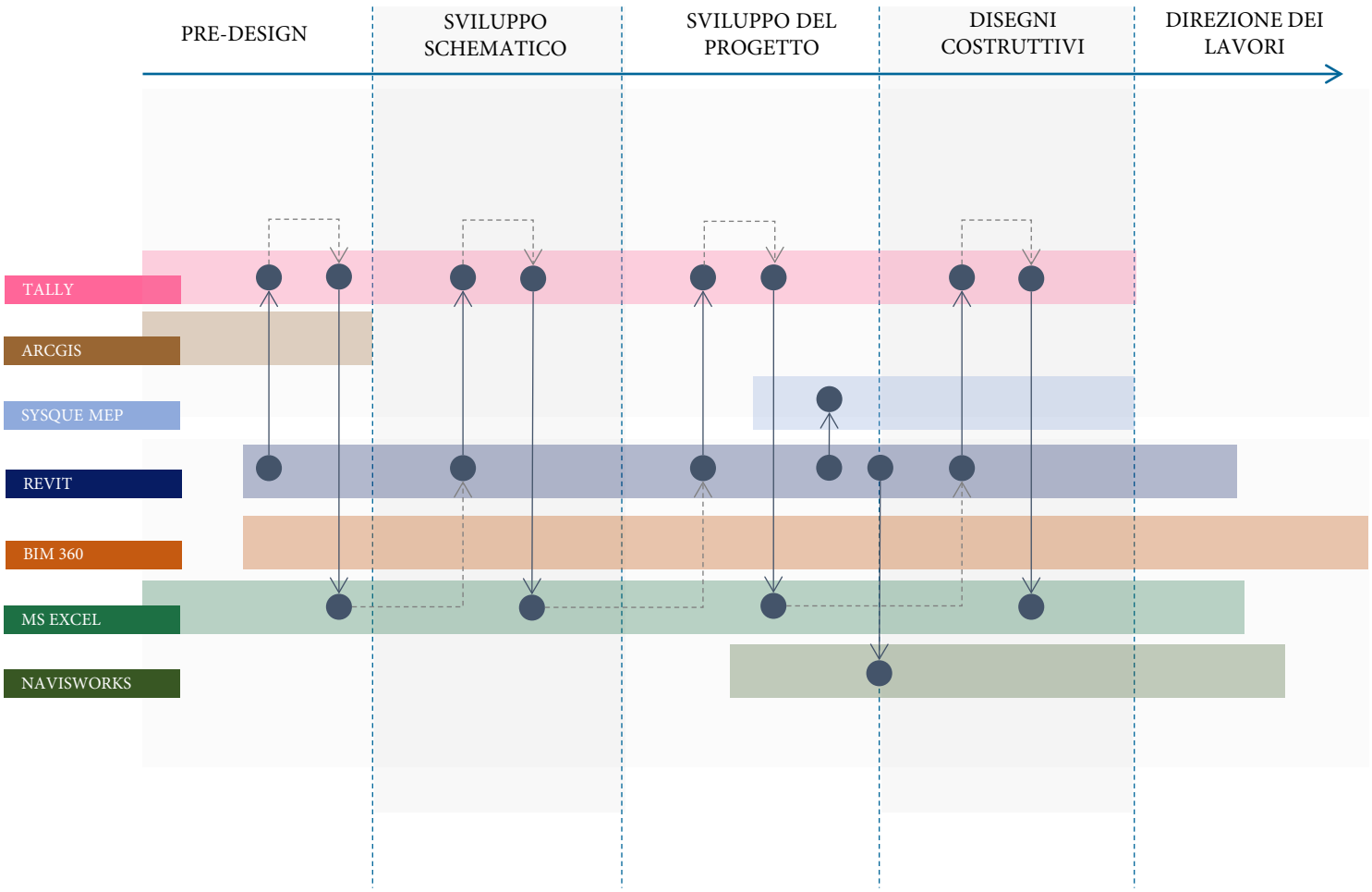
Aspetti TECNICI

DELL' INFORMAZIONE

relativi alla quantificazione dell'informazione e all'accuratezza delle modalità di trasferimento dell'informazione

Per supportare il proprio lavoro e i propri flussi informativi in chiave eco-efficiente, KieranTimberlake ha sviluppato, in collaborazione con Autodesk, il **plug-in Revit Tally.** Tally consente agli utenti di Revit di organizzare all'interno dei propri modelli BIM tutte le informazioni sui materiali da costruzione e i componenti edili.
In tal modo, Tally aggiunge un ulteriore livello di dettaglio al BIM, riconoscendo anche i materiali che non sono esplicitamente modellati, come ad esempio le armature d'acciaio all'interno delle strutture in calcestruzzo, formando un distinto insieme di classi di materiali nel modello.
Così facendo, Talle consente agli utenti di monitorare gli impatti sul ciclo di vita di un edificio durante la fase di progettazione, usando i dati LCA per avviare analisi comparative di diverse alterative progettuali sulla base dei loro impatti ambientali.
Attraverso la piattaforma collaborativa **BIM 360** e software di project management, il gruppo di lavoro è stato così in grado di condividere modelli tra i diversi professionisti coinvolti, in tempo reale, consentendo una più estesa iterazione dei dati, un più efficiente coordinamento e una più rapida **risoluzione di interferenze**, sia a livello progettuale che costruttivo.
Esito di questo approccio collaborativo è stato anche un più accurato tracciamento dei costi, che ha consentito agli stakeholder di fare **valutazioni decisionali basate sul budget** di progetto e allo stesso tempo di efficientare le fasi della sequenza costruttiva.
I modelli Revit condivisi sono stati anche adoperati per effettuare analisi e simulazioni energetiche, studi sul soleggiamento e sulla radiazione solare. Inoltre, in ambiente BIM è stato possibile produrre la documentazione per i crediti LEED e minimizzare materiali e costi dei processi di fabbricazione.
Stando ai dati forniti da KieranTimberlake, il BIM ha anche permesso di migliorare i rapporto tra lavoro-vita privata dei progettisti coinvolti, accorciando le *schedule* in ufficio del 20% e consentendo di concentrare l'attività in settimane lavorative di 40 ore, a fronte delle 50-60 solitamente spese in progetti analoghi.
Il modello consegnato alla Brown University al termine dei lavori attualmente è ancora impiegato come base per le operazioni di gestione e manutenzione dell'edificio.

Workflow dei software adoperati dallo studio per la gestione digitale dell'informazione nel progetto.



Aspetti SEMANTICI

DELL' INFORMAZIONE

relativi al contenuto dell'informazione, alla sua capacità di essere interpretata e alle procedure inerenti la corretta elaborazione e trasmissione del suo contenuto in termini di significato

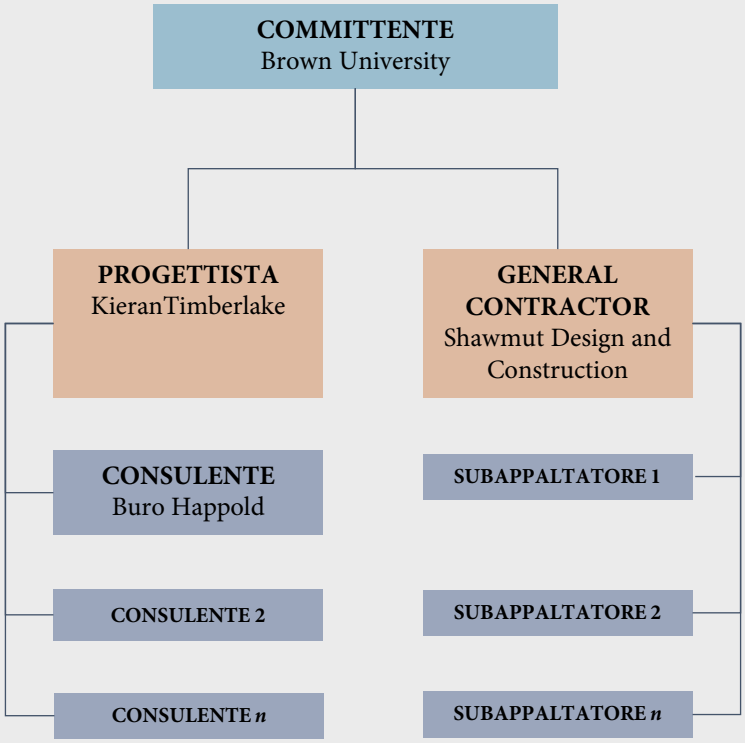
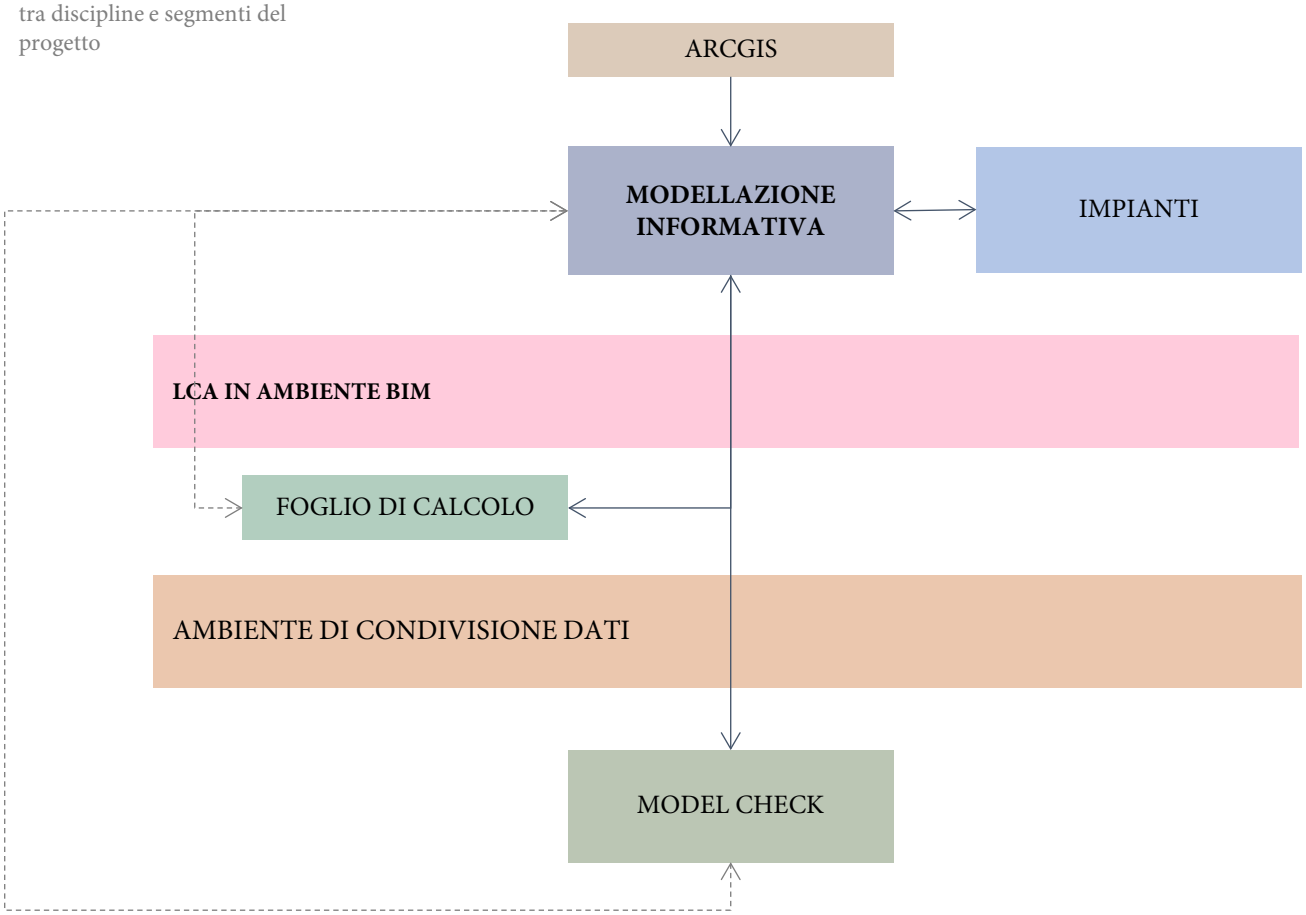


Diagramma dell'organizzazione degli *stakeholder* nell'ambito dell' Integrated Project Delivery

Il progetto per la Brown University è stato tra i primi negli Stati Uniti ad essere consegnato utilizzando il modello di *Integrated Project Delivery* (IPD).
Si tratta di un metodo di consegna dei progetti caratterizzato dalla collaborazione, sin dall'inizio delle attività, tra team interdisciplinari attraverso tutte le fasi di progettazione, produzione e costruzione.
Stipulando questo tipo di accordo contrattuale, i team sono in grado di fare affidamento in modo collaborativo a tutti i partecipanti per ottimizzare i risultati di progetto, aumentare il valore per il proprietario, ridurre gli sprechi e ottimizzare l'efficienza in tutte le fasi di progettazione, produzione e costruzione.
Gli elementi distintivi di un progetto IPD sono: condivisione degli obiettivi; consensualità dei processi decisionali; impiego di processi BIM-based.
Per consentire la sincronizzazione e la condivisione di modelli BIM tra i partner di progettazione e commerciali, situati in varie città degli Stati Uniti, è stato adottato il software **Autodesk BIM 360**.
La piattaforma basata su cloud ha consentito una più "fluida" interazione dei flussi di dati BIM. Gli strumenti Revit e BIM360 sono stati utilizzati per sviluppare il modello al livello di dettaglio geometrico e informativo As-built (LOD 500).

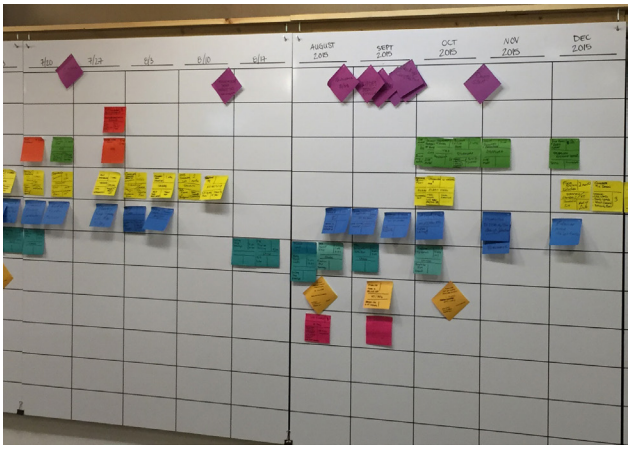
Diagramma dei flussi informativi tra discipline e segmenti del progetto

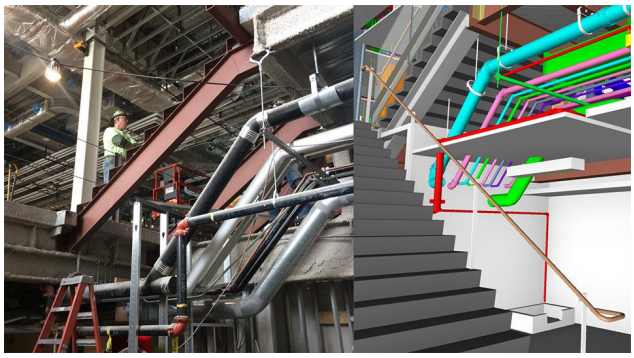


Aspetti di INFLUENZA

DELL' INFORMAZIONE

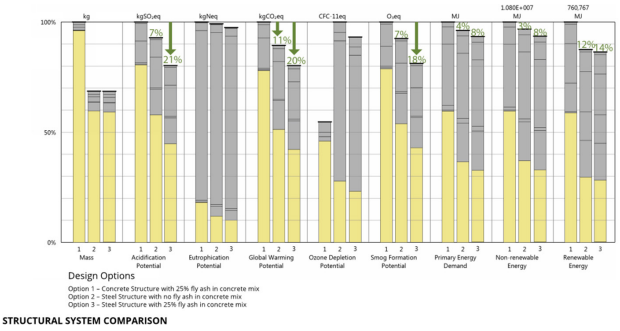
relativi all'impatto dell'informazione sul comportamento dell'utente umano e al successo con il quale il significato trasferito come informazione è in grado di influenzare positivamente le azioni



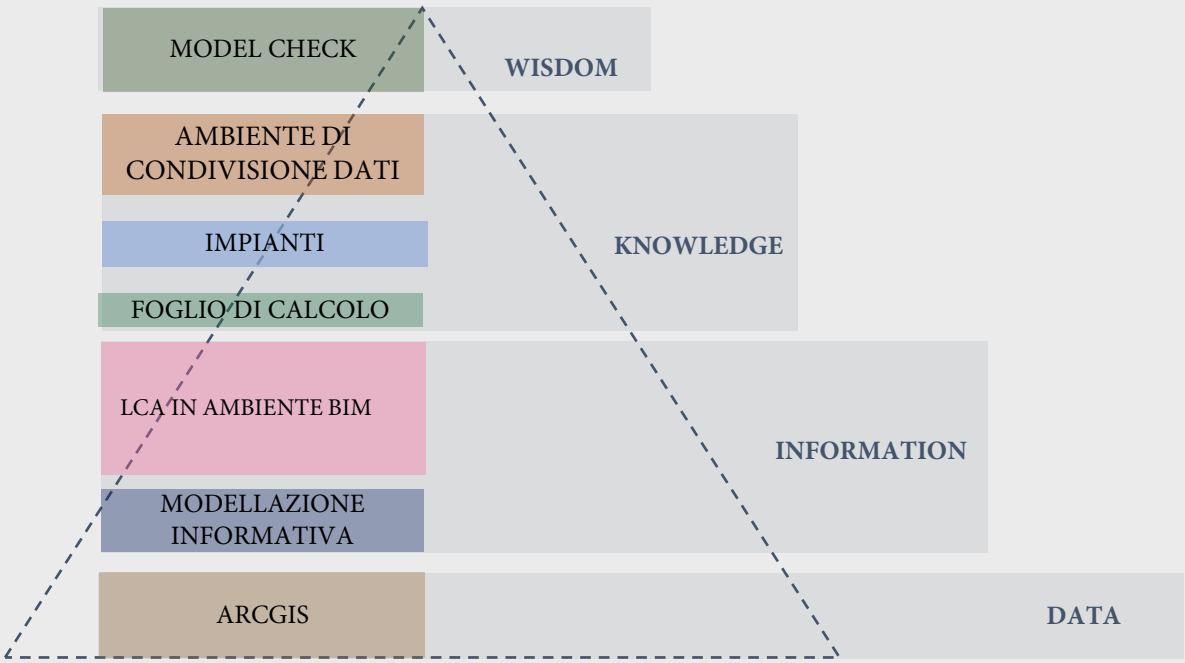


Fasi di riunione di progetto

Sin dalle prime fasi del progetto, il gruppo di lavoro ha deciso di avvalersi di una piattaforma di comunicazione *could-enabled*, che ha consentito un approccio al BIM connesso ed integrato per fluidificare la collaborazione tra architetti, ingegneri, construction manager, stakeholder e i membri della Brown University.
Allo stesso modo, Tally ha permesso di migliorare la comunicazione tra gruppi di lavoro, soprattutto per oltrepassare eventuali incomprensioni tecniche e asimmetrie in termini di competenze, consentendo di produrre grafiche semplificate per leggere, in maniera trasparente e comprensibile, i dati relativi agli impatti ambientali di progetto e, quindi, le conseguenti motivazioni alle spalle delle scelte poste in atto nel progetto.



Grafici estratti dalle analisi LCA svolte dal plu-gin Tally



Piramide DIKW – KT, Engineering Research Center, Brown University

KATHLEEN GRIMM SCHOOL

Skidmore, Owings & Merril | Box 4

Luogo
Staten Island, New York

Committente
New York School Construction Authority

Destinazione d'uso
Istruzione

Tipo di rigenerazione
Nuova costruzione

Progettista
Skidmore, Owings & Merrill LLP

Anno di realizzazione
2015

Superficie costruita
6.320 mq

Credits
SOM
14 Wall Street
New York, NY 10005, USA
www.som.com

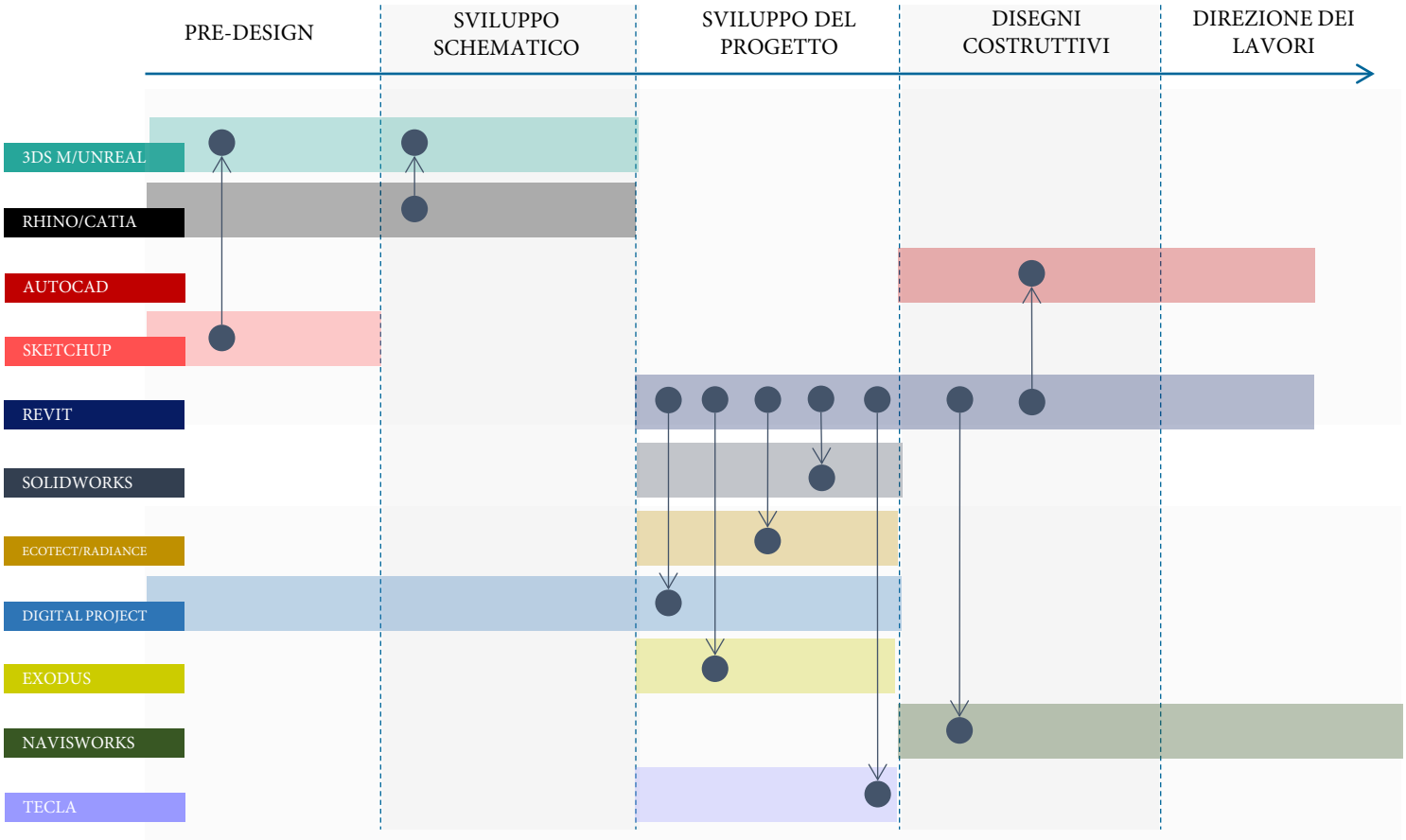
Progettata per diventare la prima scuola a energia quasi zero di New York, la P.S. 62 School è diventata in realtà un punto di riferimento mondiale. L'istituto, dedicato a Kathleen Grimm, è stato sviluppato per raccogliere quanta più energia proveniente da fonti rinnovabili; allo stesso tempo, all'interno della scuola si formano studenti (e insegnanti) sui temi del risparmio energetico e dell'uso razionale delle risorse.
Situata a Staten Island, la scuola accoglie circa 450 studenti, dalla materna fino alla quinta elementare, che rappresentano il vero "motore ecologico" dell'istituto.
I progettisti hanno infatti coinvolto, in quest'ambiziosa agenda sostenibile, sia i ragazzi che gli insegnanti, con incontri bisettimanali con le autorità newyorkesi. Oltre ai feedback della comunità locale, il processo di progettazione si è avvalso di strumenti software simulativi per la verifica delle prestazioni energetiche e per lo sfruttamento ottimale delle ampie superfici in copertura destinate ad ospitare circa 1600 pannelli fotovoltaici.
Questi, sommati ai 400 panelli che coprono l'area parcheggio, offrono una produzione di energia elettrica di quasi 662mWh all'anno. I risultati ottenuti hanno fatto sì che l'edificio ridefinisse gli standard energetici per l'edilizia scolastica del distretto, rientrando nella ristretta cerchia (39 in tutto) di edifici net-zero energy degli Stati Uniti.
Le classi, tutte orientate in modo da controllare i fattori di irraggiamento solare diretto, sfruttano l'illuminazione proveniente dai lucernari dei corridoi grazie ad apposite finestre; inoltre, il soffitto delle classi è modellato in modo tale da riflettere la luce e aumentare il comfort interno, garantendo un'autonomia di *daylighting* che arriva al 90%.
Per quanto riguarda l'involucro, i pannelli monoblocco, alti oltre 9 metri, si agganciano soltanto alle estremità, per avere una barriera all'aria e al vapore continua su tutto il prospetto, senza correre il rischio di ponti termici.
Traducendo in termini architettonici gli input suggeriti dai software di simulazione energetica, così come i feedback della comunità locale, SOM ha dimostrato le potenzialità di un processo progettuale guidato dai dati, sia di natura ambientale che sociale.

Aspetti TECNICI

DELL' INFORMAZIONE

relativi alla quantificazione dell'informazione e all'accuratezza delle modalità di trasferimento dell'informazione

All'interno di SOM, al fine di facilitare i flussi di lavoro tra professionisti di discipline diverse è stata implementata una piattaforma parametrica che offre la possibilità di scambiare dati in tempo reale da **Grasshopper** ad un modello centrale **Revit**, all'interno del quale il team, che include anche ingegneri strutturisti e impiantisti, può visualizzare il concept architettonico e partecipare attivamente alla generazione e riconfigurazione delle geometria attraverso un **plug-in personalizzato sviluppato attraverso REVIT API.**
Inoltre, mediante l'applicazione integrata di **CATIA** e **Rhino**, il team di SOM è in grado di integrare i processi di analisi strutturale con la modellazione degli elementi architettonici, consentendo che architettura e struttura si "informino" reciprocamente.
Kathleen Grimm ha rappresentato, in particolare, un'occasione di esplorazione delle capacità generative dei software attraverso l'intreccio di dati geometrici e numerici.
L'amento esponenziale dei dati e delle informazioni disponibili considerate rilevante per il progetto architettonico e la sua realizzazione ha infatti stimolato SOM a riflettere sulla necessità di individuare strategie per "nutrire" dei dati necessari i processi all'interno dello Studio, non solo attraverso le piattaforme BIM-based come Revit, ma anche implementando **sistemi di realtà virtuale come Unreal Engine**.
L'introduzione di nuovi software non ha soltanto sostituito i precedenti in uso, ma ha richiesto che gli stessi workflow di progettazione e organizzazione venissero ripensati.
SOM ha anche avviato ricerche interne nell'indirizzo delle tecnologie di **IA e Machine Learning.** Lo scopo dello studio è infatti di sviluppare un software di modellazione capace di integrare intelligenza artificiale e umana per trasferire nei processi di progettazione analisi simulative comportamentali degli utenti e migliorare l'esperienza e la qualità ambientale degli spazi.



Workflow dei software adoperati dallo studio per la gestione digitale dell'informazione nel progetto.

Aspetti SEMANTICI

DELL' INFORMAZIONE

relativi al contenuto dell'informazione, alla sua capacità di essere interpretata e alle procedure inerenti la corretta elaborazione e trasmissione del suo contenuto in termini di significato

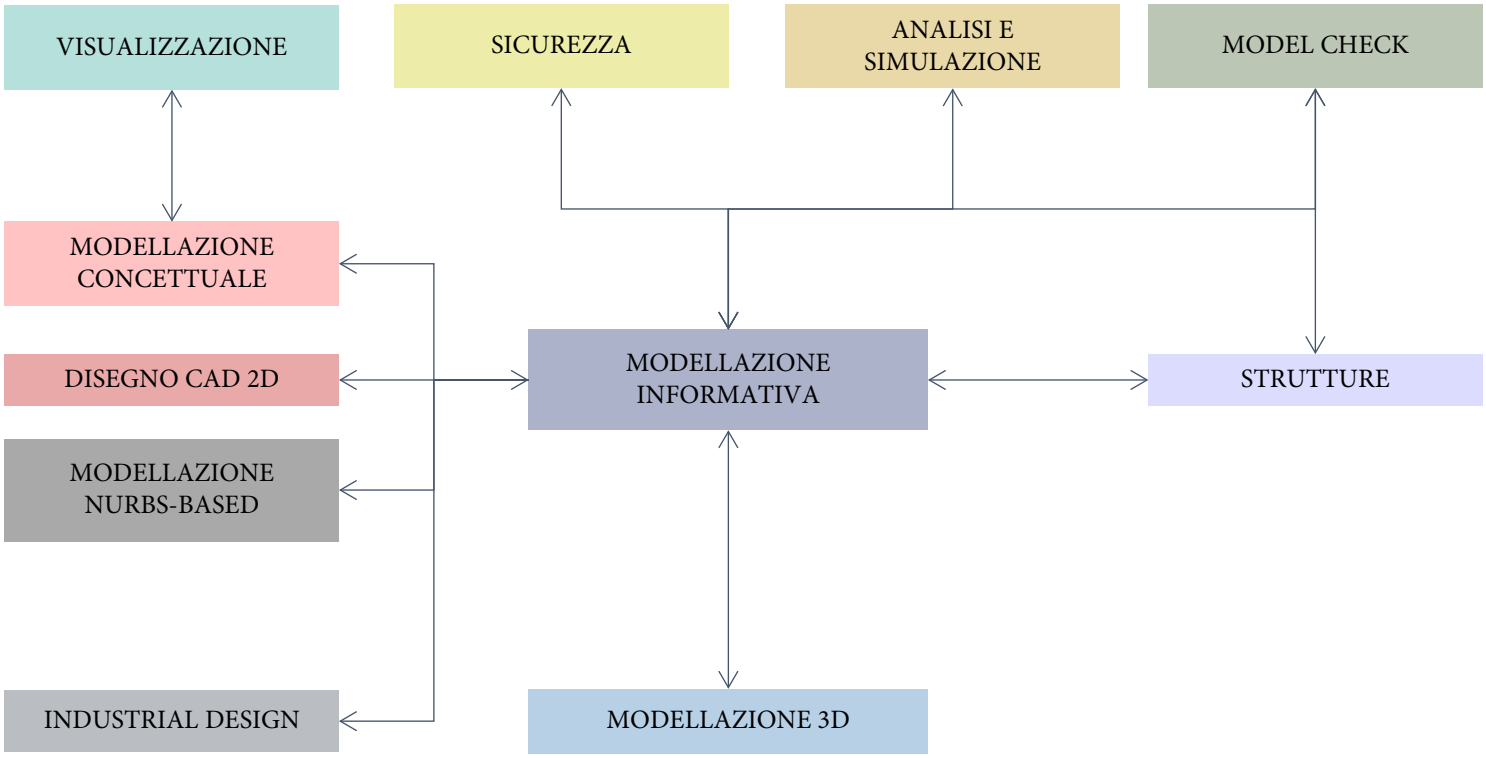


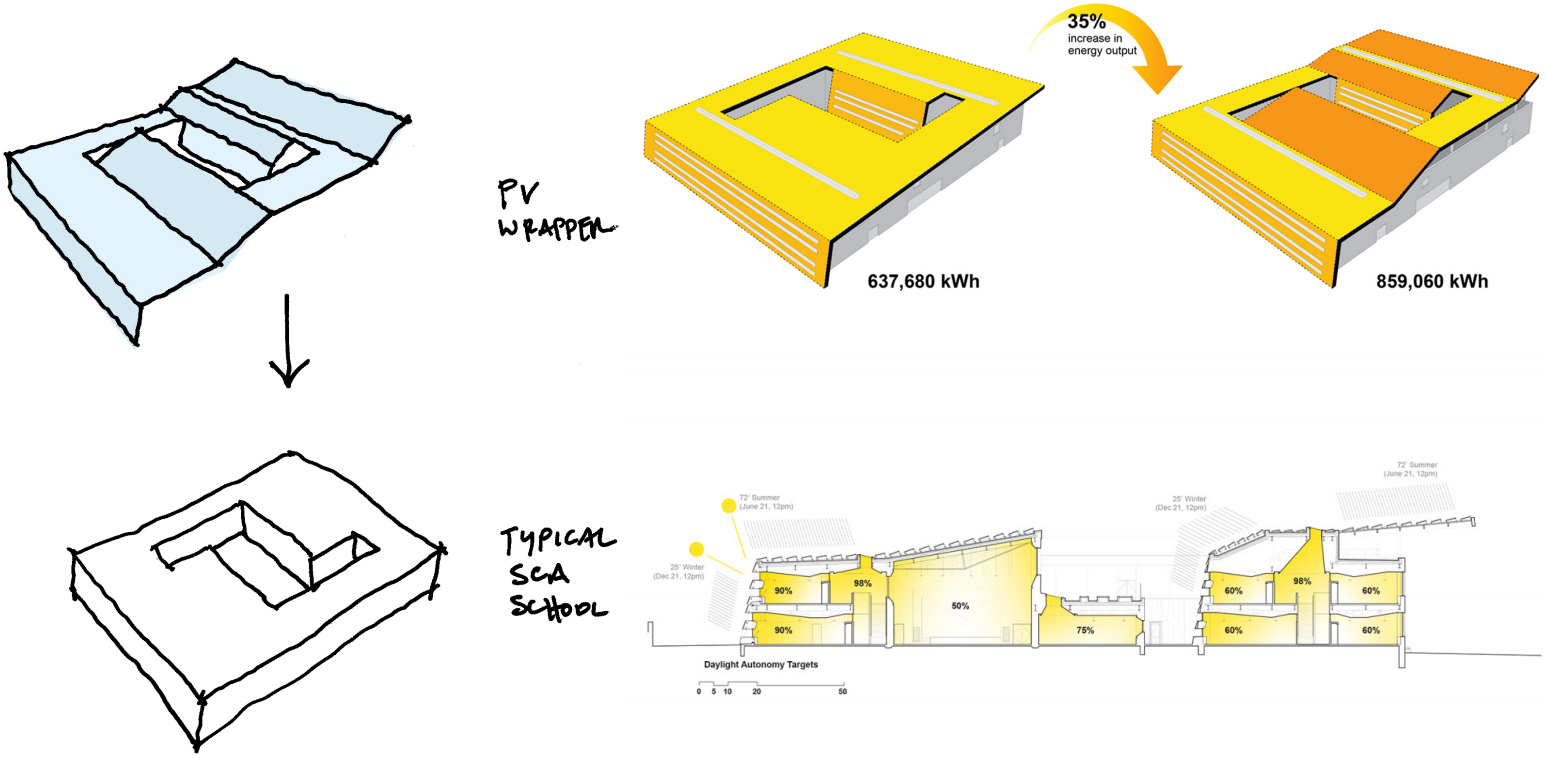
Diagramma dei flussi informativi tra discipline e segmenti del progetto

In SOM, le attività di ricerca e sviluppo trovano spazio all'interno di un network fluido di team interdisciplinari noto come il Digital Design Group, che rappresenta la più recente evoluzione del Computer Group (1964-1990). A contrario del suo predecessore, infatti, il Digital Design Group di SOM opera unicamente attraverso invito di membri di gruppi di lavoro differenti dello Studio stesso per incontrarsi periodicamente e presentare proposte e idee che possono essere applicate a progetti in corso o usate per contribuire a iniziative indipendenti di ricerca.
Distribuite tra le diverse sedi di SOM, le attività del Digital Design Group gravitano attorno a diverse aree di ricerca, da iniziative che continuano le sperimentazioni di SOM nel campo dell'ingegneria strutturale a nuovi approcci alla progettazione di edifici complessi.
In particolare, negli ultimi anni sono stati approfonditi i temi inerenti allo sviluppo del BIM e ai flussi informativi standardizzati, il computational design, le tecnologie di visualizzazione e di simulazione. Tali interessi non sono soltanto sviluppati autonomamente, ma si integrano e sovrappongono vicendevolmente.
Lo scopo del Computer Group, prima, e del Digital Design Group, oggi, è anche quello di sviluppare soluzioni software e procedurali *customizzate*, per accelerare i compiti tecnici di progetto o per supportare le task più complesse.
La crescita esponenziale del numero di architetti dello Studio ha soprattutto stimolato la riflessione sulle modalità di migliorare gli scambi informativi interni e tra le diverse sedi di SOM. Proprio per accorciare le distanze fisiche tra colleghi, tutta l'informazione dello Studio è organizzata, trasmessa e archiviata in cloud, con accesso garantito ad ogni ora di ogni giorno della settimana e in maniera simultanea.
In questo senso, al contrario dei CAD tradizionali, gli applicativi BIM si configurano effettivamente come piattaforme, al cui interno non è solo possibile elaborare e conservare informazione, ma anche condividerle e comunicarle per mezzo di *medium* molteplici: smarthphone, applicazioni web-based, realtà virtuale, ecc.

Aspetti di **INFLUENZA**

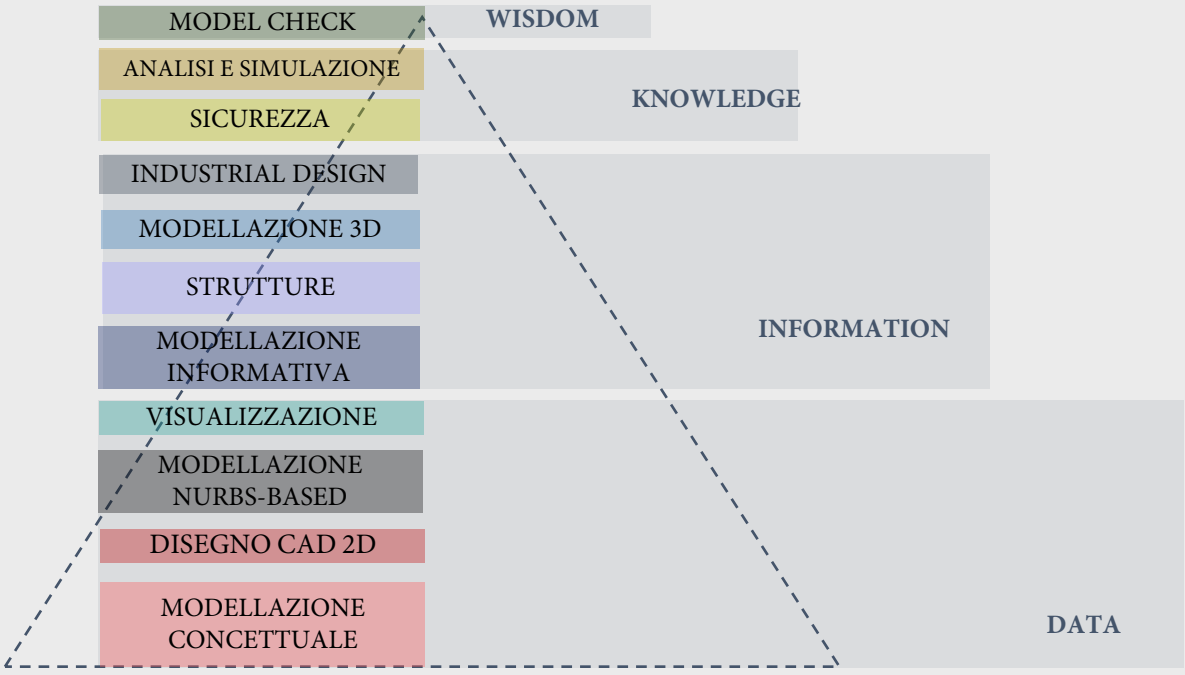
DELL' INFORMAZIONE

relativi all'impatto dell'informazione sul comportamento dell'utente umano e al successo con il quale il significato trasferito come informazione è in grado di influenzare positivamente le azioni



Progetto della copertura: dalla prima intuizione a schizzo attraverso la modellazione energetica e informativa

Gli impatti dell'utilizzo di tecnologie e procedure *data-driven* sulle modalità decisionali di SOM riguardano soprattutto la possibilità di sviluppare strategie progettuali attraverso gli strumenti digitali per sia elaborare soluzioni generalmente adattabili, che utili ad uno specifico caso. **Il progetto diventa, in questo modo, il risultato di un sistema di regole che, per sua natura, è in grado di riconfigurarsi al variare del valore delle regole, all'interno dello stesso processo**.
Il digitale consente anche di fornire risposte maggiormente "scientifiche" agli aspetti tecnici del progetto, come quelli strutturali o impiantistici, che sono di supporto alle valutazioni qualitative, culturali e sociali a cui il lavoro dell'architetto deve confrontarsi.
Nella dimensione "aziendale" di SOM, il fattore tempo è inoltre fondamentale: meno tempo per completare *tame problems* corrisponde a più tempo e opportunità per approfondire i *wicked problems* del progetto.



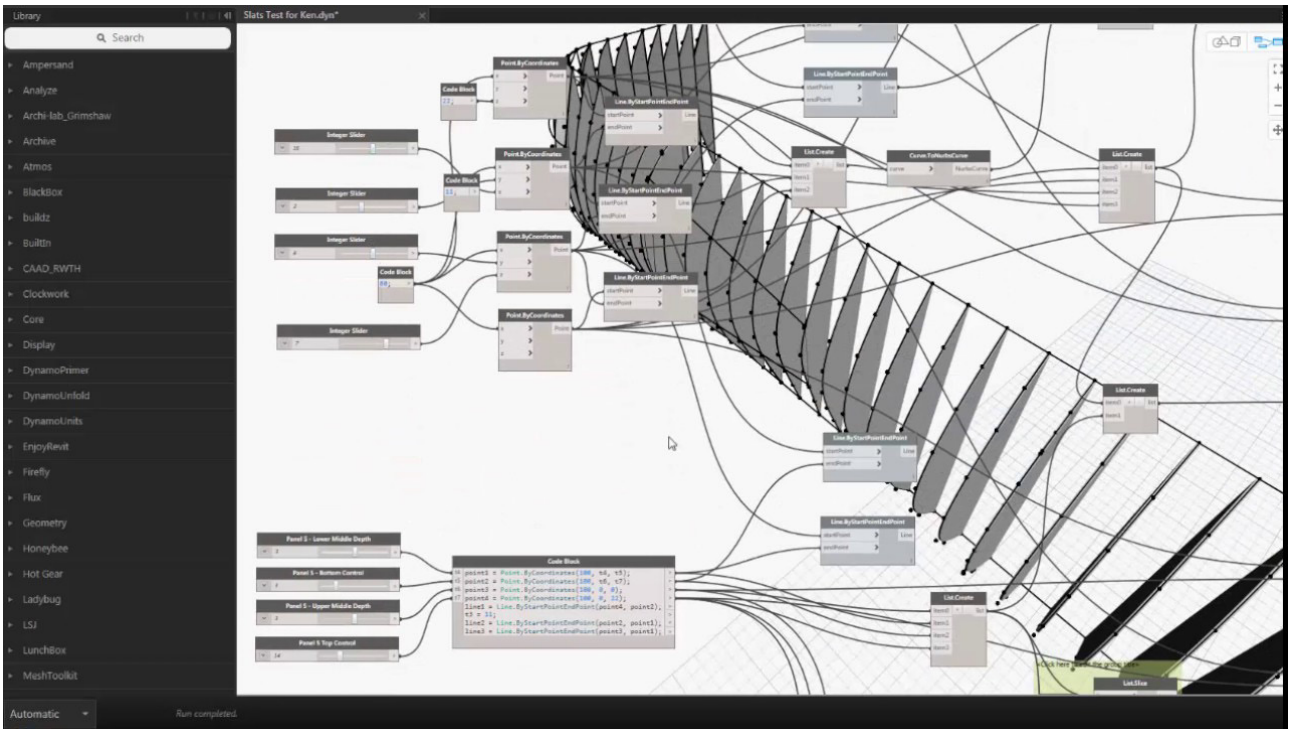
Piramide DIKW – SOM LLP, Kathleen Grimm School

2.3 Processi decisionali "computazionali" per la generazione automatizzata di alternative progettuali

2.3.1 La trasformazione digitale del progetto tra informatica e informazione

L'utilizzo dei computer ha introdotto una concezione dell'informazione come principio metafisico, che è alla base della cosiddetta filosofia digitale. Questa nuova disciplina, tracimando nel campo della fisica teoria, della matematica e dell'informatica, ha elaborato una teoria cosmologica di un "Universo Informato", in una visione della natura come grande macchina computazionale, basata proprio sul flusso di dati e di informazioni (Longo & Vaccaro, *op.cit.*).
Secondo Wolfram, infatti, la filosofia digitale riconfigurerebbe non solo la fisica, ma soprattutto la metafisica: dato un qualsiasi fenomeno, la legge del suo divenire è il programma informatico più breve in grado di simulare la sua evoluzione (Wolfram, 2002). Le architetture digitali sono, in questo senso, il risultato di processi di streamlining, frutto della graduale eliminazione di tutto ciò che è superfluo, separandolo da ciò che invece è importante, intercettato in una vasta mole di informazioni o dati. I caratteri dell'architettura digitale emergono dalla massa informe dei big data filtrando delle informazioni strutturate, dalle quali affiorano gli elementi ritenuti prioritari in base alla loro capacità di soddisfare i requisiti di progetto con il minimo utilizzo di energia e materia.
Il matematico e informatico Gregory Chaitin fu tra i primi a riconoscere il valore cognitivo del computer, intuendo che i processi computazionali avrebbero rivoluzionato l'epistemologia, riformulando il significato della comprensione, in quanto possibile solo attraverso la scrittura di un programma[10].
Il linguaggio binario, meglio delle parole o dei numeri, rispecchierebbe quello della Natura. Rispetto alla transizione operata da Galileo, tra realtà e numeri, il digitale attua un ulteriore passaggio che lega i numeri ai bit.
Secondo Jeannette Wing, l'utilizzo di strumenti informatici sarebbe però ininfluente nello sviluppare capacità di pensiero computazionale: «*Il pensiero computazionale consiste nel risolvere i problemi, progettare sistemi e comprendere il comportamento umano, attingendo dai principi fondamentali dell'informatica. Il pensiero computazionale comprende anche una serie di strumenti mentali che riflettono la vastità del mondo dell'informatica*[11]» .
La computazione rappresenta pertanto un vero e proprio processo di ermeneutica della realtà: intervenendo nei processi naturali come in quelli artificiali, il digitale apre le porte ad un rapporto totalmente inedito tra uomo e realtà, in cui l'architettura si pone come medium tra i due, riconfigurandosi e adattandosi alle necessità emergenti.
La computazione consente di inserire il progetto, fin dalla sua fase euristica, in un diverso equilibrio tra forma, funzione e tecnica, che intervengono nello sviluppo del progetto secondo un processo di interazione e di determinazione reciproca.
Il computational design consente inoltre una diversa rapidità della trasposizione tra pensiero e azione, tra lettura ed interpretazione dei fenomeni, aprendo alla possibilità di analizzare scenari multipli alla ricerca di un'ampia gamma di soluzioni. Lo sviluppo di strumenti computazionali per il form-finding e l'ottimizzazione topologica oltre che dalla fedeltà di restituzione dei sistemi di produzione file-to-factory, ha abbassato la soglia di accesso alla possibilità di esplorare soluzioni morfologiche inusitate, derivanti da processi evolutivi e selettivi (Frazer, 1995).

In questi casi, la ricerca della soluzione progettuale è condotta attraverso la generazione, valutazione ed evoluzione di migliaia di possibili alternative, elaborate dal potenziale computazionale dei software di programmazione visuale secondo l'interazione di vincoli e parametri multipli.
I risultati di queste operazioni non sono sempre prevedibili, ma aprono a scenari in cui il paradigma della standardizzazione, ritenuto nel secolo scorso l'unico modello che garantisse un bilancio positivo tra industrializzazione e qualità, decade in favore della de-standardizzazione dei processi produttivi.



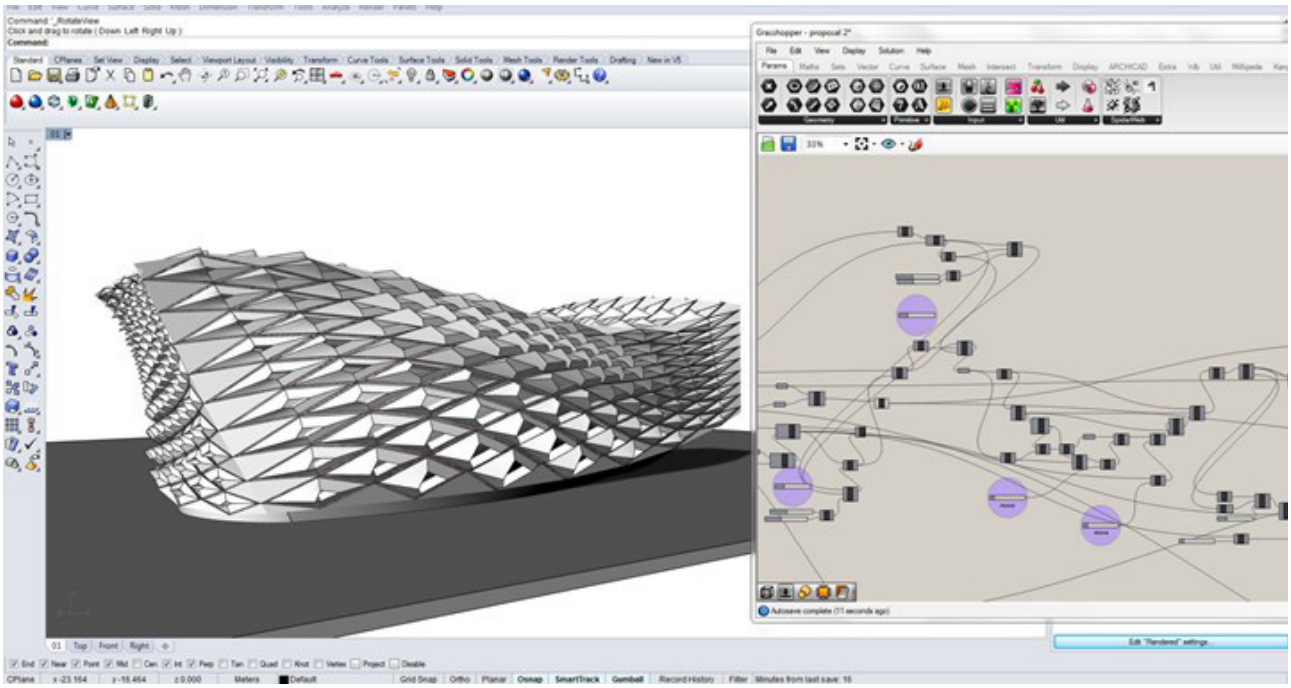


Fig. 20 - Processi computazionali del progetto digitale: sistemi di design algoritmico parametrico.

2.3.2 Criticità dei sistemi generativi per il decision-making

L'interesse per le capacità generative dei sistemi computazionali, iniziato già a partire degli anni Ottanta, è tornato al centro del dibattito soprattutto recentemente e grazie alla spinta di case software, costringendo i *competitors* alla rincorsa, sebbene non manchino dubbi e diffidenze sui reali impatti possibili derivanti da tali sviluppi tecnologici. Il principio alla base del generative design, ossia la creazione automatizzata, attraverso un computer, di migliaia di possibili scenari tra i quali poter scegliere, ridurrebbe semplicisticamente il processo di progettazione in tre fasi: scelta dei parametri, avvio dell'algoritmo, selezione della soluzione migliore. Il progettista, nel ruolo di *editor*, è incaricato di impostare dei parametri di input per un algoritmo che, terminato il processo, offrirebbe una serie di opzioni tra le quali scegliere. L' esito di questa operazione, quindi, consisterebbe in un risparmio di tempi e costi di ideazione, a vantaggio della molteplicità di scenari da comparare.
Il design generativo determina però diversi piani di problematicità[12], legati a:

- l'affidabilità delle procedure e dunque l'attendibilità degli esiti, considerando l'impossibilità pratica di verificare i risultati ripercorrendo a ritroso le logiche computazionali, che processano quantità proibitive di dati in tempi brevissimi;
- l'effettiva praticabilità delle molteplici soluzioni elaborate in maniera computazionale, che talvolta si riduce a relativamente poche opzioni all'interno, però, di un vastissimo campo di opzioni;
- la difficoltà di implementare processi di scelta efficaci nell'ambito di un'eccessiva numerosità di soluzioni, considerando che, al crescere della complessità del progetto, l'attività di selezione richiede il necessario approfondimento da parte del progettista, pur se supportato dai "filtri" dei software computazionali;
- la riduzione, operata dai sistemi computazionali, di qualsiasi valore del progetto in termini quantitativi, tralasciando perciò quelli qualitativi, i quali sono talvolta difficilmente traducibili in termini numerici e rischiano, perciò, di essere esclusi dal processo decisionale;
- l'eccessiva semplificazione del processo progettuale generativo, "mimato" dalla macchina in termini lineari di domanda-processo-risposta, ma lontano dalla complessità del pensiero progettuale;
- la standardizzazione delle procedure computazionali che, sebbene dipendano dall'elaborazione di algoritmi da parte del progettista-programmatore, in realtà lavorano all'interno di una logica telescopica e, soprattutto, mettono in primo piano la capacità di elaborare dati a quella di costituirsi come un'effettiva interfaccia dell'attività progettuale.

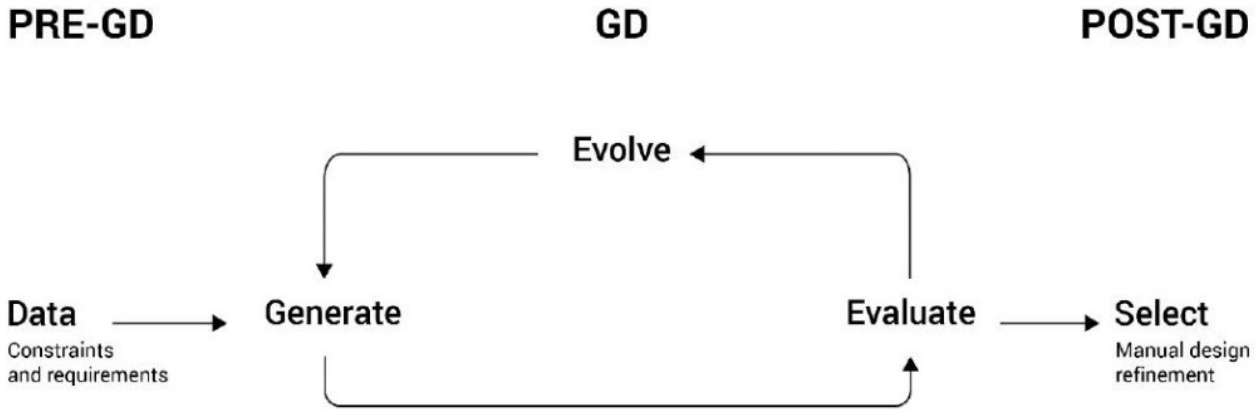


Fig. 21 - Le tre fasi del generative design: specificare gli obiettivi, generare soluzioni e selezionare l'opzione migliore. Fonte: Lorenzo Villaggi, Danil Nagy (Autodesk).

In che modo l'utilizzo di algoritmi generativi e di sistemi computazionali è in grado di influenzare i processi decisionali e fino a che punto di autonomia le attività computer-aided possono spingersi nella generazione di alternative progettuali?
In quale ruolo il progettista deve collocarsi per stabilire un rapporto dialogico con le intelligenze artificiali, tale da assicurare un "controllo di senso" delle operazioni automatizzate di progetto?
Il progetto per il quartiere olandese di Alkmaar, elaborato nell'ambito della collaborazione tra l'azienda di sviluppo immobiliare Van Wijnen e The Living (Box 5), ha previsto la programmazione di uno strumento algoritmico ad hoc per la creazione di interi quartieri.
Alimentando il software con obiettivi prestabiliti, ad esempio, il potenziale di energia solare, i profitti del programma, i costi, le dimensioni del cortile, la varietà di progetti e visualizzazioni, lo strumento è in grado di generare innumerevoli opzioni di layout di isolati e lotto.
L'obiettivo era applicare per la prima volta alla scala urbana il generative design per progettare un'area residenziale a energia zero per famiglie a basso reddito. Tramite il generative design è stata studiata la più efficiente suddivisione del lotto e dei percorsi viabilistici.
Una volta terminata la fase di produzione delle svariate alternative, la selezione è stata perfezionata con l'inserimento nel software di ulteriori algoritmi di tipo evolutivo e il sistema ha generato oltre 15mila possibilità diverse che sono state inserite in più grafici per valutarne sia le singole caratteristiche e prestazioni, sia i rapporti tra i diversi obiettivi progettuali.
Nel caso del progetto per la sede del MaRS Office di Autodesk, sempre elaborato dallo studio The Living (Box 6) le procedure impiegate hanno sfruttato le potenzialità del design generativo per l'architettura, introducendo sistemi di valutazione qualitativi nei processi quantitativi dello space programming. La capacità di calcolo dei sistemi computazionali ha concesso di generare, valutare ed evolvere migliaia di opzioni di progetto, al fine di soddisfare gli ambiziosi requisiti architettonici.
Per questo, gli algoritmi implementati hanno vagliato le possibilità di disposizione degli ambienti, consentendo di valutare le interazioni tra gli spazi e gli occupanti; oppure, analizzando il rapporto tra orari di utilizzo delle stanze ed esposizione solare, hanno contribuito a migliorare il programma funzionale in modo da gestire la distribuzione di aree comuni e private, spazi di relax e uffici, laboratori e sale conferenze.
Questo tipo di processo ha consentito di superare l'approccio stocastico ai problemi qualitativi, svelando una nuova modalità di euristica nel progetto di architettura. Al ruolo "creativo" del designer si affianca una responsabilità selettiva, in cui è fondamentale il giudizio critico nei confronti dell'automatismo computazionale.
In questo caso, l'imprevedibilità dei risultati dei processi computazionali è andata di pari passo con la precisione nella definizione degli obiettivi di progetto. Il vantaggio di un tale approccio, senz'altro complesso e per certi versi ancora sperimentale, consiste però nell'influenza che la progettazione, se basata su requisiti qualitativi specifici, ha nei luoghi e nelle persone che li frequentano.
Basato su 24 parametri di input, che definiscono a loro volta 8 aree di definizione del progetto, il sistema geometrico elaborato all'interno dell'algoritmo consente di generare migliaia, ma teoricamente milioni, di differenti layout di ufficio, che rappresentano tutte possibili soluzioni efficaci.
Connettendosi, da un lato, con dei fogli di calcolo e, dall'altro, con l'ambiente di Modellazione BIM, il sistema di algoritmi computazionali ha funzionato da "processatore" di dati, sia in entrata che in uscita, in particolare introiettando parametri relativi a vincoli e obiettivi per restituire schemi e diagrammi concettuali che, esportati in ambiente BIM, corrispondono ad elementi virtuali come unità ambientali o componenti tecnici.

QUARTIERE DI ALKMAAR

Van Wijnen + The Living | Box 5

Luogo
Alkmaar, NDL

Committente
Van Wijnen Groep

Destinazione d'uso
Residenziale

Tipo di rigenerazione
Urbana - quartiere

Progettista
David Benjamin (The Living LAB) + Autodesk

Anno di realizzazione
2017

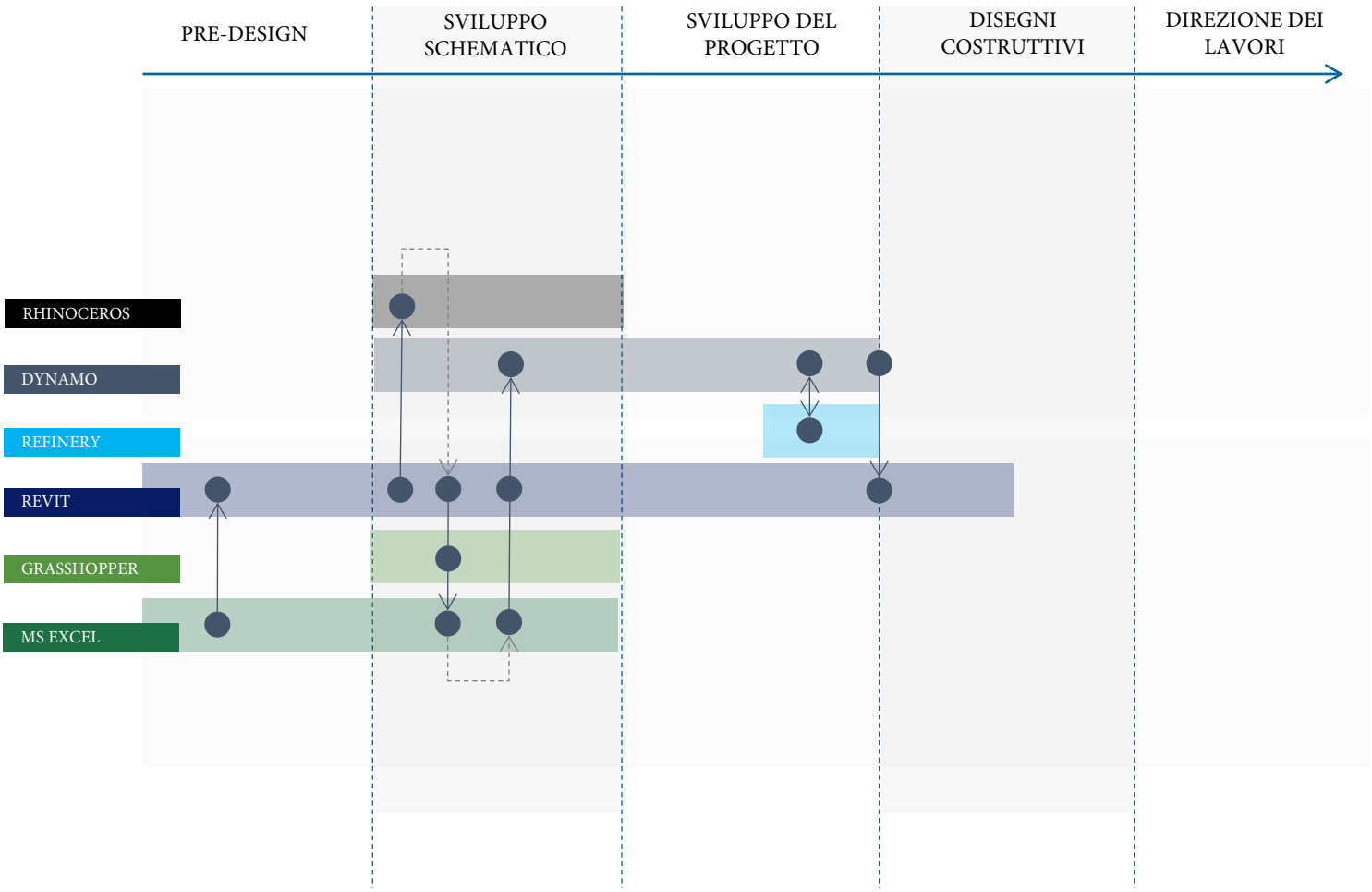
Superficie costruita
6600 mq

Credits
The Living Lab
25 Broadway, New York, NY 10004, Stati Uniti
www.thelivingnewyork.com

L'impresa di costruzioni Van Wijnen è specializzata nella costruzione di abitazioni a basso costo e a energia quasi zero nei Paesi Passi. Nonostante la virtuosità della propria *mission* aziendale, i ridotti margini di profitto si sono rivelati insufficienti per garantirne la sopravvivenza. La ricerca di nuove strategie progettuali di ottimizzazione ha perciò avvicinato l'azienda alle possibilità del design generativo per adottare un processo più automatizzato ed efficiente, che minimizzasse gli sprechi e abbattesse i costi.
L'azienda olandese ha perciò sviluppato specifiche applicazioni digitali per la realizzazione di sistemi costruttivi, elaborando un processo progettuale e produttivo basato su strutture modulari per l'edilizia residenziale in grado di offrire soluzioni diversificate a costi contenuti. In particolare, in collaborazione con Autodesk sono state sperimentate soluzioni di generative design per l'automazione dei processi di elaborazione di opzioni progettuali che, a partire da una serie di vincoli prestabiliti (dimensioni del cortile interno, affacci, illuminazione naturale e radiazione solare, rapporto tra costi e ricavi), potessero poi essere realizzate e installate dall'azienda come sistemi assemblabili. Il risultato consiste perciò in un sistema di costruzione modulare organizzato secondo un procedimento simile a quello della catena di montaggio di un'automobile, ma slegato dai limiti della standardizzazione e della produzione in serie.
Nel caso specifico, l'obiettivo di progetto è stato applicare per la prima volta alla scala urbana il generative design per progettare un'area residenziale a energia zero per famiglie a basso reddito nella cittadina di Alkmaar, a nord di Amsterdam.

Le soluzioni sviluppate per la sperimentazione del generative design alla scala urbana sono **Dynamo e Refinery.** Dynamo, in particolare, rappresenta un prodotto già commercializzato da Autodesk come VPL *node-based* per la progettazione parametrica e computazionale all'interno di Revit, di cui è un plug-in *embedded*, ossia già incorporato nelle versioni diffuse del software.
Autodesk ha quindi sviluppato, tramite lo studio The Living Lab, un algoritmo generativo complesso per il quale è stato fatto un significativo uso di *custom nodes*, ossia di "blocchi" algoritmici personalizzati non basati sulla libreria standard del software, ma scritti in linguaggio informatico (Python/VB e DesignScript).
Il tema affrontato ha previsto la creazione di "pattern" parametrici, tali da poter essere reimpiegati in altri progetti, con finalità analoghe, modificando soltanto i valori dei parametri di input.
All'interno dell'algoritmo, sono distinti alcuni "layer" concettuali specifici:

- I vincoli, inseriti come input controllati da Refinery;
- I componenti di processo, che combinano i vincoli agli obiettivi di progetto e generano le variazioni di progetto;
- I componenti di visualizzazione, deputati a fornire output grafici per verificare gli esiti parziali e finali dei processi;
- I componenti di esportazione in ambiente Revit per lo sviluppo delle soluzioni progettuali dal punto di vista costruttivo;
- I componenti riportanti i valori prestazionali derivanti dalle diverse organizzazioni progettuali, che rappresentano gli unici valori esportati in Refinery.



Workflow dei software adoperati dallo studio per la gestione digitale dell'informazione nel progetto.

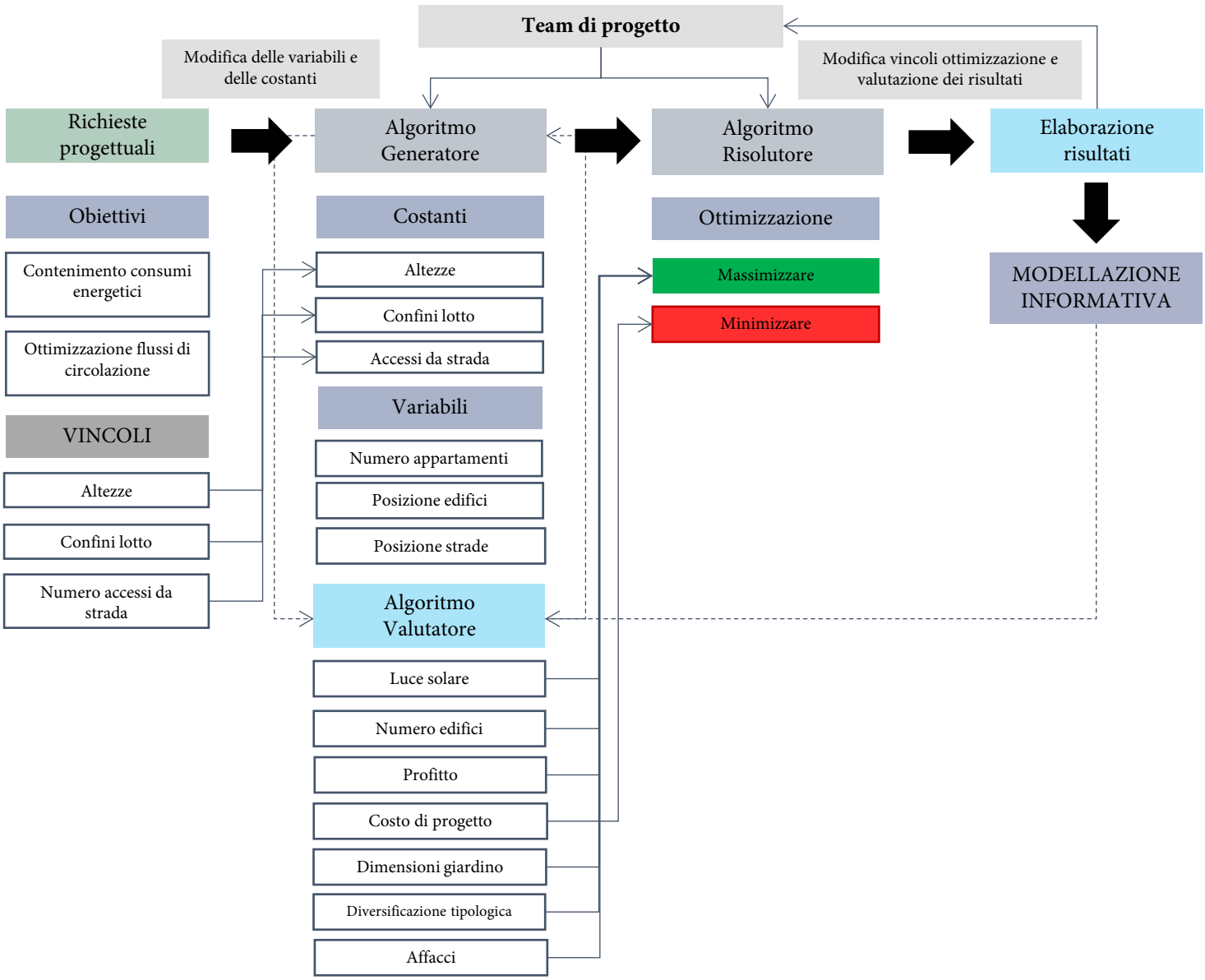
Aspetti SEMANTICI

DELL' INFORMAZIONE

relativi al contenuto dell'informazione, alla sua capacità di essere interpretata e alle procedure inerenti la corretta elaborazione e trasmissione del suo contenuto in termini di significato

Per la corretta implementazione della procedura algoritmica, sono stati analizzati i vincoli da inserire all'interno degli *script* che assicurassero la **verifica di compatibilità** di ogni opzione progettuale.
Tra i *constraint* individuati, particolare priorità è stata data alla circolazione ciclo-pedonale e veicolare interna, l'orientamento dei fabbricati, le altezze massime degli edifici e la posizione degli accessi stradale, le aree minime per le zone di parcheggio e parametri economici per controllare il contenimento dei costi di realizzazione e gestione.
Il lotto individuato nel quale inserire i nuovi fabbricati – sia case unifamiliari che plurifamiliari – presentava alcuni edifici residenziali preesistenti. Perciò, è stato necessario definire una tipologia architettonica che si potesse inserire con armonia con le condizioni preesistenti.
Una volta terminata la fase di produzione delle numerose alternative, la selezione è stata perfezionata con l'inserimento nel software di ulteriori algoritmi di tipo evolutivo e il sistema ha generato oltre 15mila possibilità diverse che sono state ulteriormente sviluppate in termini di graficizzazione e dettaglio per valutarne sia le singole caratteristiche e prestazioni, sia i rapporti tra i diversi obiettivi progettuali.

Diagramma di flusso delle informazioni e delle fasi di progettazione generativa, evidenziando le fasi di più «diretto» intervento del progettista



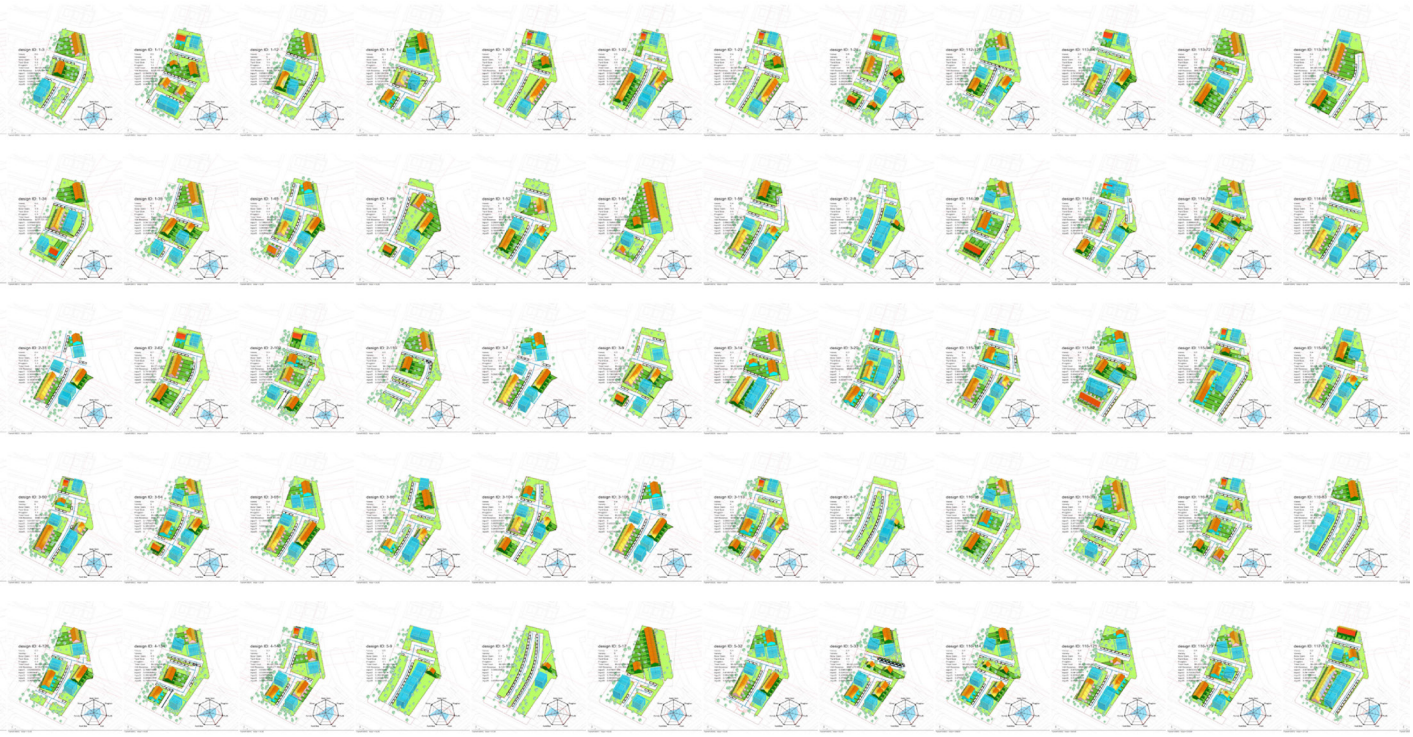
Aspetti di **INFLUENZA**

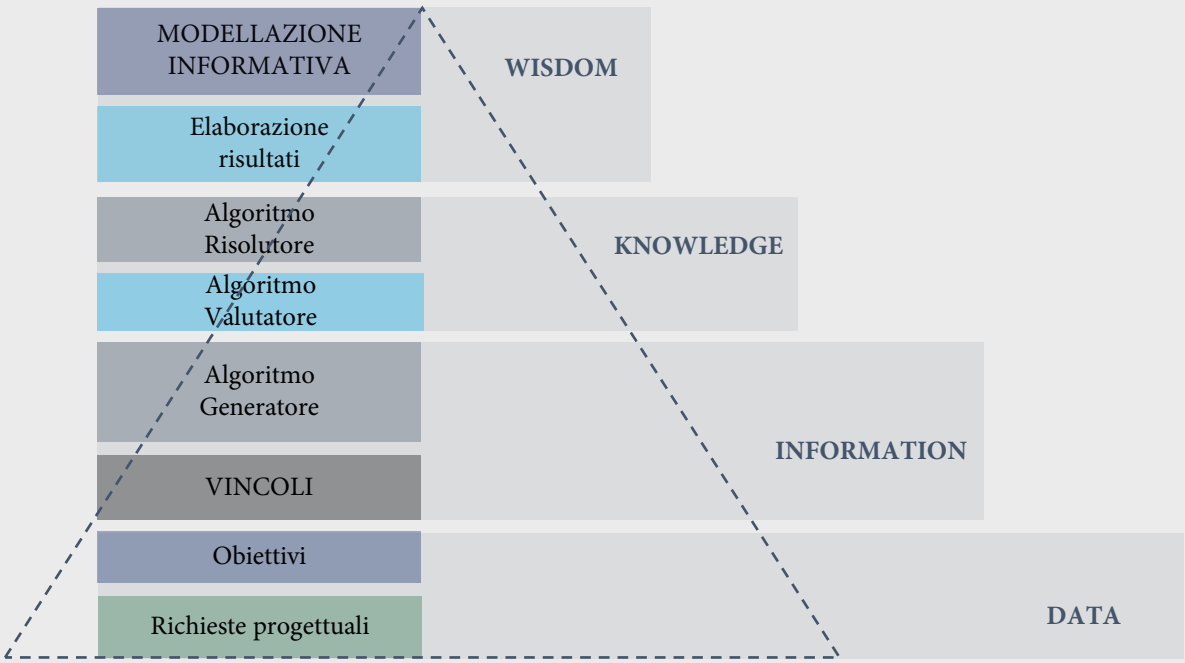
DELL' INFORMAZIONE

relativi all'impatto dell'informazione sul comportamento dell'utente umano e al successo con il quale il significato trasferito come informazione è in grado di influenzare positivamente le azioni

La straordinaria quantità e complessità dei risultati elaborati dal sistema algoritmico necessita che siano impostati precisi limiti da parte del progettista mediante l'imposizione di vincoli e parametri, in assenza dei quali la "macchina" non sarebbe in grado di generare risultati coerenti, lanciando piuttosto operazioni in modo incontrollato e dagli esiti impraticabili nell'ambito del progetto.

Generazione automatizzata di alternative





Piramide DIKW – Van Wijnen, Quartiere di Alkmaar (NED)

MARS OFFICE
The Living | Box 6

Approcci decisionali "computazionali" Generazione automatizzata di alternative

Luogo
Toronto, CAN

Committente
Autodesk

Destinazione d'uso
Uffici

Tipo di rigenerazione
Riconversione funzionale

Progettista
David Benjamin (The Living LAB) + Autodesk

Anno di realizzazione
2017

Superficie costruita
5574 mq (totale 3 piani)

Credits
The Living Lab
25 Broadway, New York, NY 10004, Stati Uniti
www.thelivingnewyork.com

Il progetto dei nuovi uffici di Autodesk nel distretto per l'innovazione MaRS di Toronto ha inteso sfruttare le potenzialità del design generativo per l'architettura, introducendo sistemi di valutazione qualitativi nei processi quantitativi dello *space programming*. La capacità di calcolo dei sistemi computazionali ha permesso di generare, valutare ed evolvere migliaia di opzioni di progetto, al fine di soddisfare gli ambiziosi requisiti architettonici.
Nel progetto di The Living, unità avanzata di Autodesk per la ricerca e sviluppo, i numerosi parametri in gioco (comfort acustico, illuminazione solare, visibilità, preferenze di adiacenza, minimizzazione dei fattori di disturbo, ecc.) hanno stimolato la ricerca verso soluzioni computazionali "generative", per l'analisi di migliaia di risposte all'interazione di un numero definito di problemi.
Questo tipo di processo ha consentito di superare l'approccio stocastico ai problemi qualitativi, svelando una nuova modalità di euristica nel progetto di architettura. Al ruolo "creativo" del designer si affianca una responsabilità selettiva, in cui è fondamentale il giudizio critico nei confronti dell'automatismo computazionale.
In questo caso, l'imprevedibilità dei risultati dei processi computazionali è andata di pari passo con la precisione nella definizione degli obiettivi di progetto. Il vantaggio di un tale approccio, senz'altro complesso e per certi versi ancora sperimentale, consiste però nell'influenza che la progettazione, se basata su requisiti qualitativi specifici, ha nei luoghi e nelle persone che li frequentano.
Il benessere dei lavoratori è stato l'obiettivo dichiarato della progettazione, unitamente, com'è ovvio, alla loro massima produttività: gli stimoli forniti dai luoghi e dalle relazioni che in essi si intrecciano potenziano, piacevolmente, le capacità degli occupanti. Per questo, gli algoritmi implementati hanno vagliato le possibilità di disposizione degli ambienti, consentendo di valutare le interazioni tra gli spazi e gli occupanti; oppure, analizzando il rapporto tra orari di utilizzo delle stanze ed esposizione solare, hanno contribuito a migliorare il programma funzionale in modo da gestire la distribuzione di aree comuni e private, spazi di relax e uffici, laboratori e sale conferenze.

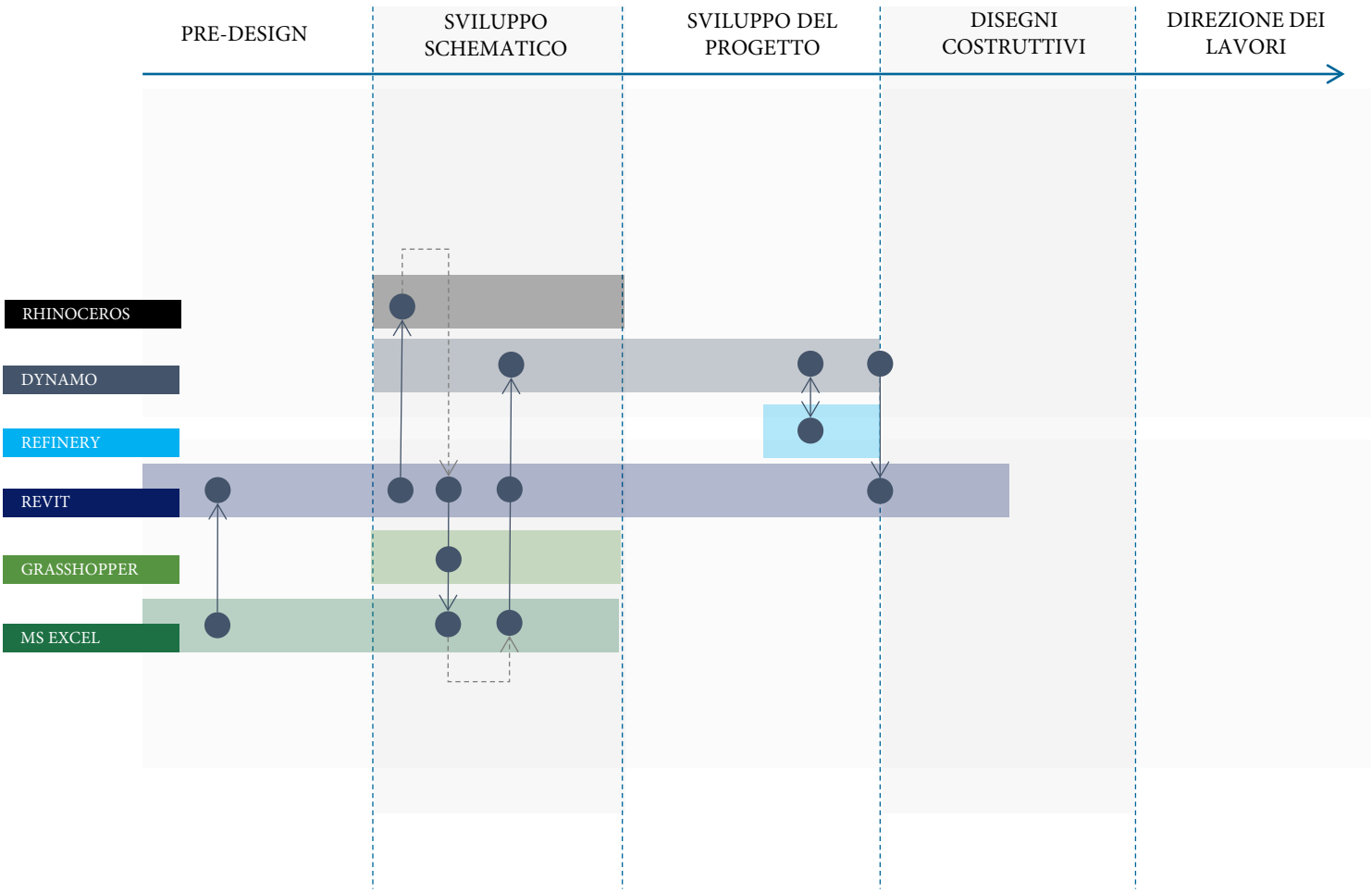
Aspetti TECNICI

DELL' INFORMAZIONE

relativi alla quantificazione dell'informazione e all'accuratezza delle modalità di trasferimento dell'informazione

Originariamente il progetto MaRS era noto con il nome in codice di «Project Discovery», un appellativo esplicativo delle aspettative che i partecipanti hanno nutrito in una delle prime sperimentazioni del *generative design* applicato alla scala dell'intero progetto architettonico, non in una singola sua componente ma nella sua totalità.
Il carattere di ricerca della sperimentazione è stato, infatti, principalmente dovuto al fatto che gli strumenti all'epoca a disposizione della stessa Autodesk e di The Living non erano testati per risolvere problemi di questa portata, se non attraverso procedure interamente personalizzate e scritte attraverso linguaggi di programmazione, certamente lontani dalle "tradizionali" competenze del progettista.
Per questo motivo, il progetto ha essenzialmente mirato a ridisegnare i flussi di lavoro in essere integrando **Dynamo e Refinery.**
Date alcune problematiche di interoperabilità tra i componenti di progettazione algoritmica e i sistemi di BIM Authoring, è stato sviluppato un "pacchetto" (ossia, un componente al cui interno sono inserite linee di codice in grado di eseguire una specifica operazione, a partire almeno da alcuni dati di input e in grado di generare o un output o un evento nel contesto dell'algoritmo), denominato **Space Analysis**.
Ciononostante, proprio per limitare l'impiego della scrittura di codici, lo stesso risultato ottenuto è stato raggiunto attraverso il solo utilizzo dei componenti di Dynamo.
Connettendosi, da un lato, con dei fogli di calcolo e, dall'altro, con Revit, il sistema di algoritmi computazionali funge da "processatore" di dati, sia in entrata che in uscita, in particolare introiettando parametri relativi a vincoli e obiettivi per restituire schemi e diagrammi concettuali che, esportati in ambiente BIM, corrispondono ad elementi virtuali come unità ambientali o componenti tecnici.

Workflow dei software adoperati dallo studio per la gestione digitale dell'informazione nel progetto.



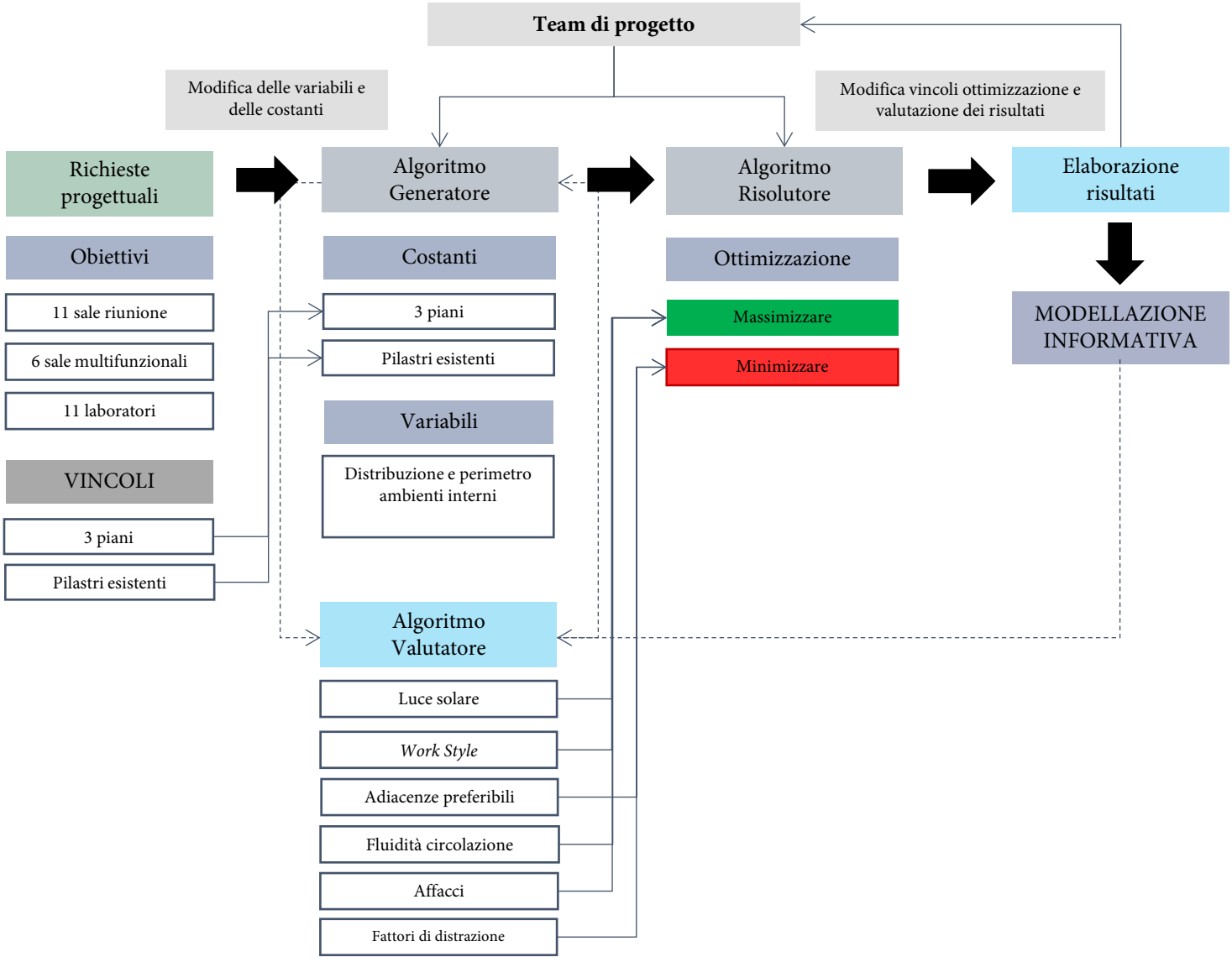
Aspetti SEMANTICI

DELL' INFORMAZIONE

relativi al contenuto dell'informazione, alla sua capacità di essere interpretata e alle procedure inerenti la corretta elaborazione e trasmissione del suo contenuto in termini di significato

I principali fattori che vincolano il sistema geometrico nell'ambiente computazionale sono la superficie di pavimento e la collocazione e la metratura delle finestre.
Tali informazioni sono state "impresse" in una serie di punti, in ambiente Dynamo, che definiscono un confine, altrimenti ottenibile direttamente sia da Revit che da un foglio di calcolo.
Da questa prima perimetrazione, sono state definite delle macro-aree corrispondenti genericamente al programma funzionale, che sono state successivamente suddivise al loro interno per individuare più specificamente i locali.
Tra questi ambienti, sono stati rimossi dal processo generativo quelli che, ad esempio per motivi tecnici (come i sanitari, considerando che lo spazio si trova all'interno di un edificio esistente), in modo tale che potessero fungere da «invariante» di progetto, come dei perni attorno ai quali, invece, gli spazi vengono rimodellati attraverso migliaia di operazioni di «ricalcolo».
A esclusione di tali ambienti, quindi, tutti gli spazi di progetto sono stati riorganizzati in base al loro centroide e a una serie di assi «di traslazione», che ne hanno determinano i gradi di libertà di ricollocazione nelle operazioni generative. In aggiunta, per esplorare soluzioni morfologiche differenti dai semplici rettangoli di partenza, tali centroidi sono stati adoperati per implementare uno schema Voronoi di ottimizzazione topologica.
All'interno di questa prima spazializzazione sono stati inseriti ulteriori ambienti, non compresi nel primo programma funzionale, corrispondenti ad aree «relax», che subentrando in questa fase hanno potuto inserirsi ad un livello gerarchico inferiore di utilizzo della superficie disponibile.
Infine, sono stati inserite le file di scrivanie, la cui posizione è di volta in volta variabile rispetto alle caratteristiche geometriche dell'ambiente in cui sono collocate.
L'operazione sinteticamente descritta è stata ripetuta automaticamente 3600 volte in 45 minuti.

Diagramma di flusso delle informazioni e delle fasi di progettazione generativa, evidenziando le fasi di più «diretto» intervento del progettista

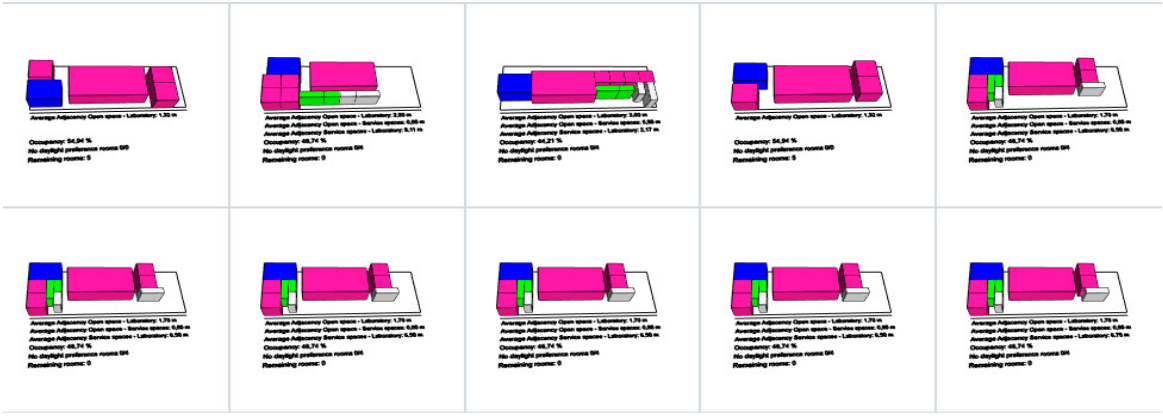


Aspetti di **INFLUENZA**

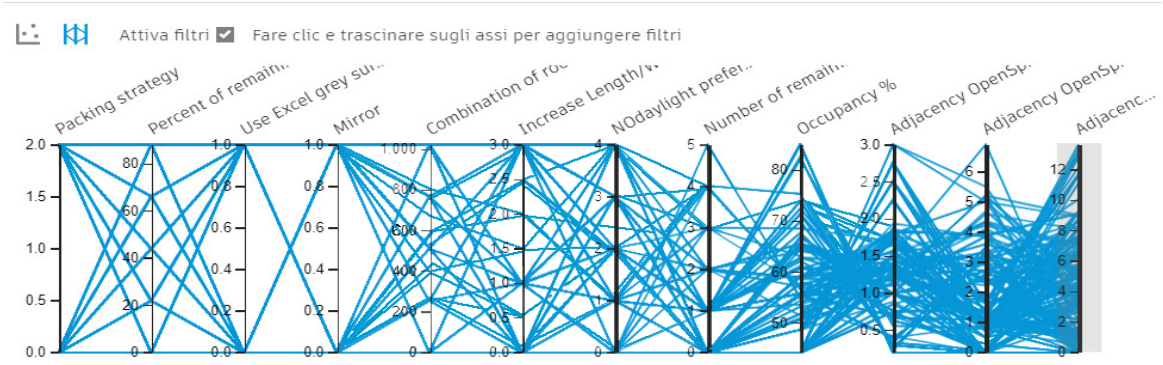
DELL' INFORMAZIONE

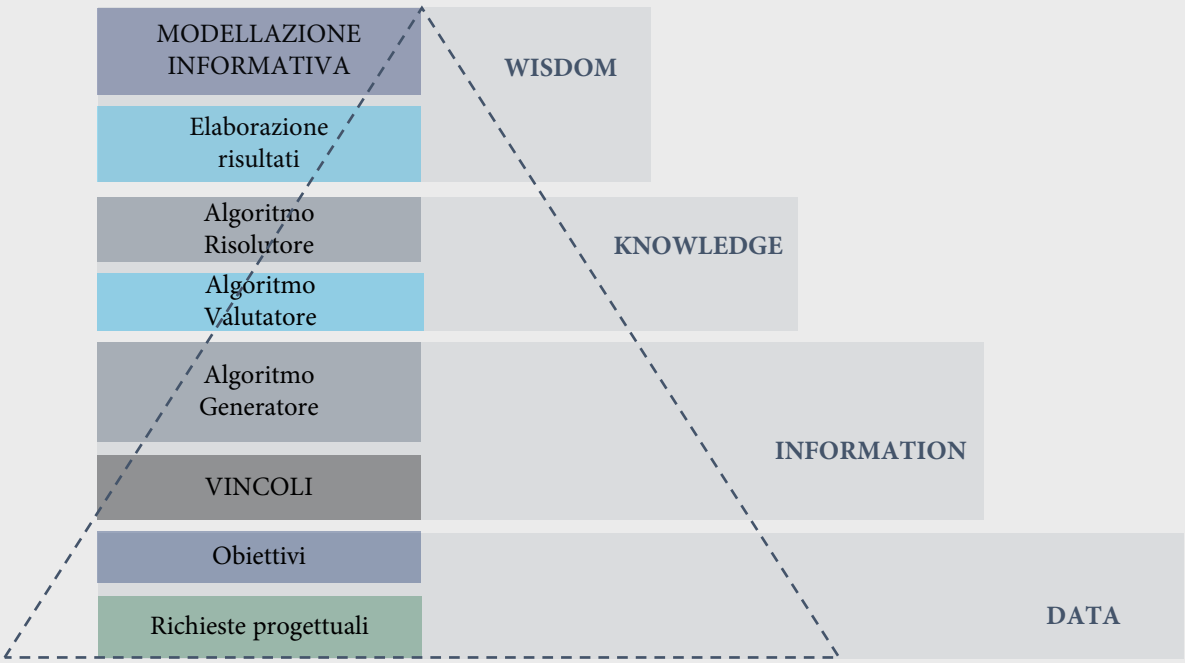
relativi all'impatto dell'informazione sul comportamento dell'utente umano e al successo con il quale il significato trasferito come informazione è in grado di influenzare positivamente le azioni

Basato su 24 parametri di input, che definiscono a loro volta 8 aree di definizione del progetto, il sistema geometrico elaborato all'interno dell'algoritmo consente di generare migliaia, ma teoricamente milioni, di differenti layout di ufficio, che rappresentano tutte possibili soluzioni efficaci.
Ci sono differenti strategie generative possibili per ogni soluzione spaziale complessa. Refinery consente di operare strategie randomiche, ricerche incrociate, che sono paragonabili a degli studi di *optioneering*, oltre che ricerche molto più focalizzate attraverso un algoritmo "genetico", ossia uno studio di ottimizzazione.

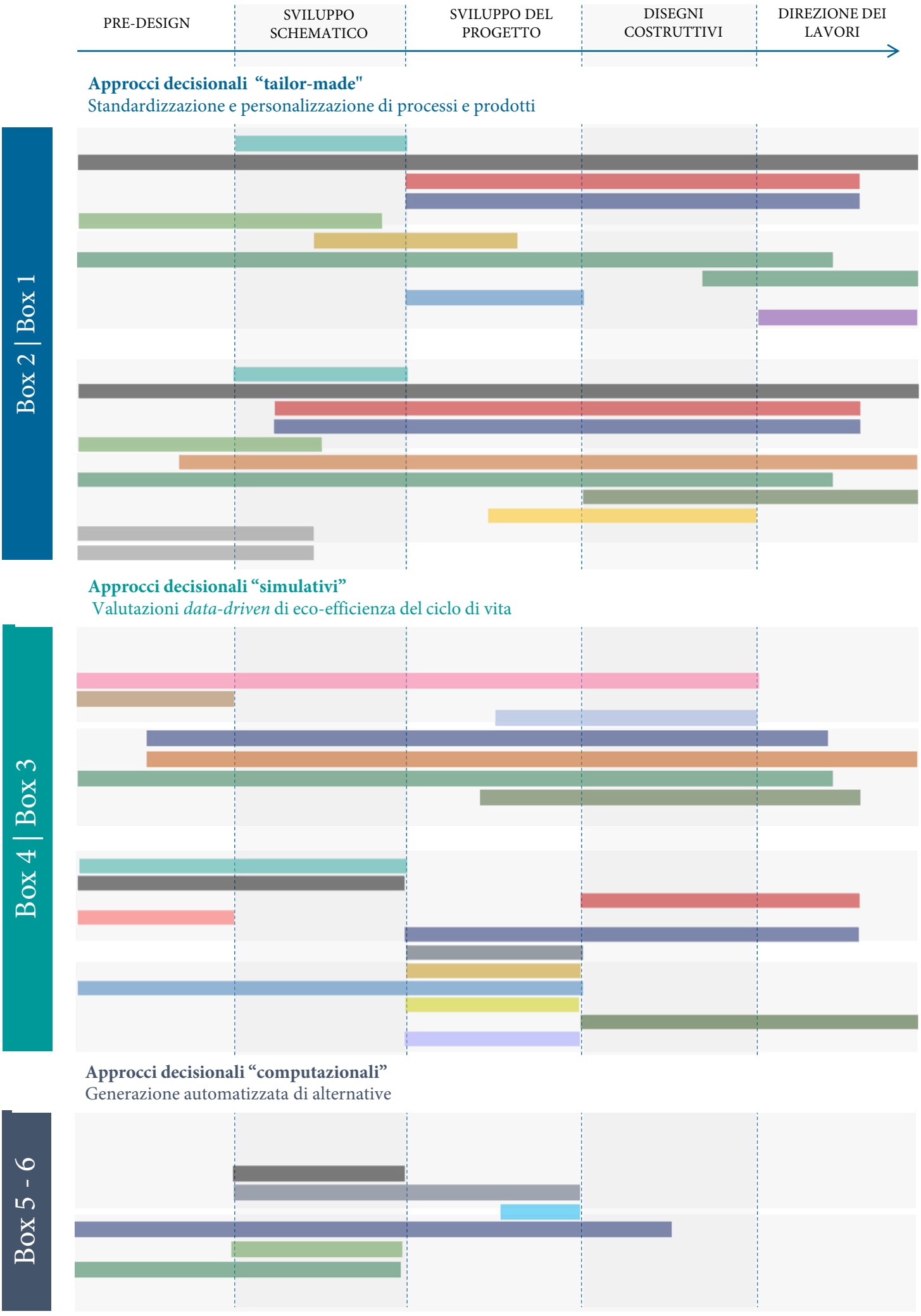


Processo di Refinery e di generazione di output secondo le metriche di valutazione stabilite dal progettista (Credits: Roberta Riviello)



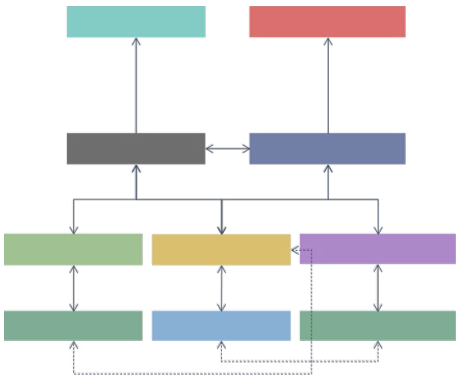


Piramide DIKW – The Living, MaRS Office

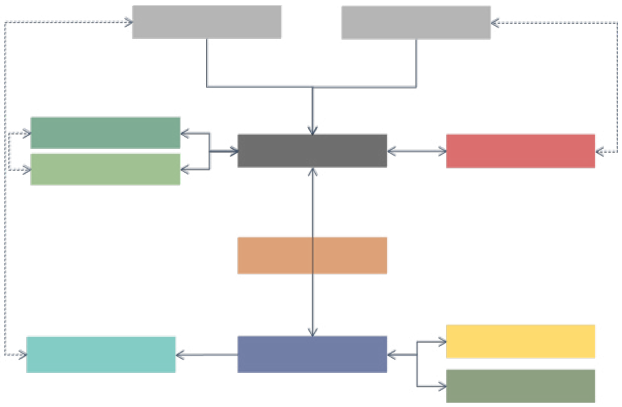

PRE-DESIGN
SVILUPPO SCHEMATICO
SVILUPPO DEL PROGETTO
DISEGNI COSTRUTTIVI
DIREZIONE DEI LAVORI
Approcci decisionali "tailor-made"
Standardizzazione e personalizzazione di processi e prodotti
Box 2 | Box 1
Approcci decisionali "simulativi"
Valutazioni data-driven di eco-efficienza del ciclo di vita
Box 4 | Box 3
Approcci decisionali "computazionali"
Generazione automatizzata di alternative
Box 5 - 6

Box 2 | Box 1

Approcci decisionali "tailor-made"
Standardizzazione e personalizzazione di processi e prodotti



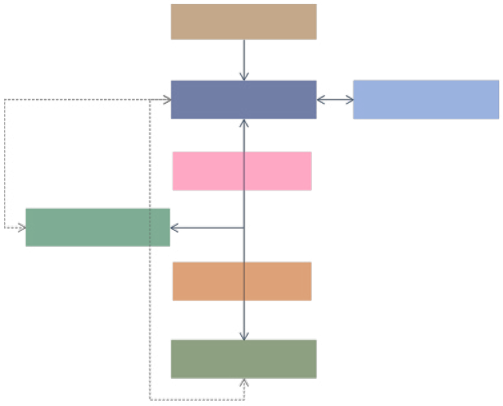
N. software: 10
N. link: 18



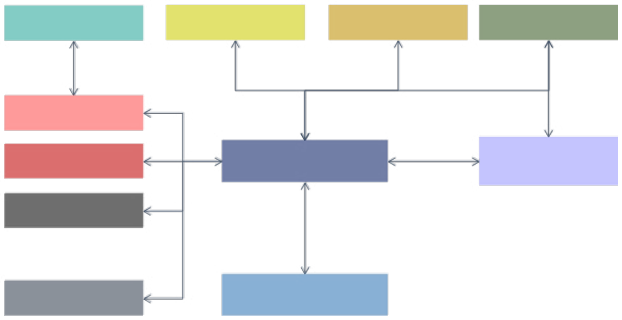
N. software: 9
N. link: 18

Box 4 | Box 3

Approcci decisionali "simulativi"
Valutazioni *data-driven* di eco-efficienza del ciclo di vita



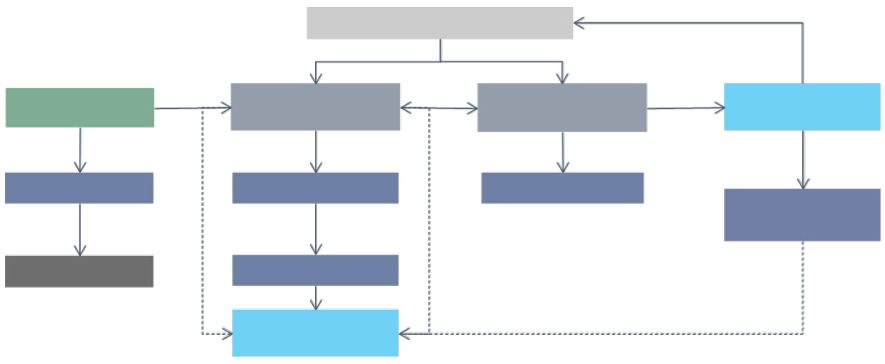
N. software: 7
N. link: 9



N. software: 11
N. link: 16

Box 5 - 6

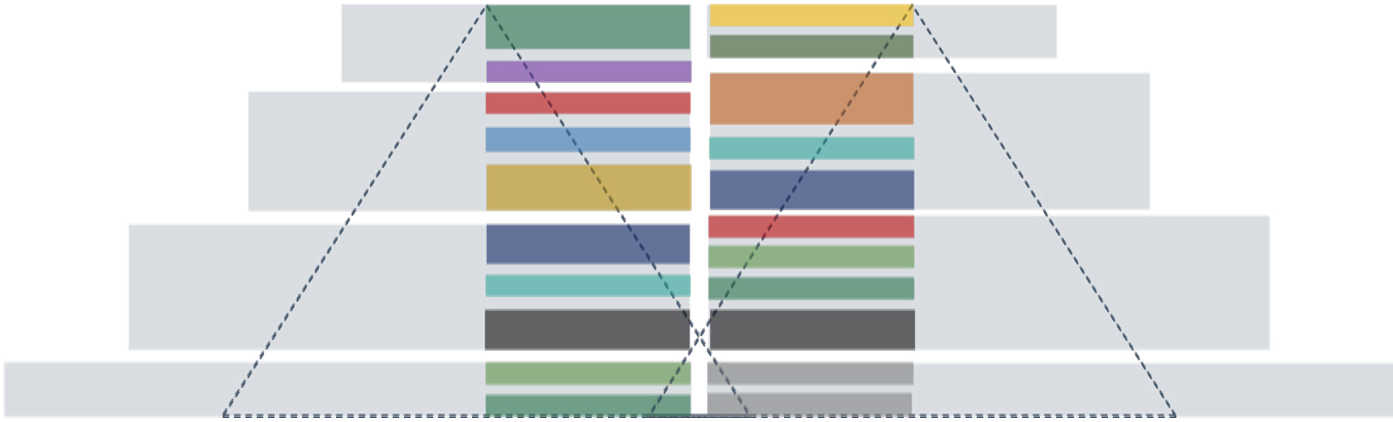
Approcci decisionali "computazionali"
Generazione automatizzata di alternative



N. software: 5
N. link: 15

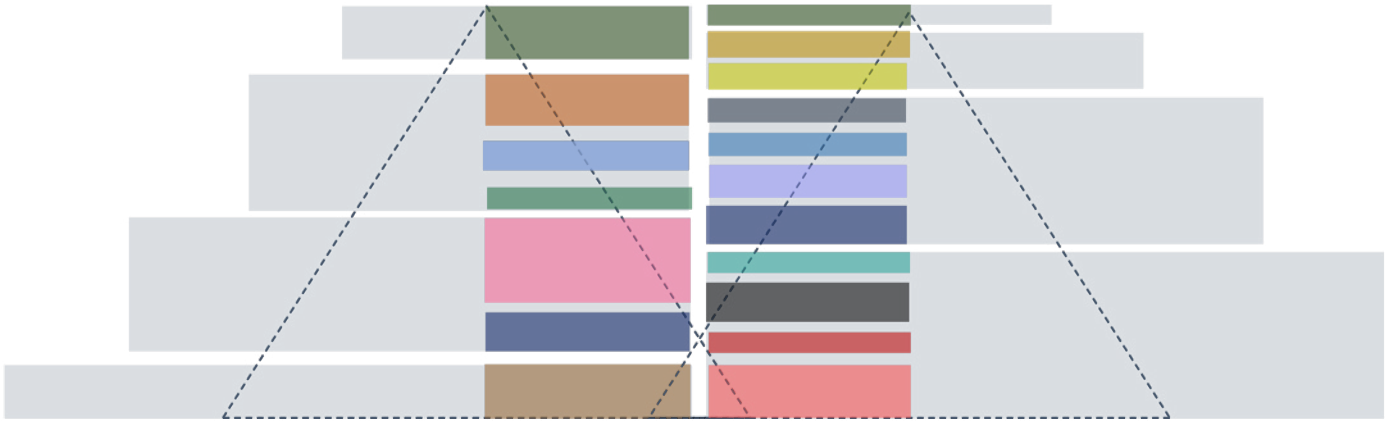
Box 2 | Box 1

Approcci decisionali "tailor-made"
Standardizzazione e personalizzazione di processi e prodotti



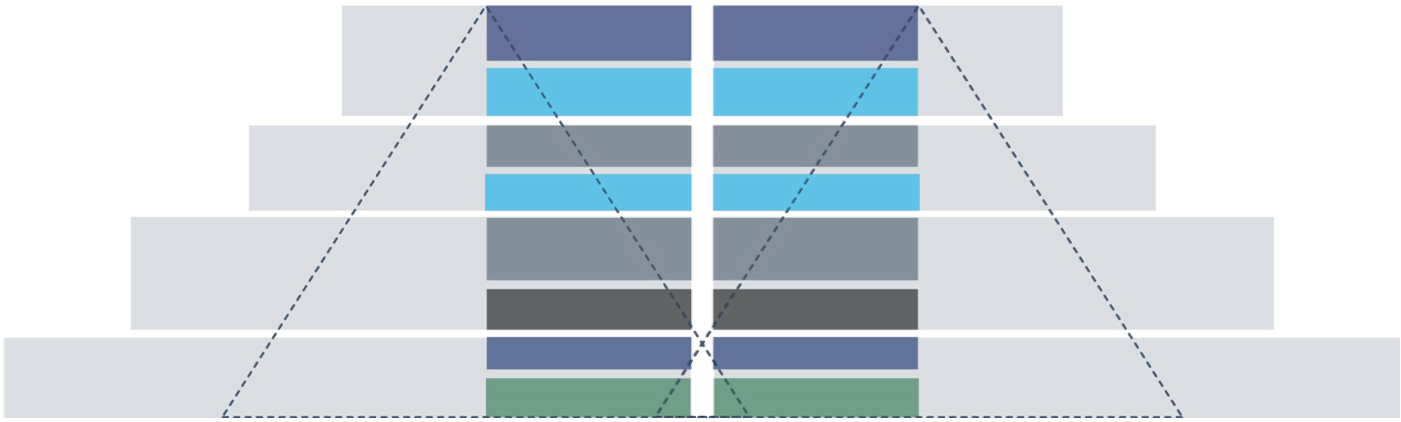
Box 4 | Box 3

Approcci decisionali "simulativi"
Valutazioni *data-driven* di eco-efficienza del ciclo di vita

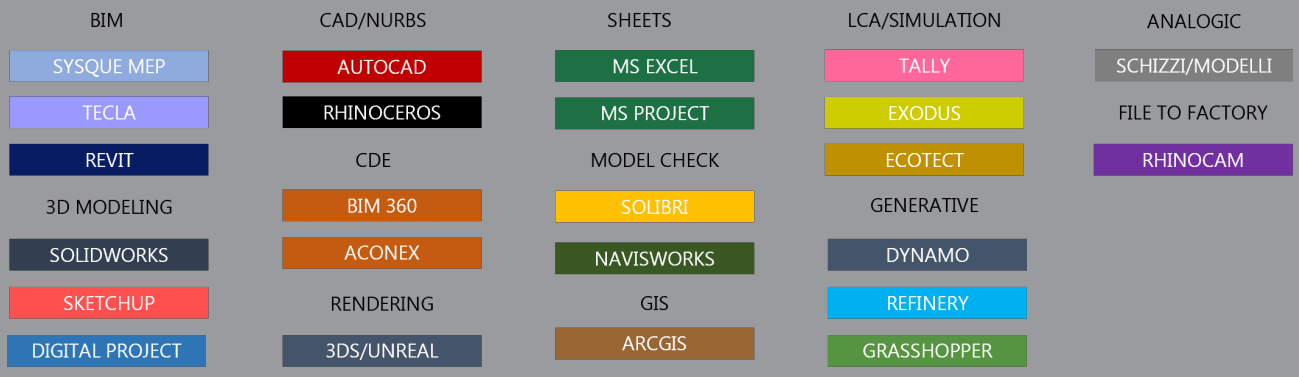


Box 5 - 6

Approcci decisionali "computazionali"
Generazione automatizzata di alternative



Legenda delle tabelle sinottiche



Riferimenti sitografici

Box 1

https://www.groarc.com/portfolios/jackson-green/
https://ebookreading.net/view/book/EB9781118719800_17.html

Box 2

http://www.rpbw.com/project/stavros-niarchos-foundation-cultural-center
https://www.architetti.com/stavros-niarchos-foundation-cultural-centre-renzo-piano-building-workshop-atene.html
https://www.promozioneacciaio.it/cms/it7659-stavros-niarchos-foundation-cultural-center.asp
https://www.area-arch.it/stavros-niarchos-foundation-cultural-center-2/
https://www.fondazionerenzopiano.org/it/project/stavros-niarchos-foundation-cultural-center/

Box 3

https://modulo.net/it/realizzazioni/engineering-research-center-brown-university
https://www.autodesk.com/solutions/bim/hub/aec-excellence-2018/building/medium
https://www.shawmut.com/news/brown-university-s-engineering-research-center-honored-with-autodesk-global-aec-excellence-award
https://www.bimportale.com/bim-centro-ricerca-della-brown-university/
https://kierantimberlake.com/page/brown-engineering-research-center
https://kierantimberlake.com/page/tally

Box 4

https://www.som.com/projects/the-kathleen-grimm-school-for-leadership-and-sustainability-at-sandy-ground/
https://www.infobuildenergia.it/progetti/kathleen-grimm-school-for-leadership-and-sustainability/
https://www.archdaily.com/780383/the-kathleen-grimm-school-for-leadership-and-sustainability-at-sandy-ground-som
https://modulo.net/it/realizzazioni/kathleen-grimm-school-for-leadership-and-sustainability
https://ita.architecturaldesignschool.com/kathleen-grimm-school-39964
https://www.world-architects.com/en/architecture-news/reviews/the-kathleen-grimm-school-for-leadership-and-sustainability-at-sandy-ground

Box 5

https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Generative-Urban-Design-Collaboration-Between-Autodesk-Research-and-Van-Wijnen-2019
https://www.prosoftnet.com/learning-resource/generative-urban-design-a-collaboration-between-autodesk-research-and-van-wijnen/?20180620

Box 6

https://www.architectmagazine.com/project-gallery/autodesk-mars-office_o
https://www.autodesk.com/research/projects/autodesk-mars
https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Hands-Project-Rediscover-Generatively-Designing-Autodesk-Toronto-Office-2020

Le parole del capitolo.
Network bibliometrico dei termini adoperati con maggiore frequenza realizzato mediante VosViewer

nazionali
naturale
le
oggetti
autoriale
disegno
pprocci non standard
macchine
customization
object
personalizzat
efficienti
industriale
input
costi
designer
umano
protagonisti
ero
sviluppo
oduzione non standardizzata
computazionale

Note e reference

Note

1 Per interoperabilità, in ambito BIM, si intende la possibilità di scambiare i dati contenuti nel modello progettuale di partenza tra diverse piattaforme software e applicativi destinati alle diverse funzionalità coinvolte nelle attività, questo non solo durante la fase di realizzazione dell'opera ma anche nell'intero suo ciclo di vita, dalla manutenzione alla dismissione (Fonte: TeamSystem). In tal senso, l'associazione BuildinSmart ha elaborato un formato aperto standard denominato IFC, ovvero Industry Foundation Classes, cioè «a standardized, digital description of the built environment, including buildings and civil infrastructure. It is an open, international standard (ISO 16739-1:2018), meant to be vendor-neutral, or agnostic, and usable across a wide range of hardware devices, software platforms, and interfaces for many different use cases. The IFC schema specification is the primary technical deliverable of buildingSMART International to fulfill its goal to promote openBIM®». Cfr. BuildingSmart, "Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction" [Online] Available at: https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ (Accessed 9 December 2021).

2 Cfr. Ortega, L. (2017), *The total designer. Authorship in architecture in the postdigital age*, Actar, Barcelona, p. 12.

3 Il termine inglese standard deriva dal francese antico estandard ("bandiera"), e viene utilizzato per indicare un modello che viene assunto come termine di riferimento. In edilizia, il concetto di standard fu introdotto per la prima volta con il progetto di Joseph Paxton per il Crystal Palace (Londra, 1851), che rappresenta la prima occasione di sperimentazione delle potenzialità produttive dell'industria nel campo dell'architettura. Gli elementi costruttivi furono infatti realizzati mediante una vera e propria operazione di assemblaggio di elementi finiti e prefabbricati, in cui la standardizzazione delle dimensioni consentì una notevole velocità di assemblaggio e riduzione degli scarti di lavorazione e delle tolleranze in cantiere. Cfr. Falotico, A. (1995) "Diversificazione" in Vitale, A. et al., *Argomenti per il costruire contemporaneo*, Franco Angeli, Milano.

4 Cfr. Nardi, G. (1994), "La cultura del progetto in architettura oggi", in La Creta R. & Truppi, C. (eds), L'architetto tra tecnologia e progetto, Franco Angeli, Milano, pp. 125-133.

5 Cfr. Ito, T. (2011), Tarzans in the media forest, AA Press, London.

6 "Simulazione informatica, ed informativa, di un oggetto del mondo reale utilizzata per migliorare e la produzione, controllare il comportamento nell'uso, prevedere la manutenzione nel tempo della qualità e delle prestazioni dell'oggetto stesso". Cfr. Pavan, A. (2019). "Glossario BIM - Che cos'è il Gemello Digitale", *Ingenio-web.it* [Online] Available at: https://www.ingenio-web.it/24143-glossario-bim---che-cosa-e-il-gemello-digitale-digital-twin (Accessed 9 December 2021)

7 Nel ciclo di vita di un edificio, il costo di uso, gestione e manutenzione maggiore di circa tre volte il costo di progettazione costruzione. In particolare, in un arco temporale di 30 anni, i costi iniziali di realizzazione rappresentano solo il 2% del totale, quelli di manutenzione il 6%, mentre il 92% riguarda la gestione dell'edificio e del personale impiegato. Cfr. Romm, J.J. (1994), *Lean and Clean Management. How to boost profits and productivity by reducing pollution*, Kodansha International, New York.

8 «*Complicare è facile, semplificare è difficile. Per complicare basta aggiungere, tutto quello che si vuole: colori, forme, azioni, decorazioni, personaggi, ambienti pieni di cose. Tutti sono capaci di complicare. Pochi sono capaci di semplificare*» Cfr. Munari, B (1981) *Da cosa nasce cosa. Appunti per una metodologia progettuale*, Laterza, Milano, p. 132.

9 Cfr. Picon, A. (2008), "Digital Minimal", in Ratti, C. & Nicolino, W. (eds), *Digital Water Pavilion. Operating Manual for Responsive Architecture,* Electa, Milano.

10 Secondo Longo e Vaccaro, la filosofia digitale assume come principio primo l'informazione, un'informazione dinamica, animata dalla computazione, e compendia questa visione in tre asserzioni perentorie, che costituiscono il paradigma "pan-computazionale":

- tutto computa;
- tutto è frutto di computazione;
- tutto può essere trasformato in un dispositivo computante.

Cfr. Longo, G. (2016), "La nascita della filosofia digitale" in *Doppiozero*, 27 dicembre. [Online] Available at: https://www.doppiozero.com/materiali/la-nascita-della-filosofia-digitale (Accessed 4 December 2021) e Chaitin, G. (2012), "Life as evolving software", in Zenil, H. (ed), *A computable universe. Understanding and exploring nature as computation*, World Scientific, Singapore.

11 Cfr. Wing, J. (2006), "Computational Thinking" in *Communications of the ACM*, n. 49, pp. 33-35.

12 Cfr. Davids, D. (2020), "Generative Design is doomed to fail" [Online] Available at: https://www.danieldavis.com/generative-design-doomed-to-fail/ (Accessed 14 December 2021).

Reference

Anderson, C. (2014), *Makers: The New Industrial Revolution*, Crown Business, New York (trad.it. *Makers. Il ritorno dei produttori*, Rizzoli, Milano, 2014).

Campioli, A. (1988), *I presagi di un nuovo costruire. Il linguaggio delle tecniche esecutive nell'architettura della seconda età della macchina*, Franco Angeli, Milano.

Campioli, A. (1993), *Il contesto del progetto. Il costruire contemporaneo tra sperimentalismo high-tech e diffusione delle tecnologie industriali*, Franco Angeli, Milano.

Campioli, A. (2005), "Idea, progetto, cantiere", in Pignataro, M. (ed), *Innovazione di prodotto e architetture di forma complessa*, Clup, Milano.

Corbellini, G. (2016), *Lo spazio dicibile. Architettura e narrativa*, LetteraVentidue, Siracusa.

De Landa, M. (2006), *Real Virtuality: Meshworks and hierarchies in the Digital Domain*, Nai Uitgevers, Rotterdam.

Del Nord, R. (2016), "Potenzialità dell'area tecnologica in tema di ricerca progettuale", in Perriccioli, M. (ed), *Pensiero tecnico e cultura del progetto. Riflessioni sulla ricerca tecnologica in architettura*, Franco Angeli, Milano.

Frazer, J. (1995), *An Evolutionary Architecture*, AA Press, London.

Garber, R. (2014), *BIM Design: Realising the Creative Potential of Building Information Modelling*, J. Wiley & Sons, Hoboken.

Longo, G.O. & Vaccaro, A. (2013), *Bit Bang. La nascita della filosofia digitale*, Apogeo, Milano.

Maccioni, A. et al. (2013), "Jumping in at the deep end: how a small company applied BIM to a huge project", in *The Structural Engineer. Building Information Modelling. Projects and perspectives*, n. 91, pp. 24-31.

Maldonado, T. (1992), *Reale e Virtuale*, Feltrinelli, Milano.

Marble, S., (ed.), (2021), *Digital Workflows in Architecture. Design-Assembly-Industry*, Birkhauser, Basel.

Marsh, R. (2016), "LCA profiles for building components: strategies for the early design process" in *Building Research & Information*, n. 44(4), pp. 358–375.

Nardi, G., 1991, "Il progetto euristico in architettura", in Bertoldini, M., (ed), *L'atto progettuale. Struttura e percorsi*, CittàStudi, Milano.

Reiser, J., Umemoto, N. (2006), *Atlas of Novel Tectonics*, Princeton Architectural Press, New York.

Reiser, J., Umemoto, N. (2019), *Projects and their consequences*, Princeton Architectural Press, New York.

Ross Sheer, D. (2014), *The Death of Drawing: Architecture in the Age of Simulation*, Routledge, Abingdon-on-Thames.

Russo Ermolli, S. (2020), *The Digital Culture of Architecture. Note sul cambiamento cognitivo e tecnico tra continuità e rottura*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN).

Russo Ermolli, S., Galluccio, G. (2021), *Materia Prodotto Dato. Il valore dell'informazione nelle architetture del Renzo Piano Building Workshop*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN).

Simonen, R. (2015), *Life Cycle Assessment*, Routledge, Abingdon-on-Thames.

Wolfram, S. (2002), *A new kind of science*, Wolfram Research, Champaign Illinois.

3

UNA METODOLOGIA DECISIONALE DATA-DRIVEN BASATA SU VERIFICHE DI CONFORMITA' NORMATIVA

Il caso studio dell'area ex-industriale Corradini, Napoli

3. UNA METODOLOGIA DECISIONALE DATA-DRIVEN PER LA VERIFICA DI CONFORMITA' NORMATIVA.
Il caso studio dell'area ex-industriale Corradini, Napoli

Introduzione al capitolo

Piano di indagine	*Sperimentale*
Livello	*Pratico, basato sulla teoria*
Domanda	*In che modo è possibile sviluppare specifici approcci decisionali data-driven che consentano di migliorare l'efficacia dell'elaborazione di alternative progettuali?*
Obiettivo	*Elaborazione di una metodologia sperimentale di Information Management per il supporto alle decisioni basata sulla definizione di protocolli informazionali per l'elaborazione e verifica normativa di alternative progettuali*

Nell'ambito dei possibili approcci decisionali data-driven, tracciati nel Capitolo 2 della presente trattazione, il lavoro di ricerca intende descrivere la metodologia costruita e i relativi esiti (Capitolo 4) attuati nel contesto scientifico del progetto PRO-SIT. Le attività condotte dal gruppo di ricerca si sono in particolare indirizzate all'elaborazione di strategie BIM-based eco-orientate per il supporto ai processi decisionali. Il caso studio oggetto della sperimentazione è l'area ex-industriale Corradini di Napoli, da tempo in stato di abbandono e attualmente inaccessibile a causa degli elevati valori di inquinamento da amianto presenti.
Il Comune di Napoli ha avviato, nel 2014, una prima programmazione degli interventi ("PianoCittà"), suddividendo l'area in due lotti e predisponendo un PFTE per la porzione est dell'area (Lotto 1), che coincide con i fabbricati appartenuti al complesso industriale metallurgico Corradini.
Le importanti trasformazioni sopraggiunte dalla data di redazione del piano, sia dal punto di vista normativo che del contesto urbano, unitamente alla mancata realizzazione di alcuni interventi sul quartiere che avevano influito sulle decisioni programmatiche dell'Amministrazione, hanno di fatto reso necessario un ripensamento delle strategie contenute nel PFTE.
A ciò bisogna aggiungere che le valutazioni espresse dal Progetto comunale hanno dovuto far riferimento a un quadro conoscitivo dello stato di fatto dell'area incompleto, basato su rilievi di molto antecedenti la realizzazione del Piano e realizzati con tecniche meno affidabili di quelle attualmente disponibili. Tali condizioni, ad una verifica più approfondita, hanno dimostrato l'incompatibilità normativa di alcune decisioni progettuali, oltre che la necessità di essere aggiornate rispetto al quadro legislativo del Nuovo Codice Appalti (D.lgs. 50/2016).
Il caso studio è perciò diventato occasione di riflettere e sperimentare metodologie innovative per rispondere alla generale urgenza di migliorare i processi decisionali attraverso una trasformazione in chiave digitale ed eco-efficiente, fornendo strumenti data-driven semplificati e riadattabili per guidare la fase di elaborazione delle scelte delle PA, al fine di ridurre le incertezze e snellire i processi di elaborazione dei progetti che, in sede successiva di affidamento di servizi di progettazione, le Stazioni Appaltanti pongono come base di partenza per lo sviluppo da parte degli operatori tecnico-economici. Specialmente nel caso del PFTE, che la normativa nazionale individua come luogo progettuale delle possibilità e degli scenari, l'interesse della ricerca è sperimentare approcci decisionali per scenari, attraverso l'adozione di tecnologie innovative per il miglioramento del decision-making.
Infatti, soprattutto nell'ambito di interventi complessi di trasformazione e rigenerazione di parti del territorio, se risulta fondamentale per la PA poter minimizzare i rischi di errore, per i progettisti la complessità dei requisiti richiede l'individuazione di strategie atte a coniugare attività "creativa" e misurabilità "scientifica" delle proposte, con l'obiettivo di sperimentare l'applicazione di approcci data-driven per migliorare i processi progettuali di riconversione del patrimonio costruito.

3.1 Il contesto legislativo della sperimentazione: processi digitali per la progettazione scenari eco-orientati secondo il Codice Appalti

3.1.1 Approcci decisionali basati sul confronto di alternative progettuali nel PFTE

Il Nuovo Codice Appalti (D.lgs. 50/2016) recepisce la Direttiva Europea 24/2014 sugli appalti pubblici (ex Direttiva 2004/18/CE) e disciplina i contratti di appalto e di concessione delle amministrazioni aggiudicatrici e degli enti aggiudicatori aventi ad oggetto l'acquisizione di servizi, forniture, lavori e opere, nonché i concorsi pubblici di progettazione, in sostituzione del precedente D.P.R. 207/2010.
Il Codice, in particolare, modifica il primo dei tre livelli di progettazione previsti dalla precedente normativa, convertendo il Progetto Preliminare in Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE). All'art. 23 comma 5[1], si precisa che il PFTE ha lo scopo di individuare, tra più soluzioni, quella che presenta il miglior rapporto tra costi e benefici per la collettività, in relazione alle specifiche esigenze da soddisfare e prestazioni da fornire. Nel PFTE si sviluppano, nel rispetto del quadro esigenziale stabilito, studi e indagini specialistici, nonché la documentazione grafica che consenta di individuare le caratteristiche dimensionali, volumetriche, tipologiche, funzionali e tecnologiche dei lavori da realizzare, e le caratteristiche prestazionali e le specifiche funzionali delle opere (Gallia, 2017).
In alcuni casi specifici[2], il PFTE deve essere preceduto dal Documento di fattibilità delle alternative progettuali, che consente di valutare tutte le possibili soluzioni esistenti prima di stabilire quale sia quella migliore da sviluppare nei successivi livelli di progettazione.
Per i progetti di riuso del patrimonio immobiliare e di rigenerazione delle aree dismesse, il PFTE include ulteriori elaborati, come studi di fattibilità ambientale e paesaggistica o di mitigazione degli impatti ambientali, ma soprattutto richiede la verifica delle possibilità di rigenerazione.
Sulla base delle linee guida[3] in attuazione del Decreto Semplificazioni del 2021 (L. 108/2021), la progettazione ed esecuzione delle opere finanziate dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) e dal Piano Nazionale Complementare (PNC), può essere affidata anche sulla base del PFTE, previo parare, per determinate circostanze e non prima del 2026[4] del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLPP).
Le linee guida, perciò, ridefiniscono e aggiornano i contenuti del PFTE, sulla base di obiettivi di: semplificazione delle procedure per incentivare investimenti in tecnologie "verdi" e "blu" (Floridi, 2021), innovazione e ricerca; previsione di misure volte a garantire il rispetto dei criteri di responsabilità energetica e ambientale attraverso la definizione di Criteri Ambientali Minimi (CAM; DM 10/11/2017); introduzione della digitalizzazione in funzione della riforma e della riconfigurazione delle Stazioni Appaltanti (Fig. 22).
Per la corretta redazione del PFTE, inoltre, si invita ad acquisire un approccio "sartoriale[5]", cucito addosso al caso specifico, attraverso la stesura di una prima macro-fase, riguardante la definizione del "cosa" deve essere progettato, e di una seconda, riferita invece a "come" pervenire ad una progettazione efficiente in relazione alla sostenibilità delle opere lungo tutto il loro ciclo di vita. Risulta pertanto essenziale determinare un quadro esigenziale che tenga conto degli obiettivi generale e delle esigenze della collettività, valutati secondo confronti comparati tra differenti tipologie funzionali secondo analisi multicriteri o analisi speditive di natura quali-quantitativa.

Le linee guida, infine, raccomandano di definire nel PFTE le tipologie costruttive e funzionali in maniera puntuale, anche in relazione ad un'analisi del territorio e delle interazione dell'opera con il contesto. Tali condizioni, a parere del CLSPP, possono condurre infatti alla reazione di un PFTE potenzialmente meno soggetto a imprevisti e incertezze, con il conseguente aumento delle possibilità di successo degli interventi.
Il Documento di fattibilità delle alternative progettuale, da allegare al PFTE, permette di tenere traccia del processo progettuale condotto.

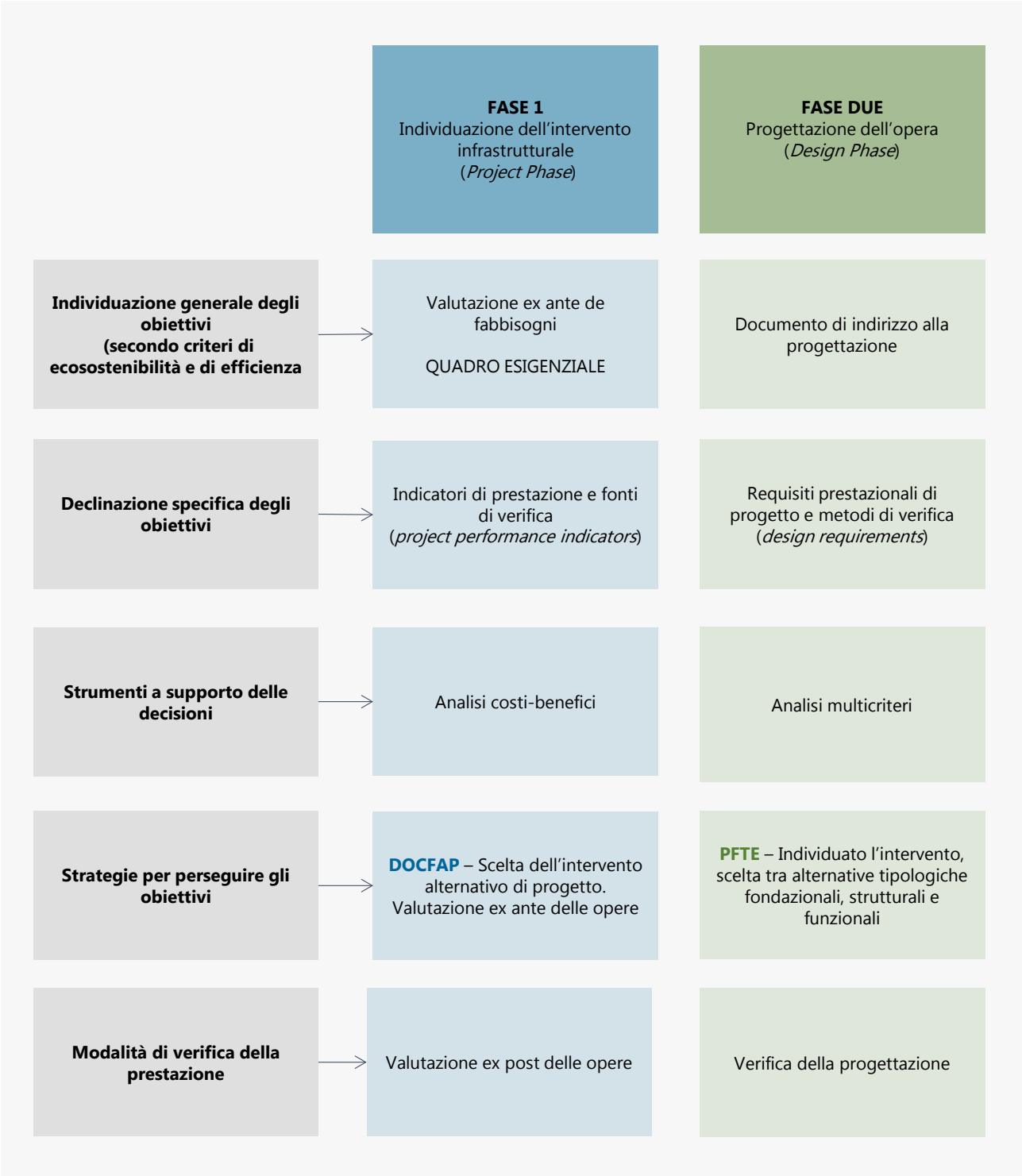


Fig. 22 - Macro-fasi per la redazione del PFTE, Linee Guida PNRR 2021 (rielaborato dall'Autore).

L'articolo 22 del regolamento 24/2014/UE, recante il titolo "Regole applicabili alle comunicazioni", menziona, al comma 4, la locuzione "strumenti di simulazione elettronica per le informazioni edilizie", in chiaro riferimento agli strumenti e ai metodi BIM-oriented.
Oltre a sottolineare il valore dell'informazione, l'articolo 22 si sofferma sulle modalità degli scambi, che devono avvenire attraverso formati aperti, ossia interoperabili (il cui standard più diffuso è attualmente l'IFC – Industry Foundation Classes, sviluppato da Building Smart Alliance) e, pertanto, slegati da vincoli imposti dall'utilizzo di determinati software proprietari (Ciribini, A., 2016; Fig. 23).

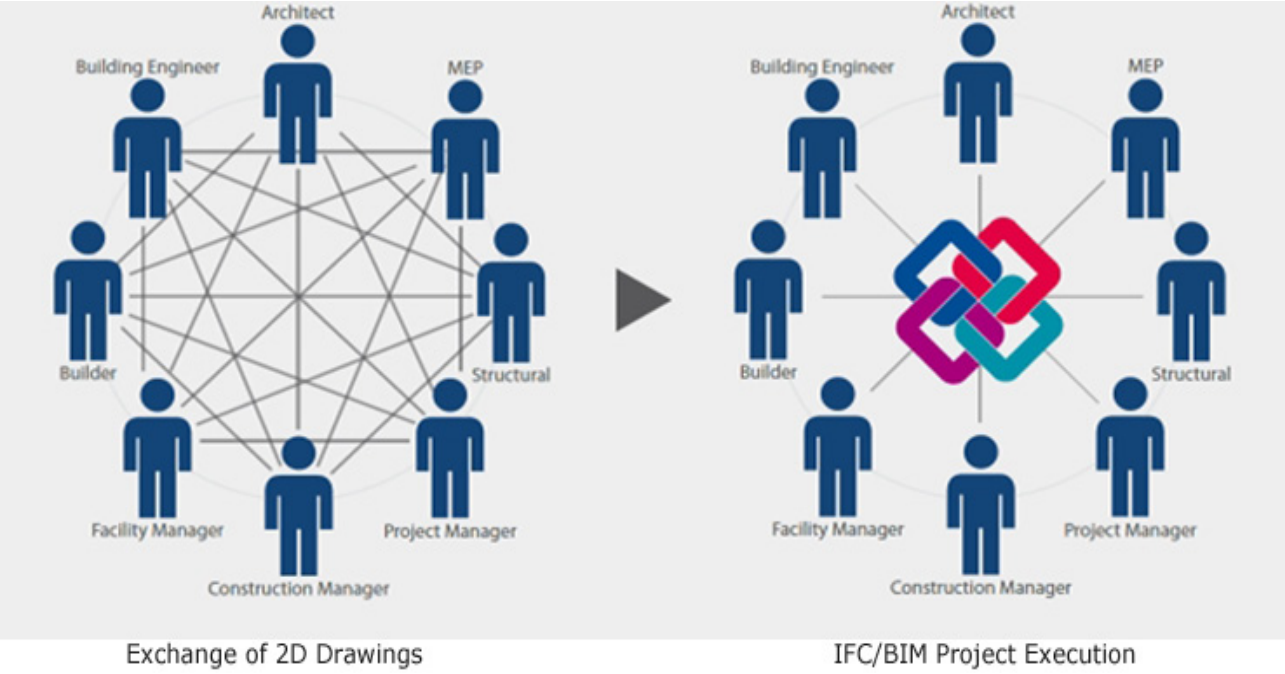


Fig. 23 - Interoperabilità attraverso l'impiego di formati dati neutri tipo IFC-Industry Foundation Classes.

Il Codice Appalti recepisce e introduce nella normativa italiana in materia di lavori pubblici le disposizioni comunitarie inerenti all'introduzione di «*metodi e strumenti elettronici specifici quali quelli i modellazione per l'edilizia e le infrastrutture*» (Art. 23, comma1, lettera h). Dal 2016, l'Ente Italiano di Normazione ha pertanto avviato la pubblicazione della normativa UNI 11337, elaborata a seguito di un costante confronto pubblico tramite l'istituzione di un tavolo tecnico con circa 80 membri presso il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti presieduto dal Provveditore alle opere pubbliche della Lombardia e dell'Emilia – Romagna Pietro Baratono.
Lo scopo di tale sforzo è quello di fornire agli operatori, coinvolti a ogni titolo all'interno del processo edilizio, un corpo normativo "standardizzato" dal quale attingere, in modo analogo a quanto avvenuto nei principali paesi europei e internazionali. Le UNI rappresentano una normazione volontaria, al pari del loro riferimento principale nel mondo anglosassone, ossia le BSI PAS 1992 - parti 2,3,4,5. In Italia, al pari di altre normative volontarie europee, la serie UNI 11337 costituisce parte integrante della serie UNI EN ISO 19650.
La norma UNI 11337 - "Edilizia e opere di ingegneria civile. Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni" afferente alle UNI/CT 033 "Prodotti, processi e sistemi per l'organismo edilizio" è entrata in vigore il 26 gennaio 2017 ed è suddivisa in 10 parti, di cui, ad oggi (Dicembre 2021), solo 6 pubblicate ufficialmente all'interno del catalogo UNI (parti 1, 4, 5, 6, 7). Ad esse vanno aggiunti gli aggiornamenti delle parti 2 e 3 (al 2015), la parte 8 ("Linee Guida di applicazione del BIM ai processi di settore") e le parti 9 e 10, attualmente in fase di discussione, che avranno come tema la gestione amministrativa e la manutenzione (Pavan et. al., 2017;2021; Fig. 24).

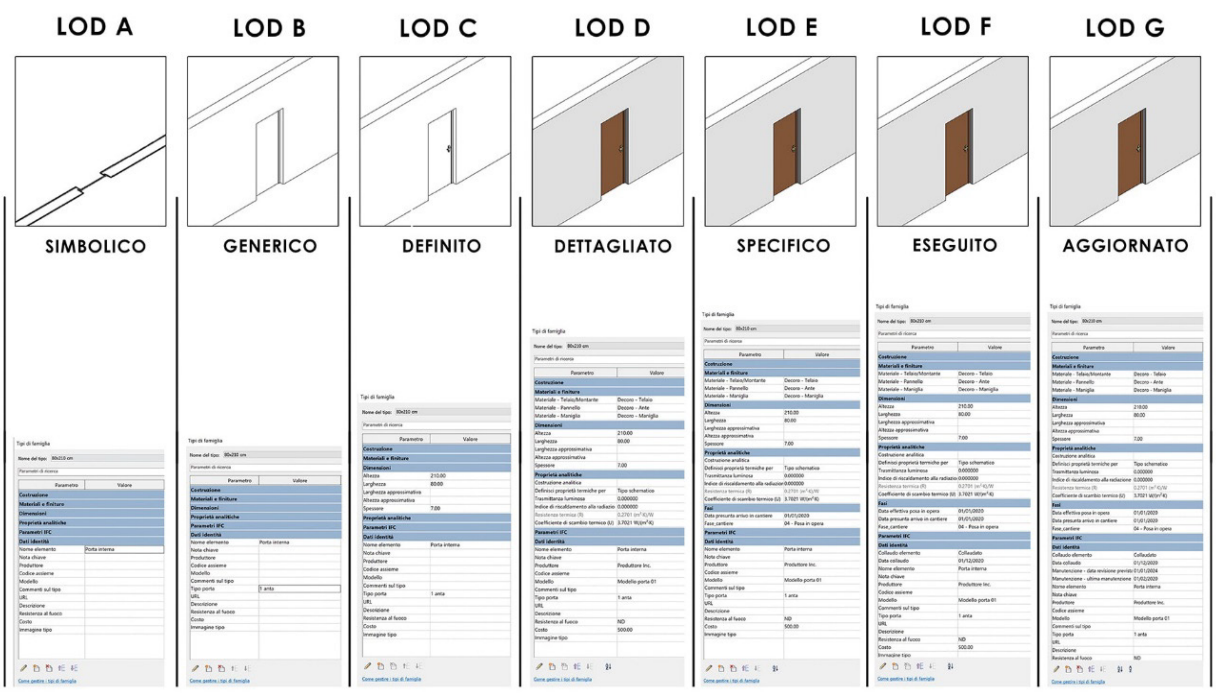
UNI 11337:2009	**Edilizia e opere di ingegneria civile** **Criteri di codificazione di opere e prodotti da costruzione, attività e risorse. Identificazione, descrizione e interoperabilità**		
UNI 11337:2017	Edilizia e infrastrutture Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni (BIM)		
PARTE 1	**modelli elaborati ed oggetti**	**PARTE 6**	**capitolato informativo**
PARTE 2	denominazione e classificazione	**PARTE 7**	**qualificazione figure professionali**
PARTE 3	(schede informative) LOI e LOG	PARTE 8	PM/BIM - M
PARTE 4	**LOD e oggetti**	PARTE 9	fascicolo del costruito
PARTE 5	**gestione modelli ed elaborati**	PARTE 10	verifica amministrativa

Fig. 24 - UNI 11337:2017. Prospetto comprensivo delle parti già pubblicate (in grassetto) e di quelle in corso di redazione.

La prima parte, denominata "Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi" sostituisce, in realtà, una normativa precedente del 2009 ("Criteri di codificazione di opere e prodotti da costruzione, attività e risorse - Identificazione, descrizione e interoperabilità"). La norma stabilisce i criteri basilari da adottare per la corretta gestione informativa in ambiente digitale dei processi inerenti al settore delle costruzioni. È definito un primo glossario, suddiviso in informazioni, ambienti informativi e prodotti; allo stesso modo, sono introdotti concetti chiave quali la necessità che i dati e le informazioni sia ben strutturati in modo da essere "letti" correttamente dalle macchine, pur restando ferma la convivenza, in ambiente digitale, di elaborati grafici, alfanumerici e multimediali, lasciando aperta la possibilità che la metodologia introdotta possa tendere alla rappresentazione come alla simulazione (e dunque virtualizzazione) dell'ambiente costruito (Bertella et al., 2018).
Inoltre, la norma definisce una scala di maturità digitale basata su 5 livelli (da 0 a 4), ai quali corrisponde un diverso grado di adozione delle modalità di produzione e gestione informativa: da "non digitale" (livello 0) a "ottimale" (livello 4), coincidente con la totale virtualizzazione dei processi e dei documenti e quindi, dal punto di vista contrattuale, sancendo la primarietà degli elaborati digitali e dei modelli virtuali sugli elaborati cartacei.
Infine, la norma istruisce le fasi del processo delle costruzioni, in particolare distinguendo una fase funzionale-spaziale, corrispondente al livello di dettaglio tradizionalmente previsto per un progetto di fattibilità tecnica ed economica, una fase autorizzativa, corrispondente al progetto definitivo, e una fase tecnologica, corrispondente al progetto esecutivo (Fig. 25).
La quarta parte, denominata "Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti" approfondisce il tema dei contenuti informativi dei procedimenti in termini di correlazione alle esigenze di scambio dei dati. Viene delineata l'evoluzione dei modelli in funzione degli obiettivi individuati per ogni fase specifica, al fine di migliorare i processi di comunicazione dell'informazione per una più efficiente condivisione della conoscenza: in tal senso, ogni modello viene considerato come espressione, in termini di contenuto informativo, di un determinato quadro esigenziale.
In questo modo, la norma introduce il concetto dei LOD - Level of Development, rimodulati nella normativa italiana secondo una successione per lettere dalla A alla F, aggiungendo uno specifico livello G per il restauro architettonico, predisposto alla "rappresentazione storicizzata dello scorrere della vita utile di uno specifico sistema produttivo aggiornato rispetto a quanto originariamente eseguito/costruito o installato". Nella versione italiana (Fig. 26), il LOD di un elemento è distinto tra dettaglio geometrico (LOG - Level of Geometry) e informativo (LOI - Level of Information), ma non corrisponde necessariamente ad una determinata fase del processo come avviene nella normativa britannica, risultando piuttosto analogo al sistema statunitense (Ferrara & Feligioni, 2016).

Livello di maturità (UNI 11337-1)	Livello 0	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4
Esigenze individuate dalla norma	Trasferimento di contenuti informativi tramite elaborati informativi non digitali	Trasferimento di contenuti informativi attraverso elaborati informativi digitali e non	Trasferimento di contenuti informativi prevalentemente attraverso modelli informativi grafici, eventualmente accompagnati da elaborati informativi grafici digitali	Modelli informativi grafici ed elaborati comunicano attraverso schede informative digitali di prodotto e di processo	Trasferimento di contenuti informativi attraverso modelli informativi (virtualizzabili in senso grafico, documentale, multimediale)

Fig. 25 - UNI 11337:2017. Livelli di maturità BIM.



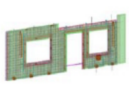
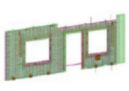
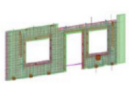
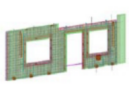
LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F	LOD G
						
Geometria Elemento strutturale bidimensionale verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un simbolo 2D. **Oggetto** Simboli grafici 2D **Caratteristiche** • Posizionamento di massima	**Geometria** Elemento strutturale bidimensionale verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido di estrusione abbozzato con aperture. **Oggetto** Solido 3D **Caratteristiche** • Materiali ipotizzabili • Incidenza di armatura standard	**Geometria** Elemento strutturale bidimensionale verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni calcolate secondo la normativa tecnica. **Oggetto** Solido 3D complesso **Caratteristiche** • Materiali da calcolo • Incidenza di armatura calcolata	**Geometria** Elemento strutturale bidimensionale verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellate tutte le armature in posizione corretta e sono posizionati degli inserti 3D tipici. **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Armature 3D • Inserti 3D tipici	**Geometria** Elemento strutturale bidimensionale verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono incluse tutte le armature in posizione corretta, gli inserti specifici del produttore, i dati specifici del fornitore dei materiali e delle armature. **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Inserti 3D reali • Gestione dei getti	**Geometria** Come LOD E (rilievo di quanto eseguito). **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Certificati di collaudo • Piano di manutenzione	**Geometria** Nuovi interventi: Come LOD F (con aggiornamenti) Manutenzione e gestione su elementi esistenti: Come LOD C o D (a partire da). **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Data di manutenzione/sostituzione • Soggetto manutentore • Tipologia di intervento

Fig. 26 - UNI 11337:2017. Livelli di sviluppo geometrico-informativo degli oggetti.

La quinta parte, denominata "Gestione modelli ed elaborati" definisce le re-lazioni tra contenuti informativi e i processi di produzione, approfondendo la nuova documentazione attraverso la quale gestire i requisiti di trasmissione, condivisione, utilizzo e revisione dei modelli di dati (Fig. 27): il Capitolato Informativo (CI), l'Offerta per la Gestione Informativa (oGI) e il piano per la Gestione Informativa (pGI). Il testo introduce, inoltre, il tema del controllo del contenuto informativo e del flusso informativo relativo alle dinamiche di domanda e offerta all'interno di una procedura di appalto pubblico (Ferrara & Feligioni, 2018).
La sesta parte, denominata "Linee Guida per la redazione del Capitolato Informativo" presenta una esemplificazione di quanto introdotto nella precedente a proposito del Capitolato Informativo che, come il suo omologo anglosassone, l'EIR - Exchange Information Requirements, è suddiviso in una sezione tecnica e in una sezione gestionale. Il testo presenta una serie di requisiti minimi da introdurre nella redazione di un Capitolato Informativo, fermo restando l'invito a personalizzare la documentazione di gara in virtù dell'unicità caratterizzante ogni procedimento.
La settima parte, denominata "Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa", affronta il tema delle figure professionali del BIM rispetto alla loro responsabilità, ai loro compiti e ai requisiti necessari alla loro verifica e qualificazione[6].
Di ogni figura, il testo individua quattro campi di requisiti (compito, conoscenze, abilità, competenze), che compongono la base per la valutazione dell'apprendimento a seguito dei percorsi formativi finalizzati a definire tali profili professionali. In aggiunta, il testo definisce i criteri di valutazione rispetto all'analisi del curriculum vitae, un esame scritto, una prova pratica e un esame orale, pur specificando che tali valutazioni non hanno valore di certificazione delle competenze.
Per completezza, vengono infine delineati i contenuti delle parti ad oggi oggetto di discussione presso i tavoli UNI. Nella parte 9 saranno normati la "Due Diligence" e il "rilievo digitale" (nuvole di punti, termografie, tomografie, ecc.), le regole di costruzione delle "Piattaforme di Collaborazione" aziendali (che operano ad un livello superiore delle librerie di oggetti e degli ambienti di condivisione di commessa ACDat/CDE) e, soprattutto, il "Fascicolo del Costruito"

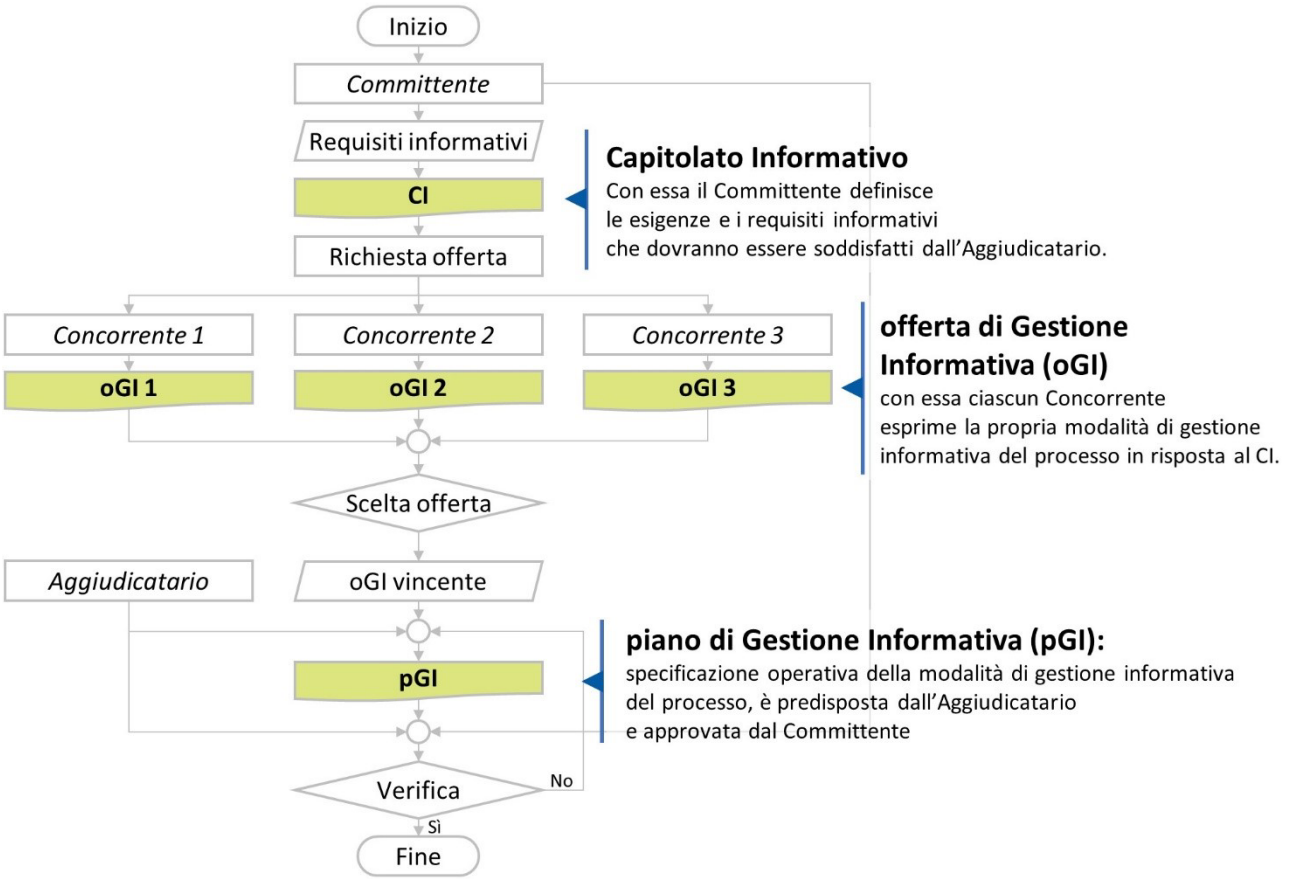


Fig. 27 - UNI 11337:2017. Flusso informativo per la definizione dei requisiti inerenti alla produzione, gestione e trasmissione delle informazioni nel processo digitale delle costruzioni (Fonte: Wuert.it).

digitale. La parte 10 della norma, invece, affronterà le nuove tematiche del BIM verso gli aspetti di gestione amministrativa che, in Building Smart International (BSI), prende il nome di E-permit BIM.
Con la pubblicazione, sul finire del 2018, delle parti 1 e 2 della norma ISO 19650, alcuni nuovi scenari hanno iniziato a delinearsi a livello internazionale e comunitario, con conseguenze dirette anche nella normativa nazionale. Nonostante infatti sia più recente delle norme UNI, essa costituisce la norma di riferimento anche per tutte le normative nazionali esistenti, proprio con l'obiettivo di armonizzare la regolamentazione sul BIM sul piano sovranazionale, per poi emettere specifici allegati nazionali riferiti ai contesti e ai mercati d'adozione. In l'Italia, ad esempio, visto il corposo status normativo di dettaglio già presente, anziché un annex nella parte 2 della ISO 19650, si è preferito stabilire che l'insieme della UNI 11337, nelle sue varie parti, costituisce allegato nazionale alla ISO stessa, fermo restando il principio di preminenza della norma superiore (19650) su possibili eventuali interferenze o incongruenze nella norma dipendente (11337)[7]. L'ossatura delle norme italiane, molto applicativa, è difatti perfettamente compatibile con la struttura della 19650, che presenta essenzialmente linee d'indirizzo, seppure la sua adozione conforti nella decisione di una graduale rivisitazione complessiva. Sempre con l'intento di normare a livello nazionale come base di discussione per i livelli comunitario (CEN) ed internazionale (ISO). Le innovazioni più importanti apportate dalla ISO 19650 riguarderanno:

- l'introduzione dei Level of Information Need (LoIN) anziché i LOD, considerando che, per favorirne l'applicabilità negli appalti pubblici (in aiuto ai RUP), verrà comunque prevista una scala di riferimento secondo le indicazioni superiori derivanti dal Codice dei Contratti e dal futuro Regolamento;
- una più dettagliata definizione dell'ACDat/CDE, secondo lo schema confermato dalla 19650, ed in parallelo allo sviluppo delle "piattaforme" digitali, di organizzazione e nazionali;
- il completamento del flusso informativo ora definito solo nel Capitolato CI, con la definizione applicativa dei protocolli per i requisiti informativi a livello organizzativo (OIR - "Organizational Information Requirements") e di progetto (PIR - "Project Information Requirements");
- la scrittura delle parti già previste ma ancora mancanti, ossia 2 (classificazione), 8 (flussi di lavoro), 9 (fase di esercizio), 10 (verifica automatizzata), 11 (sicurezza dei dati, block-chain).

In particolare, la norma UNI EN 17412-1 fornire, rispetto alla ISO 19650, specifici dettagli sulle modalità di implementazione dei Livelli di Fabbisogno Informativo (Fig. 28).

Fig. 28 - UNI EN 17412-1. Livelli di Fabbisogno Informativo (Fonte: Ingenio.it).

Il D.lgs. 50/2016 recita, all'art. 23 comma 13: «*Le stazioni appaltanti possono richiedere per le nuove opere nonché per interventi di recupero, riqualificazione o varianti, prioritariamente per i lavori complessi, l'uso dei metodi e strumenti elettronici specifici […]. Tali strumenti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti. L'uso dei metodi e strumenti elettronici può essere richiesto soltanto dalle stazioni appaltanti dotate di personale adeguatamente formato. Con decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, da adottare entro il 31 luglio 2016, anche avvalendosi di una Commissione appositamente istituita presso il medesimo Ministero, senza oneri aggiuntivi a carico della finanza pubblica sono definiti le modalità e i tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà dei suddetti metodi presso le stazioni appaltanti, le amministrazioni concedenti e gli operatori economici, valutata in relazione alla tipologia delle opere da affidare e della strategia di digitalizzazione delle amministrazioni pubbliche e del settore delle costruzioni. L'utilizzo di tali metodologie costituisce parametro di valutazione dei requisiti premianti […]*».

È al fine, dunque, di specificare tempi e modalità di adozione del BIM che è stato emanato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, in data 1° dicembre 2017, il Decreto Ministeriale n. 560, (recentemente aggiornato dal DM 312/20219). Strutturato in nove articoli, il documento si propone, in attuazione dell'articolo succitato del Codice Appalti, di definire le «modalità e i tempi di progressiva introduzione, da parte delle stazioni appaltanti, delle amministrazioni concedenti e degli operatori economici, dell'obbligatorietà dei metodi e strumenti elettronici specifici» (Articolo 1 - "Finalità"), ossia quelli di modellazione BIM-based per la gestione informativa di manufatti edilizi e infrastrutturali, per tutte le fasi del ciclo di vita e relative verifiche.

All'articolo 2 ("Definizioni"), il Decreto enuncia una prima descrizione del concetto di "ambiente di condivisione dei dati", definendolo come «*un ambiente digitale di raccolta organizzata e condivisione di dati relativi ad un'opera e strutturati in informazioni relative a modelli ed elaborati digitali prevalentemente riconducibili ad essi, basato su un'infrastruttura informatica la cui condivisione è regolata da precisi sistemi di sicurezza per l'accesso, di tracciabilità e successione storica delle variazioni apportate ai contenuti informativi, di conservazione nel tempo e relativa accessibilità del patrimonio in-formativo contenuto, di definizione delle responsabilità nell'elaborazione dei contenuti informativi e di tutela della proprietà intellettuale*».

Successivamente, redatte alcune precisazioni in merito al Codice (lettera b, c, d, e, f), viene introdotta una definizione del "piano di Gestione Informativa", ossia «*il documento redatto dal candidato o dall'appaltatore ovvero dal concessionario al momento dell'offerta e dell'esecuzione del contratto che, in risposta ai requisiti informativi del capitolato, struttura temporalmente e sistemicamente i flussi informativi nella catena di fornitura dell'appaltatore o del concessionario, ne illustra le interazioni con i processi informativi e decisionali di quest'ultimo all'interno dell'ambiente di condivisione dei dati, descrive la configurazione organizzativa e strumentale degli operatori, precisa le responsabilità degli attori coinvolti*».

All'articolo 3 ("Adempimenti preliminari delle stazioni appaltanti"), il Decreto stabilisce che l'adozione delle misure riportare all'Art.23 del Codice è subordinata all'implementazione, anche non onerosa, da parte delle stazioni appaltanti di un piano di formazione del personale impiegato, affinché siano aggiornate le risorse umane all'utilizzo degli applicativi software per la modellazione informativa, la gestione e la verifica. Inoltre, è necessario che sia predisposto un piano di acquisizione (o di manutenzione) di strumenti hardware e software di gestione digitale dei processi decisionali e informativi e, infine, che sia elaborato un "atto organizzativo" che espliciti il processo di controllo e gestione, individuando le figure deputate alla gestione dei dati e dei conflitti, in riferimento alla necessità, in quanto Committenza pubblica, di adottare linee guida BIM e di stabilire dei protocolli "aziendali" di governo dei processi BIM-based.

In merito all'utilizzo di software per la gestione informativa, l'articolo 4 ("Interoperabilità") stabilisce l'obbligo, per le stazioni appaltanti, di utilizzare piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, affinché le informazioni prodotte e condivise tra tutti i partecipanti al progetto, alla costruzione e alla gestione dell'intervento, siano fruibili senza che ciò comporti l'utilizzo esclusivo di applicazioni tecnologiche commerciali individuali specifiche. Riprendendo i concetti espressi all'articolo 2, il testo precisa che i flussi informativi di competenza della stazione appaltante e i relativi procedimenti devono svolgersi all'interno di un ambiente di condivisione dei

dati, luogo deputato alla gestione digitale dei processi informativi, al fine di ottimizzare i processi di correlazione tra i flussi informativi digitalizzati e i processi decisionali che riguardano i singoli procedimenti.
Gli articoli 5 e 6 introducono invece gli obblighi nei confronti dei contraenti, stabilendo che, fatta salva la possibilità di richiedere l'uso dei metodi e degli strumenti BIM a prescindere dal valore del procedimento e per ogni tipologia di opera, l'effettiva obbligatorietà dell'utilizzo esclusivo di procedure informative sarà scaglionata, con obbligo per tutte le opere di importo a base di gara inferiore a un milione di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2025[9].
All'articolo 7 ("Capitolato"), si introduce l'obbligo di inserire, tra la documentazione a base di gara, un elaborato che contenga i requisiti informativi strategici generali e specifici, compresi i livelli di definizione dei contenuti informativi, in relazione alla natura dell'opera, alla fase di processo al tipo di appalto, oltre che tutti gli elementi utili alla individuazione dei requisiti di produzione, di gestione e di trasmissione e archiviazione dei contenuti informativi, in stretta connessione con gli obiettivi decisionali e con quelli gestionali. In particolare, deve includere il modello informativo relativo allo stato iniziale dei luoghi e delle eventuali opere preesistenti.
Il capitolato è comunicato anche ai subappaltatori e ai subfornitori cui è fatto obbligo di concorrere con l'aggiudicatario, con riferimento alle diverse fasi del processo di realizzazione o gestione dell'opera, nella proposizione delle modalità operative di produzione, di gestione e di trasmissione dei contenuti informativi attraverso il piano di gestione informativa.
Sebbene, al punto 4, si disponga che, in via transitoria fino all'introduzione obbligatoria, e dunque sempre in relazione alle differenti soglie individuate, la prevalenza contrattuale dei contenuti informativi è definita dalla loro esplicitazione su supporto cartaceo , che a tutti gli effetti restano unica documentazione ritenuta valida, si precisa successivamente che a decorrere dall'introduzione obbligatoria la prevalenza contrattuale dei contenuti informativi è definita dal modello elettronico, ma "solo nella misura in cui ciò sia praticabile tecnologicamente", fermo restando che i contenuti informativi devono, comunque, essere relazionati al modello elettronico all'interno dell'ambiente di condivisione dei dati.
In conclusione, all'articolo 9 ("Entrata in vigore"), si torna a precisare che facoltà delle stazioni appaltanti utilizzare i metodi e gli strumenti elettronici specifici alle varianti riguardanti progetti di opere relativi a bandi di gara pubblicati prima dell'entrata in vigore del presente decreto.
Le modifiche sopraggiunte al decreto nel 2021, rispetto al testo originario, perseguono tre finalità[10]:

1. dare attuazione all'articolo 48, c. 6, del Decreto Legge n. 77/2021 (cd. Semplificazioni 2021), che prevede l'individuazione di regole e specifiche tecniche per l'uso dei metodi e strumenti elettronici (BIM) di cui all'articolo 23, c. 1, lett. h), del D.Lgs. 50/2016 (Codice dei Contratti Pubblici), in coordinamento con il precedente DM 560/2017;
2. introdurre ulteriori modifiche al DM 560/2017 volte ad assicurare la piena operatività del sistema per l'uso di metodi e strumenti elettronici;
3. individuare i criteri premiali per l'uso del BIM, che le stazioni appaltanti possono introdurre nell'ambito dei criteri di aggiudicazione in attuazione del citato articolo 48, c. 6, del DL Semplificazioni 2021.

In particolare, il nuovo decreto mira a integrare alcuni riferimenti relativi alla norma UNI 19650:2018 e a rimodulare le scadenze dell'obbligatorietà del BIM negli appalti pubblici, rimandando di un anno i termini previsti a partire dal 1° gennaio 2021, e gli importi minimi al 2025, non più al di sotto ma al di sopra di un milione di euro[11].
Come rilevato dall'Associazione delle organizzazione di ingegneria, di architettura e di consulenza tecnico-economica - OICE[12] a partire dal 2015, è apprezzabile una crescita sempre più consistente nel numero di "appalti BIM" banditi in Italia, ovviamente con una decisa impennata dopo l'approvazione del D.lgs. 2016 e il DM 560 /2017. Nel 2015, i bandi di gara BIM sono stati soltanto 4; nel 2016 26, nel 2017 83, nel 2018 302 nel 2019 478, 560 nel 2020, cioè una crescita del 263,9% dal 2017/18 in numero e del 856,7% per importi. Di questi 560, il 77,1 % riguarda attività di progettazione.
La distribuzione territoriale vede il centro primo per numero di bandi BIM (35,7%) seguito dal sud (30%, in aumento di circa 5 punti percentuali rispetto al 2019), nord-ovest (15%), nord-est (12%) e isole (7,3%). In particolare, la Campania registra nel 2020 46 bandi, pari all'8,2% del totale nazionale (precedentemente era 12,6%, con 60 bandi).

3.1.3 I Criteri Ambientali Minimi per la eco-efficienza del ciclo di vita

La legislazione europea, nell'ambito dell'efficienza energetica, della sostenibilità e dell'economia circolare, attribuisce al settore pubblico il ruolo di modello da seguire e ambito di sperimentazione e adozione di soluzioni che possano poi valere anche nel mercato privato.
A questa logica risponde il "Green Public Procurement", ossia l'adozione di standard di sostenibilità ambientale per i contratti pubblici superiori rispetto ai parametri normalmente obbligatori sul mercato.
L'Italia ha adottato un approccio ancora più ambizioso da questo punto di vista, inserendo all'interno del Codice dei contratti pubblici (Dlgs 50/2016) l'obbligo per tutte le stazioni appaltanti di acquistare i beni, servizi e lavori rientranti nelle 17 categorie specificamente individuate dal "Piano d'azione nazionali per la sostenibilità ambientale dei consumi della Pubblica Amministrazione" (Pan Gpp), a prescindere dal valore economico dei contratti oggetto di affidamento, nel rispetto delle disposizioni in materia di criteri minimi di sostenibilità energetica e ambientale – noti come "CAM" – individuati con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare[13].
Introdotti con Decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n.16 del 21 gennaio 2016 e successivamente modificato con Decreto del 11 gennaio 2017, i Criteri Ambientali Minimi - CAM intendono fornire strumenti valutativi alle PA e alle Stazioni Appaltanti per ridurre gli impatti ambientali degli interventi di nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione degli edifici, considerati in un'ottica di ciclo di vita.
L'obiettivo principale dunque è quello di fornire a tutti gli attori del processo edilizio delle indicazioni guida per ridurre l'impatto ambientale, dal progetto alla costruzione, facilitando le attività di monitoraggio e agevolando le potenziali imprese offerenti, in quanto si rendono immediatamente evidenti le caratteristiche ambientali richieste dalla Stazione Appaltante (Fig. 29).
I criteri di sostenibilità contenuti nel documento, relativi alla progettazione, si riferiscono a tutti i pertinenti livelli di progettazione, da quella preliminare a quella definitiva ed esecutiva e a tutte le scale (dai gruppi di edifici fino al componente edilizio).

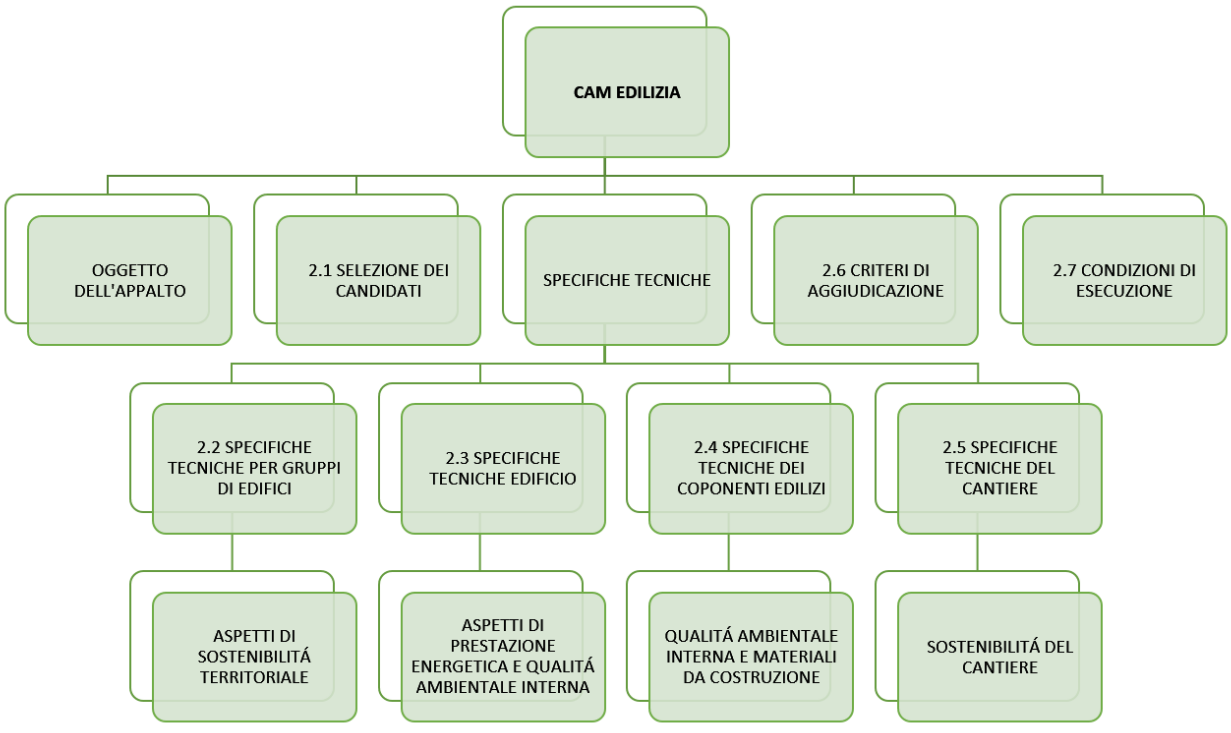


Fig. 29 - DM 11/10/2017. Criteri Ambientali Minimi (Fonte: Wuerth.it).

Particolare attenzione è stata posta nella definizione delle indicazioni progettuali per una migliore qualità ambientale interna e nello specifico si pone una maggiore attenzione al comfort termoigrometrico indoor, all'illuminazione naturale, al controllo dell'immissione nell'ambiente interno di radiazione solare diretta, ad interventi atti a ridurre il più possibile l'esposizione indoor a campi magnetici a bassa frequenza, all'utilizzo di materiali locali, eco-compatibili e riciclabili privilegiando materiali con contenuti sempre maggiori di materie prime seconde.
Dunque al progettista è richiesto di compiere scelte tecniche di progetto, specificare le informazioni ambientali dei prodotti scelti e fornire la documentazione tecnica che consenta di soddisfare tali criteri. Tra la documentazione probante, utile per la verifica del rispetto del criterio, il progettista deve fornire l'elenco dei componenti edilizi costituenti l'edificio dotati di certificazioni verificate da un organismo di valutazione della conformità (come ad esempio una dichiarazione ambientale di Tipo III, conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025). In più capitoli della normativa specifica sui CAM, nella parte che riguarda la verifica del criterio, è fatto richiamo ai rating system ed ai protocolli di certificazione, questo riferimento «*esonera il progettista e/o l'appaltatore dalla presentazione della documentazione probante il rispetto del criterio stesso, ma sempre che il corrispondente indicatore del protocollo adottato soddisfi tutti i requisiti riferibili alle prestazioni ambientali richiamate dal criterio CAM comparato*». I CAM forniscono, dunque, delle "indicazioni ambientali" collegate alle diverse fasi delle procedure di gara (oggetto dell'appalto, specifiche tecniche, caratteristiche tecniche premianti collegate alla modalità di aggiudicazione dell'offerta economicamente più vantaggiosa, condizioni di esecuzione dell'appalto) volte a qualificare sia le forniture, sia gli affidamenti lungo l'intero ciclo di vita del processo edilizio dal punto di vista della riduzione dell'impatto ambientale.
Un limite oggettivo di questi orientamenti può però essere ravvisato nel rischio di orientare la progettazione verso soluzioni tecniche in teoria "environment-friendly", ma che in realtà non consentono di controllare e confrontare il parametro "impatto ambientale" da un punto di vista scientifico[14]. Uno strumento oggettivo e scientifico di cui il progettista dispone per superare tale limite è la metodologia Life Cycle Assessment – LCA, che attraverso indicatori quantitativi d'impatto ambientale, codificati e definiti a livello internazionale, consente la valutazione della compatibilità ambientale dell'edificio (Lavagna, 2008; Simonen, 2015).
In un approccio LCT, la quantificazione del danno e quindi delle performance ambientali avviene attraverso la definizione di indicatori di impatto di ogni singolo prodotto e di ogni fase lavorativa nell'intero ciclo di vita dell'edificio. Combinando opportunamente tali indicatori è possibile giungere alla determinazione delle performance ambientali dell'intero edificio. Le informazioni ambientali di ogni prodotto sono desunte dalle dichiarazioni ambientali conformi alle norme UNI EN 15804 e ISO 14025, fornite dal produttore e verificate da un ente terzo.
«*Il primo passo fondamentale è quello di effettuare una scomposizione dell'unità edilizia in componenti strutturali e tecnologiche. La classificazione del sistema tecnologico utilizzata è quella proposta dalla norma UNI 8290 che scompone l'organismo edilizio in parti funzionali e le raggruppa in: Classi di unità tecnologiche, Unità tecnologiche e Classi di elementi tecnici. Successivamente, si passa a costruire l'inventario di tutti i componenti che costituiscono le stratificazioni degli elementi di involucro. Dei singoli materiali è necessario ricostruire la storia produttiva specifica, cioè analizzare il profilo ambientale attraverso la raccolta delle dichiarazioni EPD fornite dal produttore. I contenuti della dichiarazione vengono analizzati e verificati da un ente terzo indipendente che ne attesta la veridicità e vengono quindi resi pubblici sul sito di un Program Operator che contiene una banca dati con migliaia di prodotti già certificati.*
I contenuti dell'EPD dei prodotti da costruzione compilati secondo la norma UNI EN 15804 sono espressi in una forma che ne consente l'aggregazione (addizione), in modo da fornire un'informazione completa alla scala di edificio. Terminata la fase di inventario occorre effettuare le verifiche richieste dai CAM Edilizia relativamente alle specifiche tecniche dei componenti edilizi ed in particolare le verifiche di disassemblabilità e di contenuto di materia recuperata o riciclata nei materiali utilizzati nell'edificio. Il passo successivo è quello individuare l'elemento tecnico maggiormente impattante dal punto di vista ambientale al fine di proporre una soluzione tecnologica alternativa con migliori prestazioni. A partire dalle EPD definite nella precedente fase si conduce uno studio LCA dell'elemento tecnico individuando l'unità funzionale (prestazione quantificata di un sistema di prodotto da utilizzare come unità di riferimento [EN ISO 14040:2006]).
I confini del sistema (Fig. 30) *includono le fasi di produzione (moduli A1-A3) e la fase di costruzione (solo trasporto dal sito di produzione al sito di intervento, modulo A4). Un'analisi di questo tipo è definita "dalla culla al cancello*

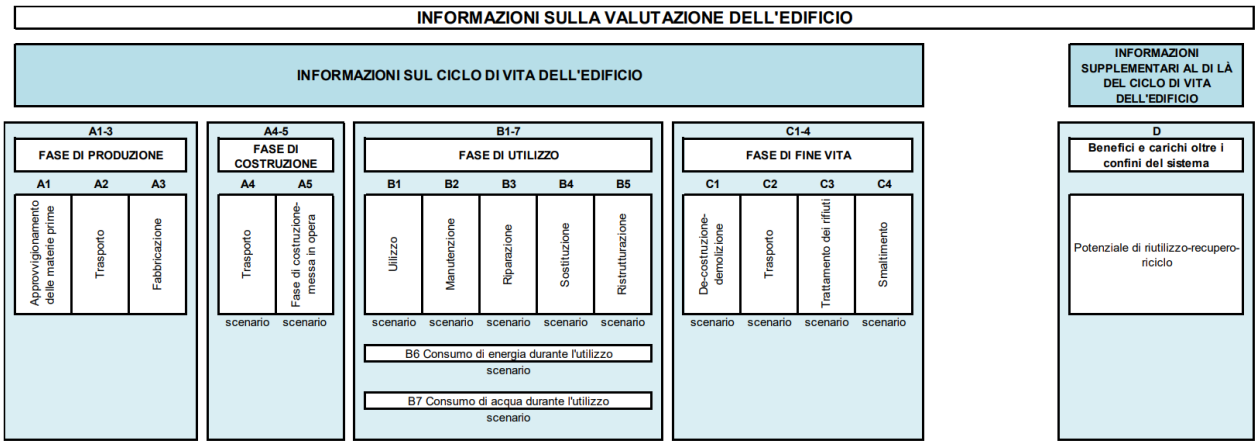


Fig. 30 - Fasi del ciclo di vita e moduli informativi per la valutazione a scala di edificio (Credits: Ing. Stefano Lamorte).

con opzioni" (from cradle to gate with option). Individuato l'elemento tecnico su cui intervenire si procede alla definizione delle alternative progettuali aventi le stesse prestazioni (ad esempio termiche) e dunque alla scelta della soluzione tecnologica meno impattante. L'ultimo step dell'iter procedurale è l'analisi LCA dell'intero edificio individuando la durata di vita utile dello stesso, in relazione alla sua funzione. I confini del sistema includono le fasi di produzione (moduli A1-A3), la fase di costruzione (moduli A4-A5), la fase di utilizzo (moduli B1-B7) e la fase di fine vita (moduli C1-C4). Un'analisi di questo tipo è definita "dalla culla alla tomba" (from cradle to grave). In particolare si definiscono i flussi ambientali in entrata e in uscita in tutte le fasi del ciclo di vita di un edificio[14 15]».

La complessità della metodologia proposta, legata all'iteratività delle fasi descritte precedentemente, può essere integrata alla fase di progettazione e semplificata attraverso l'impiego di un opportune tecnologie e procedure BIM-based (cfr. Par. 2.2). Il principale ostacolo nell'applicazione della LCA è, infatti, lo sforzo di trovare e raccogliere dati: l'implementazione di procedure LCA può risultare dispendiosa in termini di tempo e costoso, soprattutto considerata la limitata (attualmente) richiesta di mercato. In questo senso, lo sviluppo di strumenti LCA semplificati, soprattutto per la fase di inventario, e di una maggiore sensibilizzazione e disseminazione sull'impiego di procedure LCA durante i processi di progettazione per il decision-making ne potrebbe senz'altro incoraggiare l'adozione.

Altrettanto frenanti all'integrazione tra BIM e LCA risultano la scarsa disponibilità di informazioni sui prodotti e sul loro ciclo di vita, la necessità di incorporare "manualmente" i dati EPD nel modello BIM per supportare le decisioni in direzione eco-orientata a partire dalla fase iniziale del processo di progettazione e la carenza di linee di indirizzo per l'estrazione e sistematizzazione dei dati dal BIM al fine di ridurre i tempi e migliorare la qualità dell'inventario dei materiali per gli edifici (Dalla Valle, 2019).

3.2 Il contesto applicativo della sperimentazione: l'area ex-industriale Corradini, Napoli

3.2.1 La cornice scientifica della ricerca: il progetto PROSIT

L'attività sperimentale della ricerca si colloca nell'ambito del progetto PRO-SIT - "Progettare in Sostenibilità: qualificazione e digitalizzazione in edilizia", finalizzato a sviluppare metodologie e procedure per la valutazione e la quantificazione della sostenibilità in edilizia mediante l'utilizzo di piattaforme di progettazione integrata (Fig. 31). Il progetto è stata finanziata dalla Regione Campania, nell'ambito del progetto di ricerca PROSIT – PROgettare in SostenibilITà – Qualificazione e Digitalizzazione in Edilizia', PO FESR 2014-2020 – Obiettivi specifici 1.2.1 – Manifestazione di interesse per la 'realizzazione di piattaforme tecnologiche nell'ambito dell'accordo di programma – Distretti ad alta tecnologia, aggregazioni e laboratori pubblici privati per il rafforzamento del potenziale scientifico e tecnologico della Regione Campania', assegnato a STRESS s.c.a.r.l. L'attività ha visto coinvolti tra i partner di progetto il Dipartimento di Architettura e il Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università degli Studi di Napoli 'Federico II', il Consorzio pubblico-privato STRESS s.c.a.r.l. e il Comune di Napoli.
Le attività di ricerca sono caratterizzate e pianificate nei confronti di due particolari parametri:

- La scala dell'oggetto studiato: dal materiale, al componente, al sistema strutturale fino all'edificio nel suo complesso;
- La scala del tempo all'interno del ciclo di vita dell'oggetto studiato: dalla produzione del materiale o del componente, alla sua realizzazione, alla messa in opera ed all'utilizzo fino alla sua dismissione.

Intersecando tali fattori, la ricerca ha proceduto, quindi, secondo un approccio integrato che ha consentito di individuare focus specifici nell'ambito della filiera della costruzioni, aspetti peculiari e momenti salienti dei numerosi processi indagati in edilizia, con riferimento ai quali sono state condotte attività di ricerca dal punto di vista della sostenibilità ambientale, economica e sociale.
In particolare, sono state utilizzate procedure Life Cycle-oriented con l'obiettivo di reperire dati relativi agli impatti ambientali delle operazioni e delle trasformazioni, alla loro sostenibilità economica ed al loro impatto sul contesto sociale.
Sono state quindi condotte attività mirate allo sviluppo di piattaforme di progettazione integrata e gestione delle informazioni, sia in fase di realizzazione che di utilizzo/manutenzione ed infine dismissione, presso i diversi attori del processo di trasformazione, ovvero i progettisti, gli operatori, le pubbliche amministrazioni ed in generale i contractors e gli utenti.
Le attività di ricerca relative alla qualificazione e al controllo del processo costruttivo in ogni sua fase, hanno permesso di sviluppare da un lato protocolli di certificazione delle tecnologie, dei componenti e dei materiali al fine di ottenere un maggiore livello di sicurezza ed affidabilità dell'intero sistema, dall'altro di sviluppare sistemi robotici automatizzati per lo sviluppo di processi innovativi di progettazione-produzione di elementi strutturali basati sulle tecnologie di Additive Manufacturing.
Nel quadro delle attività descritte, il Comune di Napoli e STRESS S.c.a.r.l. hanno siglato un accordo di collaborazione avente come oggetto la realizzazione di attività volte alla sperimentazione e dimostrazione di metodologie per la progettazione sostenibile e la gestione del patrimonio esistente

avente come oggetto di sperimentazione l'area della ex fabbrica Corradini. Tale area, individuata come caso dimostratore della ricerca, è attualmente oggetto di un Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, nel quadro del progetto ministeriale "Pianocittà", approvato con delibera di Giunta comunale n. 785 del 6 novembre 2014.
Se l'importanza del sito come testimonianza di archeologia industriale e la sua posizione strategica, tra la ferrovia e il mare nel quartiere di San Giovanni a Teduccio di Napoli, ne hanno suggerito una riqualificazione sia in termini architettonici che ambientali, le significative trasformazioni urbanistiche avvenute nel quartiere dalla data di redazione del piano, unitamente al mutamento di alcuni degli indirizzi di sviluppo previsti per l'area all'interno della progettazione, hanno indotto il Comune a riflettere su un aggiornamento delle previsioni di piano per quanto concerne gli aspetti funzionali, in linea con l'obiettivo di coniugare alla sostenibilità ambientale anche quella sociale ed economica. Pertanto, le attività condotte dal consorzio Stress S.c.a.r.l., in collaborazione con il Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura e il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" hanno inteso concentrarsi su uno studio finalizzato ad aggiornare le previsioni funzionali e tecnologiche prodotte dal Comune di Napoli attraverso la sperimentazione di metodologie e tecnologie avanzate BIM-oriented, a partire da una restituzione in ambiente di modellazione informativa dello stato di fatto aggiornato dei luoghi, pur secondo le attuali limitate possibilità di accesso e di conoscenza, e alla ridefinizione del quadro di funzioni previste secondo procedure di compliance normativa svolte mediante processi e strumenti digitali.
La metodologia sperimentata è, in particolare, esito dei contributi di un gruppo multidisciplinare di ricerca che ha coinvolto docenti, ricercatori, borsisti e laureandi del Dipartimento di Architettura e il Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II". La specifica attività di ricerca condotta, oggetto della trattazione, riguarda il coordinamento e la gestione dei flussi informativi della sperimentazione, trasversalmente a tutte le unità di lavoro impegnate nel progetto, e la definizione delle procedure di Information Management del protocollo decisionale elaborato.

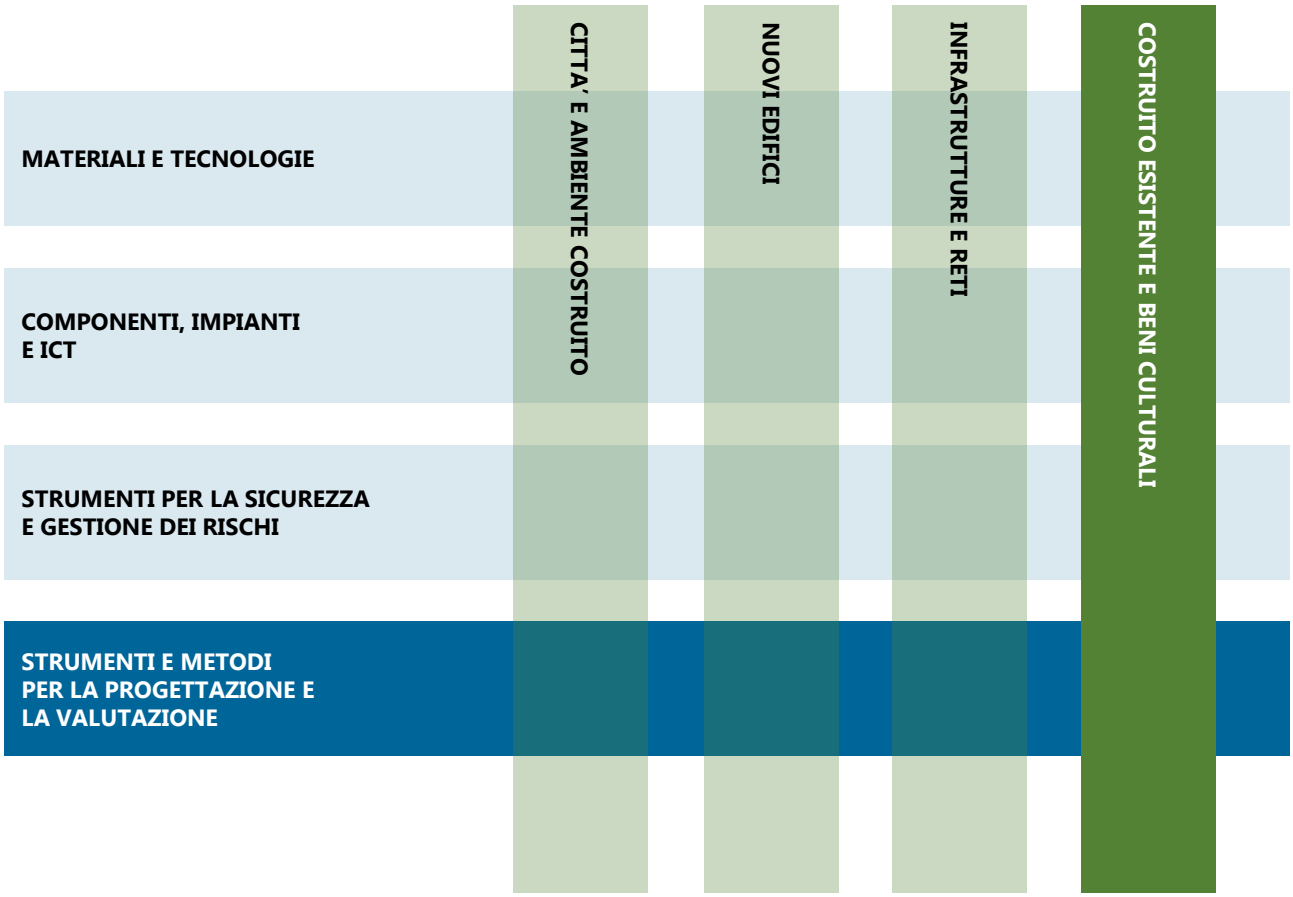


Fig. 31 - Collocazione della ricerca nell'ambito del progetto PROSIT

3.2.2 Il quartiere di San Giovanni a Teduccio, Napoli

San Giovanni a Teduccio è un quartiere dell'area orientale di Napoli. È stato comune autonomo fino al 1925, quando fu aggregato alla città di Napoli durante il fascismo. Pur di estensione territoriale limitata (circa 2.35 km²), nel suo territorio vivono approssimativamente 25.000 abitanti. Confina a nord col quartiere di Barra, ad ovest col quartiere Zona Industriale-Gianturco, ad est coi comuni di San Giorgio a Cremano e Portici, mentre a sud si affaccia sul Mar Tirreno (Fig. 32).
Il quartiere si sviluppa lungo l'asse dell'omonimo corso, che scorre parallelamente alla linea di costa. Nel tempo, a ridosso di quest'asse si sono formati diversi nuclei insediativi pubblici e privati: prima i casali d'origine rurale, poi, in epoca più recente, i rioni e gli esercizi commerciali. L'ultima rilevante trasformazione urbanistica a San Giovanni corrisponde alla ricostruzione seguita al terremoto del 1980: è in questi anni che vengono realizzati insediamenti residenziali come Taverna del ferro e il rione di Pazzigno, oltre che attrezzature pubbliche e parchi come il parco Troisi e il parco Teodosia.
Nonostante lo sviluppo residenziale, il retaggio urbanistico dell'area è legato al suo passato di sede della più importante industria conserviera del Mediterraneo, la Cirio, e della prima industria ferroviaria in Italia, che metteva in collegamento la tratta Napoli-Portici col celebre opificio Pietrarsa.
Attualmente, pochi sono gli impianti industriali ancora attivi, come la centrale Enel di Vigliena e il depuratore di San Giovanni. La cessazione delle attività industriali è testimoniata oggi dalla permanenza di siti produttivi dismessi, così come dall'elevato tasso di disoccupazione. Benché il quartiere affacci sul mare, da questo esso è separato fisicamente dalla linea ferroviaria e dai pochi impianti produttivi ancora attivi.

Fig. 32 - Inquadramento territoriale del quartiere San Giovanni a Teduccio (NA). Credits: Arch. Martina Costanzo.

Se i pochi metri di spiaggia libera sono inagibili per via dello scarico abusivo di rifiuti, le aree verdi sono da tempo chiuse al pubblico e mentre interi pezzi di città, come la ex Corradini, restano interdetti a causa della contaminazione da amianto.
Nonostante le numerose problematiche, il Comune ha individuato la riqualificazione dell'area come un intervento strategico per l'intera città, in linea con una tendenza ormai diffusa che riconosce alle città post-industriali un elevatissimo potenziale attrattivo.
Con delibera n°65 del febbraio 2009, il Comune di Napoli ha approvato il Preliminare di Piano Urbanistico Attuativo (PUA) di iniziativa pubblica della costa di San Giovanni a Teduccio. Il Preliminare di PUA viene definito come una delle azioni riconducibili al Programma Innovativo in Ambito Urbano (PIAU) "porti e stazioni", finanziato dal ministero delle Infrastrutture nel 2004 e finalizzato, da un lato, a migliorare l'efficienza e la qualità dei nodi d'interconnessione fra i trasporti pubblici terrestri e quelli marittimi lungo la linea di costa della città di Napoli, dall'altro, ad accelerare, nelle aree circostanti i nodi costieri, le azioni di riqualificazione urbana, grazie alla valorizzazione prodotta dal miglioramento delle condizioni di accesso a queste aree.
Il PIAU, a sua volta, va inteso come approfondimento sull'area di San Giovanni a Teduccio del PRG di Napoli (approvato nel 2004), che individua quest'area come un ambito soggetto a piano urbanistico esecutivo, attribuendole un valore strategico per la riqualificazione ambientale e produttiva dell'intera area orientale e perseguendo, a tale fine, la riqualificazione della fascia litoranea, attraverso la definizione di un sistema di attrezzature di livello urbano e territoriale ed il recupero del rapporto tra il quartiere e il mare.
Il Piano Comunale prevede:
- la riqualificazione di due complessi ex industriali, quello della Cirio e quello della Corradini, da riconvertire in un sistema di attrezzature di rilevante interesse urbano, finalizzato ad ospitare attività connesse allo sviluppo dell'area e, in particolare, alla valorizzazione della risorsa mare;
- la realizzazione di un approdo turistico per imbarcazioni da diporto, nello specchio d'acqua antistante la Corradini, e sulle aree dell'ex impianto industriale la realizzazione di attrezzature e servizi connessi all'attività nautica o di supporto a essa;
- la realizzazione, nelle aree dismesse della centrale termoelettrica dell'Enel a Vigliena, di attrezzature pubbliche, in conformità a quanto previsto da un Accordo di Programma approvato nel marzo 2001;
- la dismissione dell'impianto di depurazione di S.Giovanni e il conseguente ripristino del litorale;
- la realizzazione a Pietrarsa di un centro museale dedicato alla storia dei trasporti e della mobilità;
- la riqualificazione della spiaggia;
- la realizzazione di spazi pubblici lungo il corso San Giovanni di riconnessione tra il quartiere e il mare.

Il preliminare di PUA di San Giovanni a Teduccio, al fine di accelerare il processo di "riappropriazione" della linea di costa così come indicato dal nuovo Piano Comunale, individua alcune opere pubbliche considerate prioritarie che, in quanto conformi con la normativa urbanistica, possono essere poste in attuazione prima della definitiva approvazione del PUA in corso di redazione.
I principali interventi cui si intende dare avvio sono:
- la realizzazione di una nuova strada parallela alla linea di costa con accesso dal Ponte dei Francesi e sbocco su corso S. Giovanni nei pressi del deposito Anm;
- la realizzazione del sovrappasso pedonale di Vigliena;
- il Parco archeologico urbano del forte di Vigliena;
- la piazza attrezzata antistante il complesso residenziale "Centocamerelle";
- il restauro dell'ex Corradini.

Gli altri interventi di iniziativa pubblica individuati concorrono al recupero del rapporto con il mare mediante una nuova rete di percorsi costieri e di collegamento del quartiere con la costa.
Attualmente, sono soltanto due gli interventi, previsti dal PUA, ad essere stati portati a termine: la realizzazione di un nuovo polo universitario nell'area ex Cirio, ai sensi di un Protocollo d'intesa sottoscritto nel 1998 da Comune di Napoli, Ministero dell'Università, Regione Campania e Università di Napoli Federico II, e il museo ferroviario di Pietrarsa (Fig. 33-35).

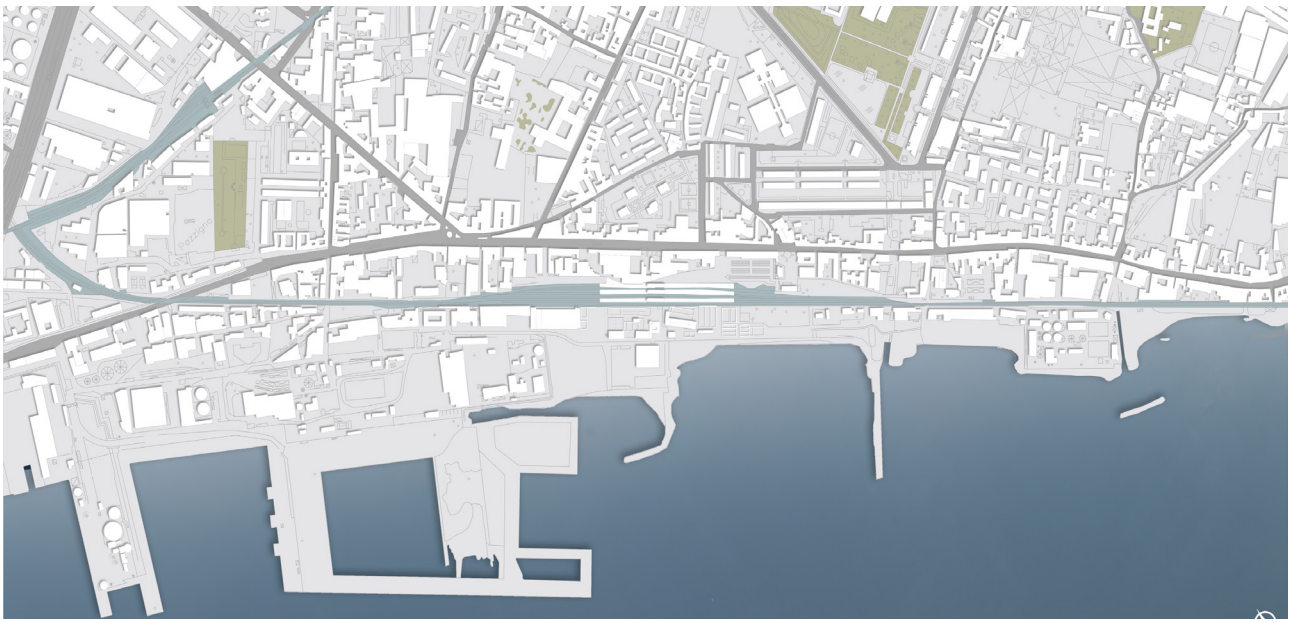


Figura 33 - Stralcio del Quartiere di San Giovanni a Teduccio. Masterplan 1:5000.

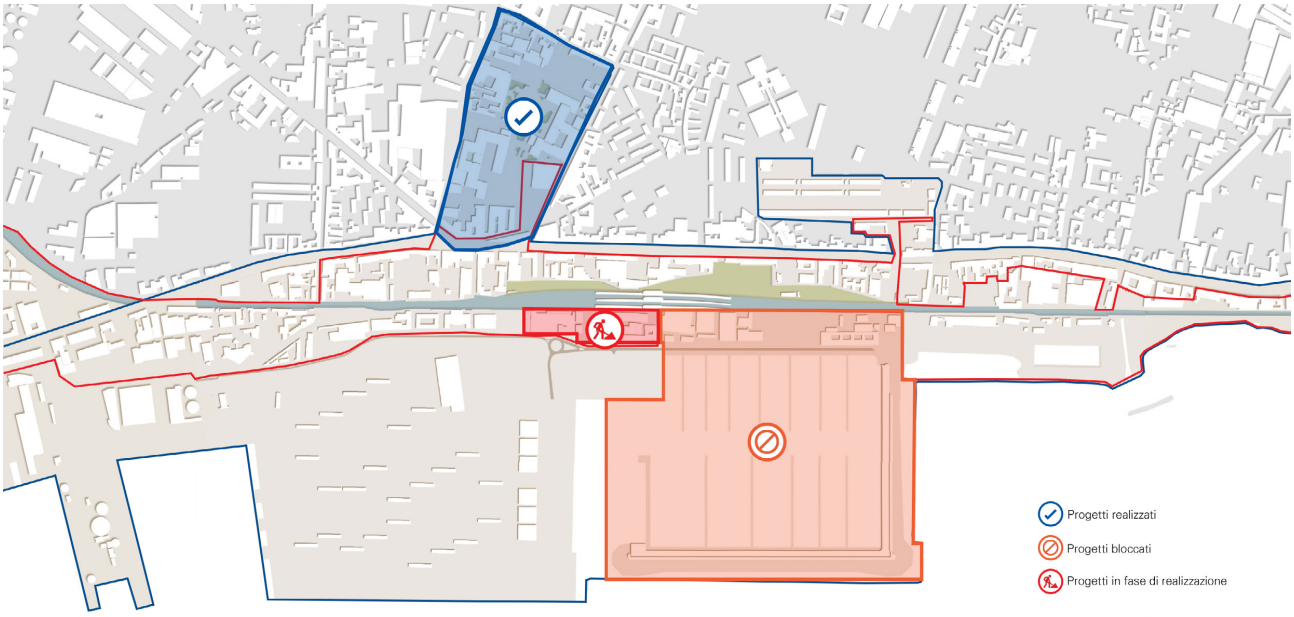


Figura 34 - Quadro degli interventi realizzati, bloccati e previsti per San Giovanni a Teduccio.

1 2 3

Figura 35 - Interventi strategici per l'area: 1. Campus universitario Federico II; 2. Area ex-industriale Corradini; 3. Porto Fiorito.

3.2.3 Il PFTE del Comune di Napoli per l'area ex-Corradini: previsioni e criticità

Il complesso ex-Corradini, così definito dal nome dell'ultima importante impresa industriale del sito, è esito dell'annessione di vari edifici costruiti in più periodi. In particolare, l'antico stabilimento in muratura e ferro "Dent Allcroft", poi inglobato nella "Pellami De Simone", riporta la data del 1828 su una targa murata all'esterno. Dai primi vecchi edifici multipiano si può intuire un'originaria destinazione produttiva tessile, comunque diversa da quella metallurgica poi pienamente espressa dai tipici capannoni in muratura, a campate multiple e tetto a falde.
Nel 1872 sorse lo stabilimento metallurgico Deluy-Garnier, definito una delle principali industrie metalmeccaniche della provincia di Napoli. Lo stabilimento nacque grazie all'impegno e alla volontà dell'industriale Granier il quale, decise di mettersi in proprio ma, non riuscendo a sostenere l'impegno economico, costituì una società metallurgica con Carafa di Noja e Stefano Cas, la "Carafa, Cas & C.", finanziata dalla ditta "Iupply, Mathieu & C." e dal Banco di Genova (Rubino, 2011).
In quegli anni, lo stabilimento era in forte espansione; dall'iniziale lavorazione di verghe e lastre di rame e ottone era passato al trattamento completo degli altri metalli, arrivando a coprire una superficie di oltre 3000 mq. Alla morte del Carafa, la società entrò in crisi e fu dichiarata in liquidazione dal Tribunale del Commercio. Nel 1882 la Commissione di Stralcio del Banco Coloniali di Genova, aggiudicataria dello stabilimento, cedette l'intero complesso all'imprenditore svizzero Giacomo Corradini il quale, nel 1906, fondò la "G. Corradini s.p.a.".
A causa della posizione, stretta tra il mare e la linea ferroviaria, lo stabilimento poté espandersi solo orizzontalmente lungo la linea di costa, a cominciare dall'estremo orientale, con l'annessione dei terreni paludosi della Marina e dello Stradone e, in seguito, di quelli in parte coltivati della casina Carafa e dei fabbricati detti "della Ceramica".
Alla fine dell'Ottocento, l'impresa si era specializzata nella produzione di manufatti bellici ma, con il venir meno degli stanziamenti governativi, aveva dovuto affrontare una forte crisi, poi superata grazie ai benefici dei "Provvedimenti speciali per il risorgimento economico di Napoli" del 1904. Dopo il passaggio a società per azioni, la Corradini crebbe d'importanza anche a livello internazionale.
Nel periodo tra i due conflitti mondiali la fabbrica raggiunse il suo massimo livello di espansione e produzione: nel 1917 assorbì la fabbrica di bottiglie Falcocchio; nel 1919 ridefinì i confini orientali a ridosso della ferrovia e fino alla seconda guerra mondiale si espanse anche sul lato occidentale fino a triplicare quasi il volume degli impianti. Riduzioni invece si ebbero in seguito ai bombardamenti subiti nella seconda guerra mondiale e per l'allargamento della linea ferroviaria. Dopo il conflitto la produzione calò progressivamente e, nel 1949, società fu posta in liquidazione dopo un tentativo fallito di autogestione operaia. Passata alla Federconsorzi, alla fabbrica fu annesso, nel 1960, anche lo stabilimento dell'"Industria meridionale pellami fratelli De Simone & C. s.n.c.", che, nel 1927, lo aveva acquistato dalla società londinese "Dent Allcroft & Co. Ltd" (AIPAI, 1983). Dopo il passaggio in varie tappe all'Agrimont, la fabbrica fu acquisita nel 1999 dal Comune di Napoli. Nel 2003, gran parte del complesso è stato affidato in concessione dalla società "Porto fiorito" per la realizzazione di un porto turistico; la parte restante è quella oggetto dell'intervento finanziato dal "Piano nazionale per le città" e, quindi, di progetto preliminare del Comune di Napoli.
Gli immobili facenti parte della ex Corradini possono essere così sommariamente descritti: sul lato est insistono in gran parte capannoni in muratura con coperture in capriate metalliche, e un solo edificio a due piani; a ovest, un complesso più articolato, in parte su due piani, con coperture a terrazzo, abitualmente identificato come "ex concerie De Simone".
Lo scenario che oggi ci si presenta è quello di una parte di città che, pur avendo rilevantissime potenzialità, è in completo abbandono, separata com'è dal resto del quartiere dal fascio dei binari e con una buona parte dei capannoni industriali in gravissimo stato di degrado, interessati da fenomeni di crollo delle coperture e di parte delle murature e con altre strutture in pericolo imminente. Diversi fabbricati sono andati distrutti, mentre da altri sono stati sottratti elementi anche strutturali. All'ex stabilimento industriale è stato riconosciuto l'interesse storico-architettonico e su di esso, dal 27 febbraio 1990, è stato apposto il vincolo ai sensi della legge 1089/39.

Figura 36 - Primo insediamento dell'industria tessile Pellami De Simone, 1828. Credits: Arch. Martina Costanzo.

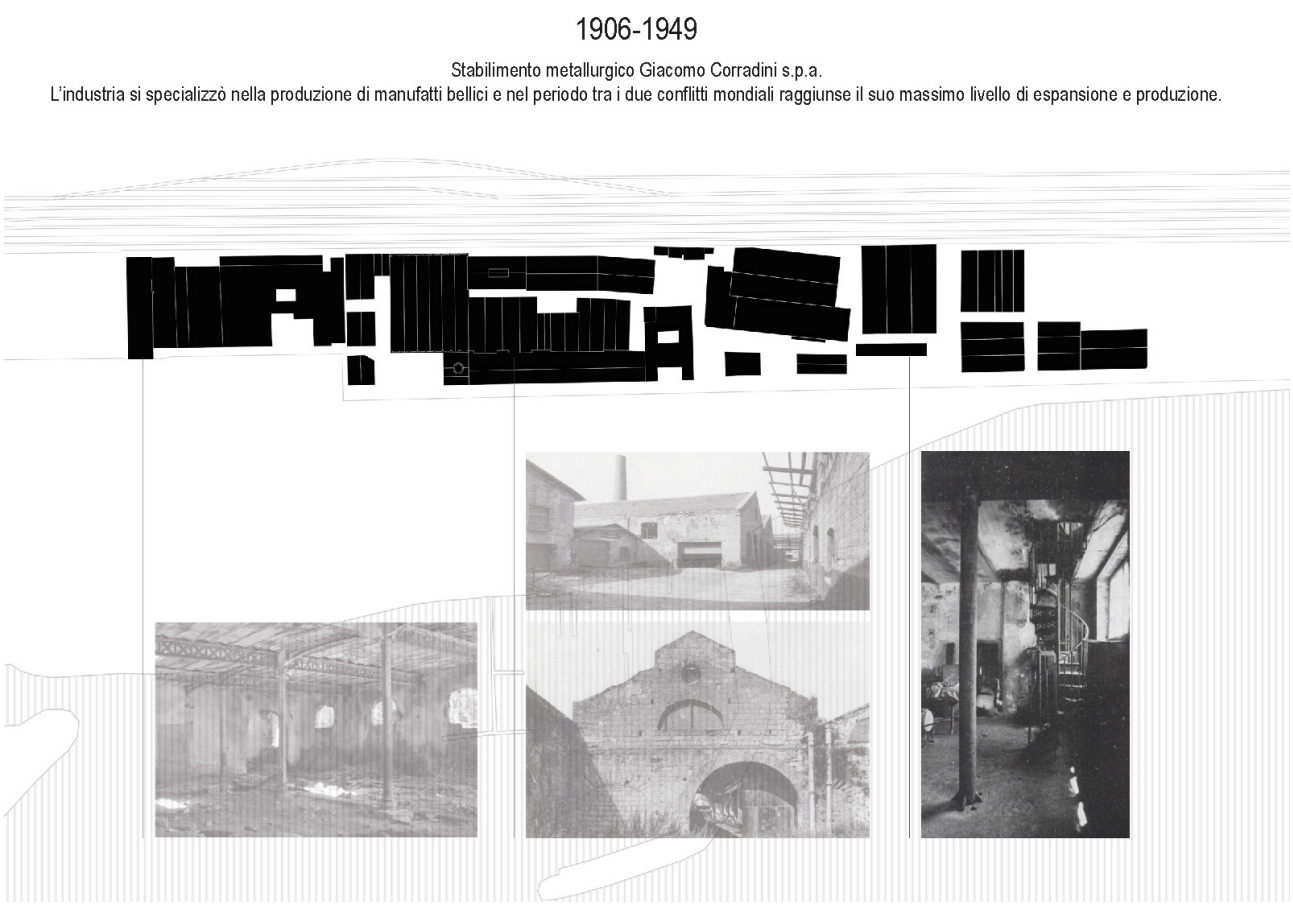


Figura 37 - Evoluzione storica del complesso ex-industriale Corradini nel Novecento. Credits: Arch. Martina Costanzo.

Figura 38 - Dogane di San Giovanni a Teduccio, inizio del Miglio d'Oro.

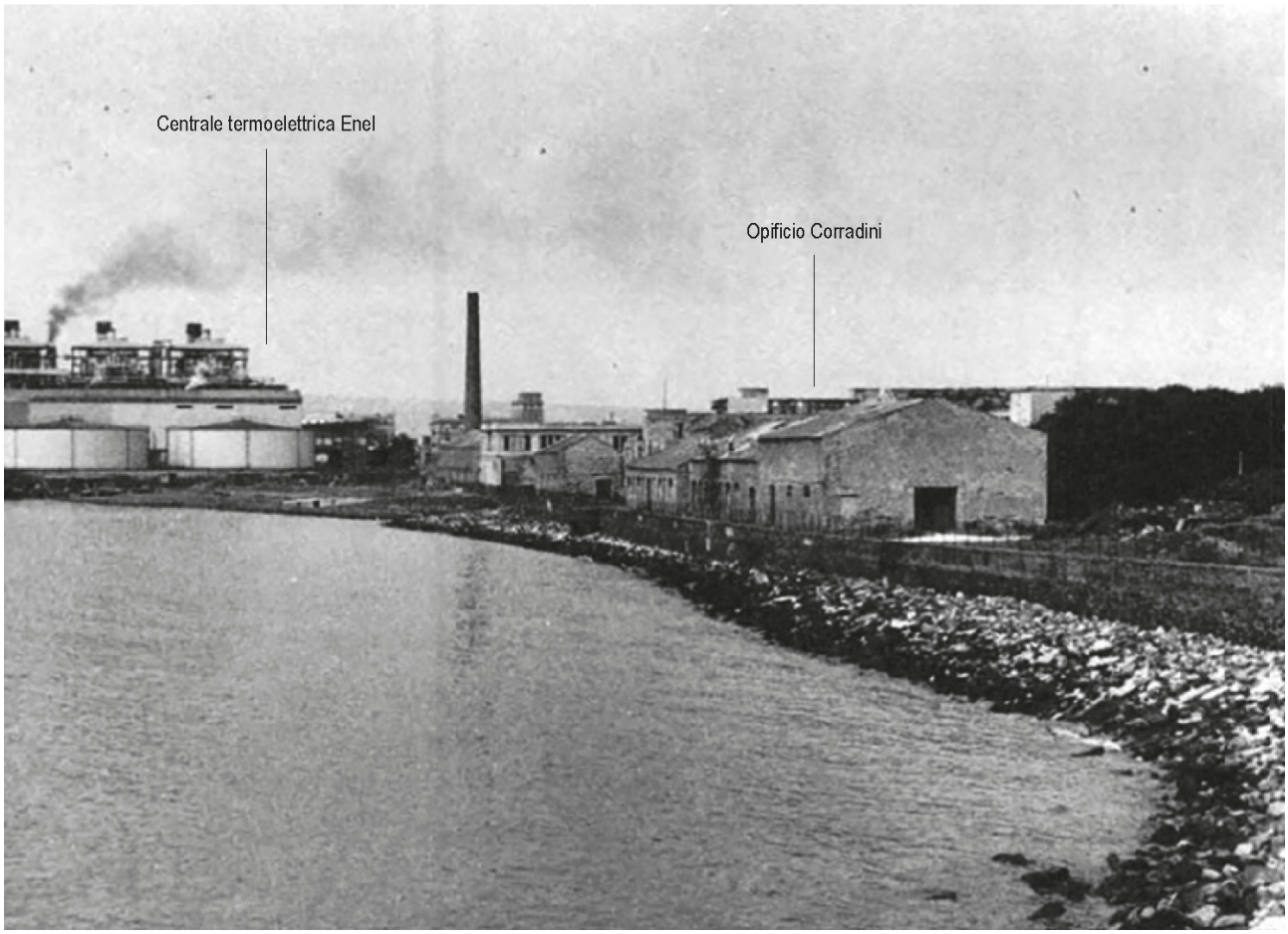


Figura 39 - Parte del complesso metallurgico Corradini visto dal litorale, con sullo sfondo la centrale termoelettrica dell'Enel. Foto di Gabriele Basilico, 1983.

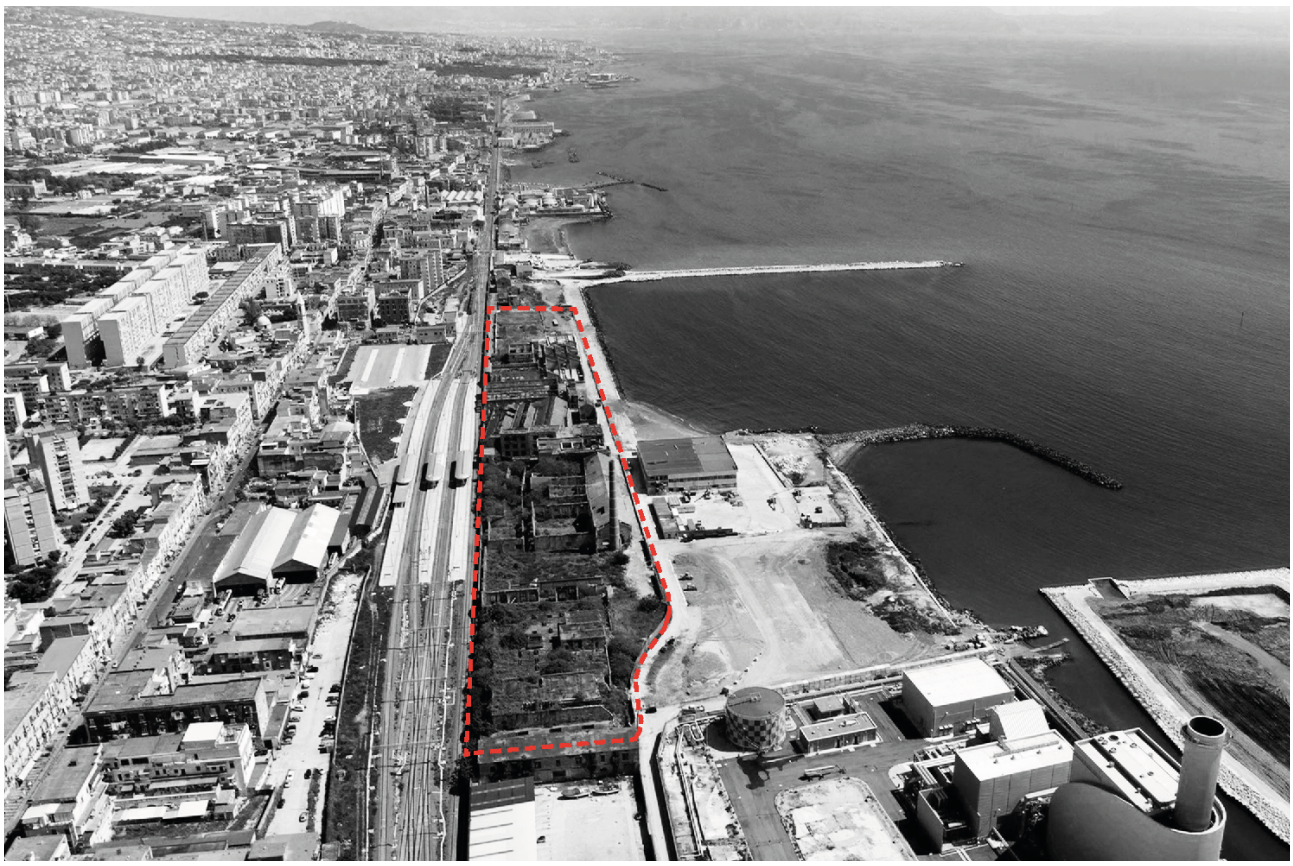


Figura 40 - Vista aerea dell'area ex-industriale Corradini, oggi. Credits: Arch. Martina Costanzo.

Figura 41 - Ortofoto satellitare dell'area ex-industriale Corradini, oggi. Credits: Arch. Martina Costanzo.

Figura 42 - Area ex-Corradini, esterno. Sopralluogo del gruppo di ricerca il giorno 12 giugno 2020.

Figura 43 - Ex-capannone raffinaggio, macinazione e fonderia getti, esterno.

Figura 44 - Ex-capannone raffinaggio, macinazione e fonderia getti, interno.

Figura 45 - Ex-capannone raffinaggio, macinazione e fonderia getti, interno.

L'idea progettuale del Comune di Napoli è di combinare in un sito pregevole, per il valore delle architetture industriali storiche e per l'affaccio a mare, lavoro, cultura e tempo libero in un insediamento caratterizzato da funzioni in cui sia principalmente coinvolto un pubblico, sia di utenti che di attori delle attività previste, a prevalenza giovanile, più disponibile di altri a considerare centrale un luogo periferico. In questo caso il recupero e la riqualificazione degli edifici è del tutto coerente con la finalità progettuale. Infatti, queste architetture hanno ospitato nel corso della loro storia vite produttive diverse, come contenitori entro i quali, con interventi limitati e reversibili, si sono resi possibili diversi usi degli spazi. Questa originaria flessibilità costituisce una qualità preziosa da preservare. In questo senso, le destinazioni d'uso previste, per il carattere delle attività e il conseguente uso degli spazi, sono coerenti con questa storia. Espressa in termini di destinazioni d'uso, l'idea progettuale può essere così tradotta: un distretto produttivo culturale integrato da spazi pubblici, strutture ricettive e per il tempo libero e attrezzature collettive.
Queste destinazioni d'uso sono ripartite negli ambienti coperti e scoperti della ex Corradini rispettando l'articolazione del complesso in unità edilizie distinte per funzioni, storia, posizione.
L'ampio complesso edilizio posto al margine occidentale dell'area è destinato a costituire il distretto produttivo culturale, organizzando lo spazio in una serie di ambienti in ciascuno dei quali s'insediano imprese per la produzione di beni o servizi: dagli atelier artistici, alle officine di micro-elettronica, dalle botteghe artigianali ai laboratori informatici.
L'area di sedime di alcuni capannoni crollati è oggetto di una sistemazione della superficie a terra, senza ripristinare le preesistenti strutture, dando luogo a uno spazio aperto su cui affacciano le strutture che la fiancheggiano, luogo d'accoglienza per chi accede al complesso e d'incontro per coloro che lo abitano, dove sia possibile anche ospitare in modo temporaneo iniziative del distretto (come esposizioni ed altri eventi collettivi); in definitiva, uno spazio aperto al centro di un sistema edificato abbastanza fitto, nel quale convergono i percorsi interni e quelli di accesso dall'esterno.
Lungo il confine col fascio dei binari, un capannone che si presta a partizioni interne modulari è destinato alla sistemazione di una residenza universitaria, integrata da un'attrezzatura collettiva aperta anche al quartiere, allestita nel capannone limitrofo.
Tra lo spazio centrale e il percorso costiero, in due fabbricati disposti a "elle", è prevista un'attrezzatura collettiva, utilizzabile come uno spazio eventi multiuso, convegni, mostre, feste, cerimonie ecc. e può essere riferimento sia di iniziative del distretto che di quelle commerciali e ricettive.
Al margine orientale dell'area, sul confine col porto turistico, nell'unico fabbricato interamente multipiano è prevista una struttura ricettiva, un tipo di destinazione appropriata alla tipologia del fabbricato e che ha riscosso successo in contesti analoghi, soprattutto se corredato da luoghi d'incontro (ristorazione, bar ecc.), allocabili nei capannoni adiacenti (Figg. 46-50).

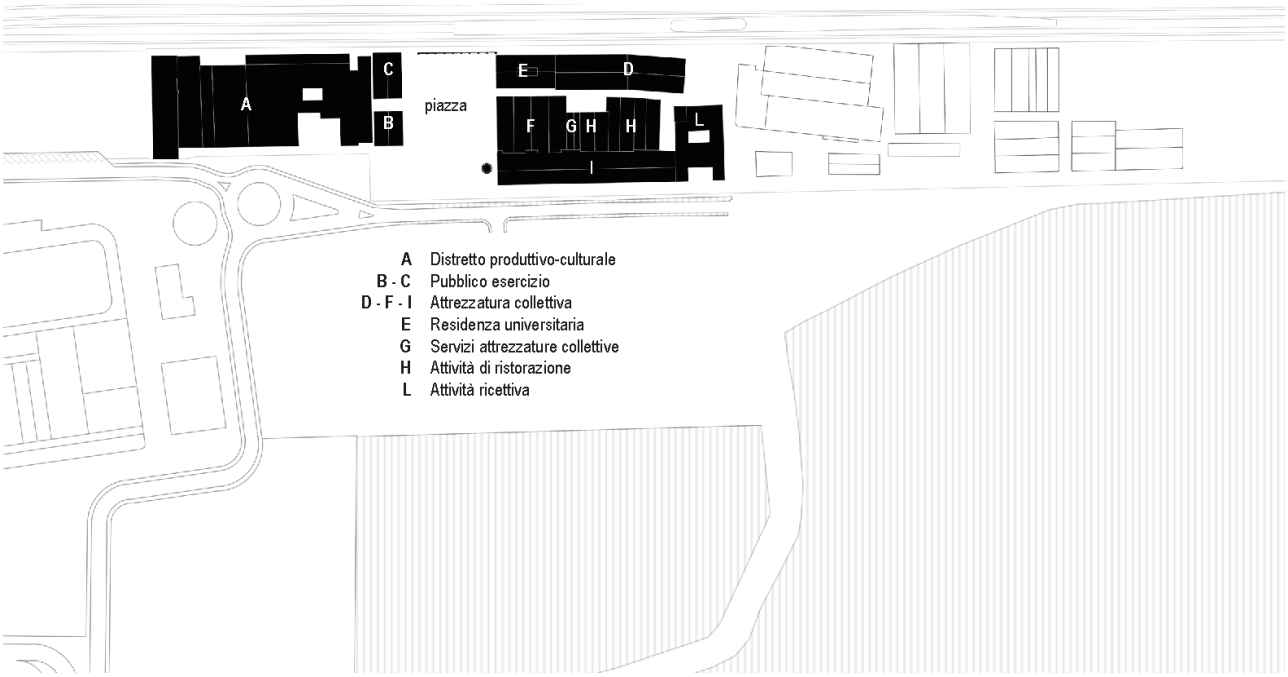


Figura 46 - Indicazioni funzionali per l'area ex-Corradini, da PFTE del Comune di Napoli, 2014. Credits: Arch. Martina Costanzo.

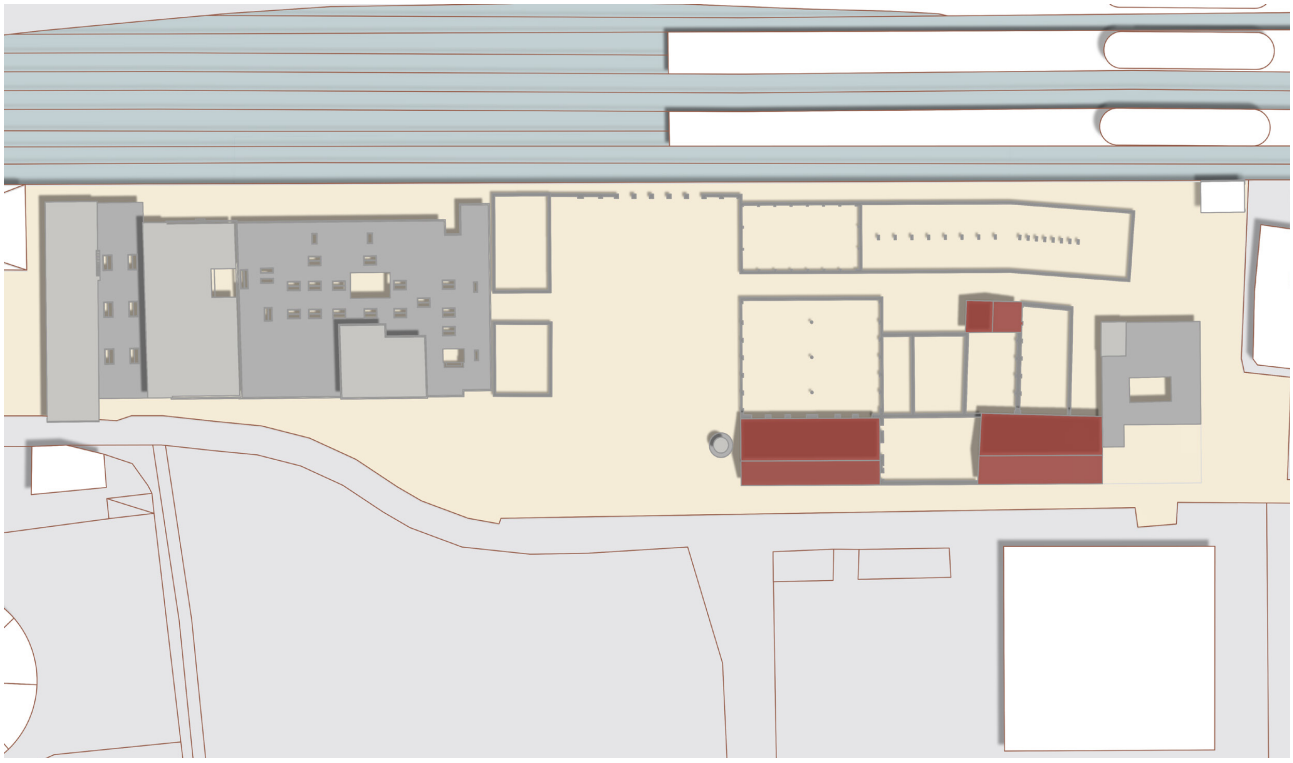


Figura 47- Stato di fatto della ex Corradini, come riportato nel PFTE del Comune di Napoli, 2014.

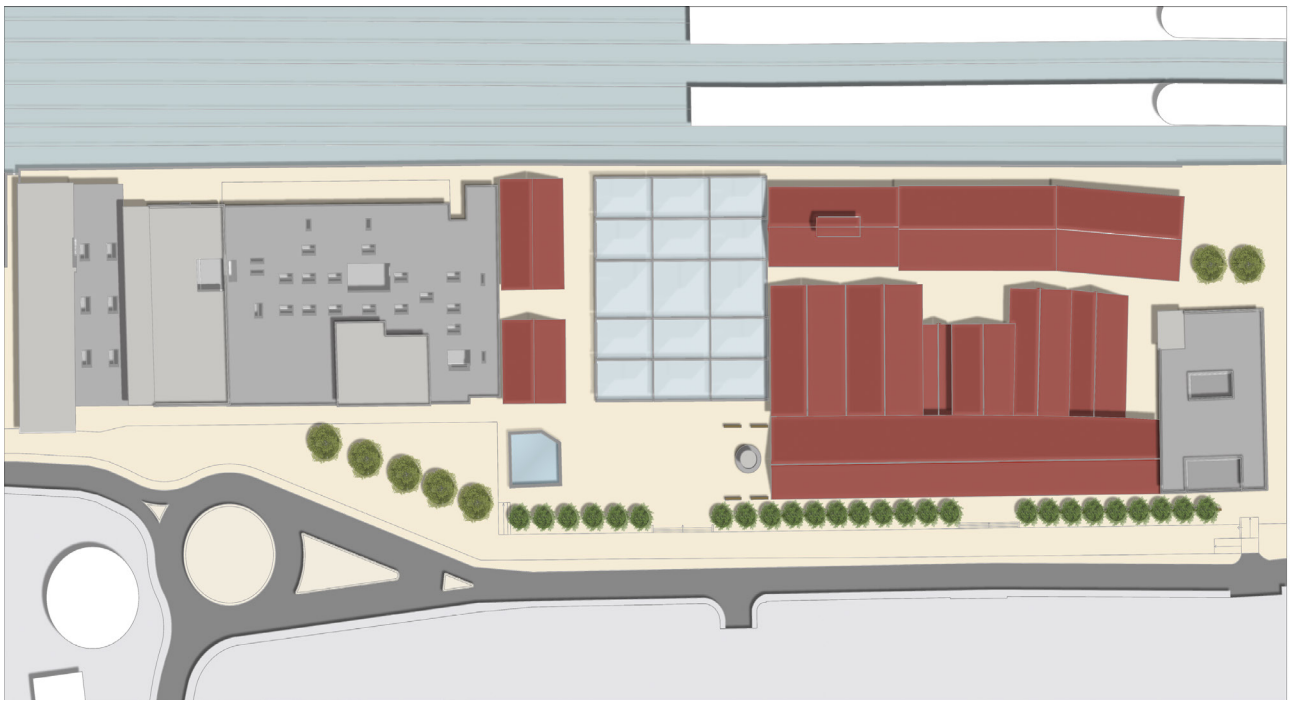


Figura 48 - Progetto preliminare del Comune di Napoli, PFTE 2014.

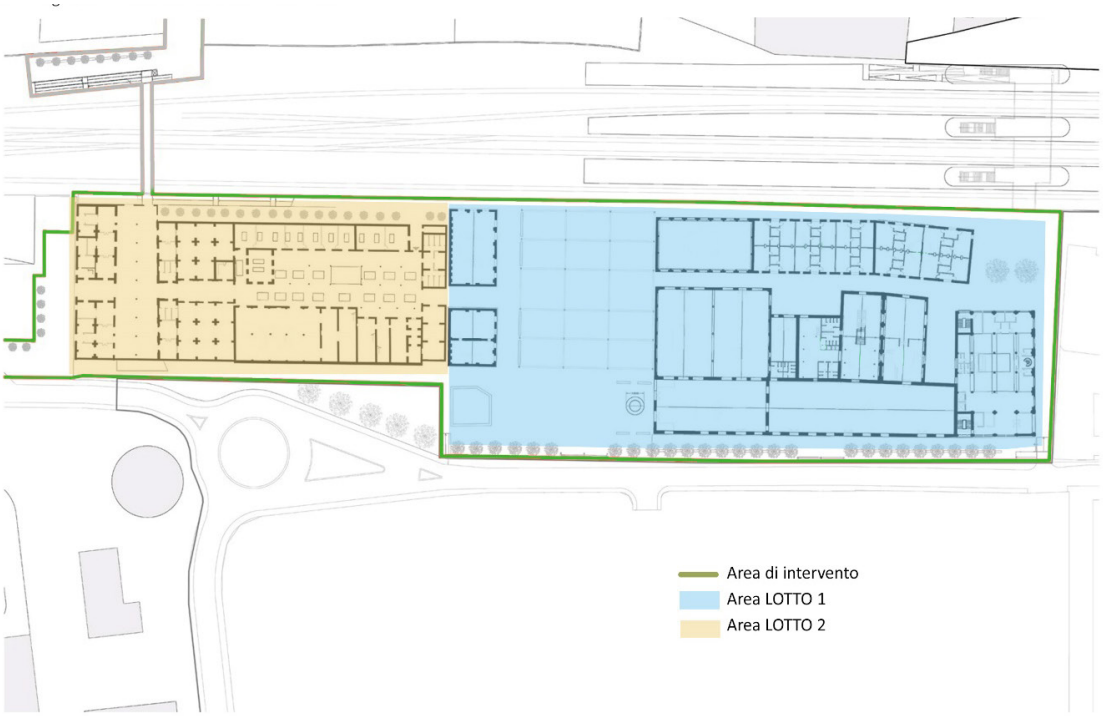


Figura 49 - Area ex Corradini, piani terra. Individuazione Lotto 1 e Lotto 2.

Figura 50 - Destinazioni d'uso previste dal progetto preliminare del Comune di Napoli per il Lotto 1.

3.3 Una metodologia data-driven per il supporto alle decisioni basata su verifiche di conformità normativa

3.3.1 Definizione del protocollo di Information Management per la verifica di conformità

Il protocollo di Information Management è finalizzato a offrire uno strumento decisionale basato sulla raccolta e interpolazione di dati riferibili al contesto, alle caratteristiche dei fabbricati oggetto di sperimentazione, alle richiese del Comune di Napoli, alle normative vigenti.
Per la raccolta di dati, l'attività si è dovuta confrontare con una generale incertezza informativa, riferibile sia alla datazione dei rilievi disponibili (1981) che alle condizioni di inaccessibilità dell'area, e si è pertanto concentrata sui seguenti obiettivi preliminari:

1. aggiornamento dello stato di conoscenza dei luoghi rispetto alle modificazioni subite dalla configurazione dei fabbricati nel corso del tempo, al fine di ottenere una base digitale per le successive fasi di modellazione in ambiente BIM nei limiti di accessibilità e visibilità dell'area;
2. "ricostruzione" in ambiente BIM sia dello stato di fatto basato sul nuovo rilievo che del progetto del Comune. Tale attività riguarda la modellazione BIM dei fabbricati ricadenti nel Lotto 1 sia a partire dal rilievo dello stato dei luoghi, sia in riferimento al progetto di recupero e restauro promosso dal Comune;
3. verifica di compliance del quadro funzionale previsto dal Comune. Tale attività, proprio a partire dalla possibilità di adoperare una virtualizzazione affidabile dei fabbricati, consiste nella verifica dell'effettiva congruenza normativa tra le previsioni funzionali del comune e le caratteristiche edilizie dei luoghi, oltre che la compatibilità delle stesse funzioni rispetto al recente e futuro sviluppo urbano del quartiere.

Il protocollo decisionale di elaborazione di scenari di progettazione verificati dal punto di vista normativo è stato sviluppato secondo i seguenti aspetti:

1. funzionali, a partire dalla "capacità" dei fabbricati esistenti di ospitare funzioni differenti compatibilmente con le proprie caratteristiche fisiche, le normative in vigore, gli assetti del contesto urbano e le esigenze del Comune;
2. spaziali-distributivi, confrontando gli scenari funzionali in relazione alle possibili trasformazioni dei fabbricati per la collocazione delle destinazioni d'uso compatibilmente con le normative in essere;
3. tecnologici, per la verifica dei criteri CAM del sistema tecnologico e ambientale, con un particolare approfondimento alle soluzioni di prodotto, attraverso simulazioni in ambiente BIM di procedure per il LCA dei materiali edilizi.

La metodologia propone un approccio al decision-making basato sulla definizione di possibili scenari progettuali compatibili con un sistema di regole prefissato e che, pertanto, non è volto a individuare una soluzione univoca al problema progettuale, ma piuttosto mira a interpretare le potenzialità generative del digitale a supporto della componente euristica del progetto.
In tal senso, l'obiettivo del lavoro di ricerca è di definire una processualità che, applicata a interventi in ambiti complessi (come nel caso del patrimonio costruito), consenta di orientare l'esplorazione e la scelta di opzioni all'interno di una dimensione progettuale quanto più possibile compatibile con i contesti di riferimento secondo molteplici ambiti (ambientali, economici, sociali, tecnici, urbani, ecc.).

Le possibilità offerte dai sistemi BIM-based di tradurre tali aspetti in termini informazionali, ad esempio come parametri fisici o dimensionali, permette il confronto delle ipotesi di progetto con i requisiti normativi, garantendo la fattibilità degli sviluppi.
La metodologia si configura, pertanto, come un vero e proprio protocollo di Information Management, in cui il "dato" assume un valore di asset strategico per consentire, al variare del sistema di riferimento, sia la sua replicabilità che la sua scalabilità, secondo tolleranze controllabili rispetto alla quantità e attendibilità delle informazioni (Beach et alii, 2015; Amor and Dimyadi, 2021).
Nello specifico, l'attività svolta si è concentrata sulla messa a punto di metodologie e tecniche per il supporto alle decisioni basate sull'integrazione tra modellazione informativa, interpolazione di dati urbanistici tramite sistemi GIS e sistemi di Code e Model Checking, con l'obiettivo di elaborare strategie di minimizzazione dei rischi di errore nei processi progettuali basate su verifiche normative (*compliance*) multiparametriche (Martins, Rangel and Abrantes, 2016).
Pertanto, la ricerca ha indagato e sperimentato la possibilità di definire strategie data-driven per le scelte progettuali, in grado di informare i processi a monte delle fasi decisionali al fine di ridurre sia dal punto di vista sociale, calibrando le azioni di rifunzionalizzazione attraverso la costruzione di scenari progettuali basati sui reali requisiti dei contesti urbani e sociali; sia dal punto di vista economico, minimizzando la possibilità di errori progettuali e di interferenze tra le diverse discipline coinvolte nella progettazione, così come l'eventuale difformità delle previsioni effettuate in fase di programmazione rispetto alla reale adeguatezza delle scelte progettuali rispetto alle caratteristiche fisiche degli immobili da recuperare; sia, infine, dal punto di vista ambientale, ottimizzando l'utilizzo di risorse e favorendo, già dalla fase di impostazione del progetto, strategie di riqualificazione orientate al risparmio energetico.
In tal senso, la metodologia adottata ha previsto l'adozione di strumenti e processi data-driven sin dalle prime fasi di integrazione della documentazione fornita mediante procedure digitalizzate di rilievo, impostando flussi di informazione interoperabili tra software di acquisizione, mappatura, modellazione e verifica. Per guidare le attività secondo il principio di "iniziare con la fine in mente" ("Begin with the end in mind"), proprio di un lavoro BIM-based, è stato fondamentale affidarsi alla preliminare redazione di un Piano di Gestione Informativa, così come descritto dalla UNI 11337. Tale documento, in particolare, precisa dal punto di vista tecnico e gestionale le caratteristiche attesa dai componenti del modello e da ogni attività finalizzata ad esso, come ad esempio le competenze e infrastrutture in campo, gli usi del modello, i livelli di definizione geometrica e informativa richiesti (LOD e LOIN; ISO 16950:2018; UNI EN 17412-1:2021).
Il lavoro ha inteso riflettere perciò sulle modalità di introduzione dei principi del BIM fin dalle prime fasi della attività di progettazione, attraverso un approccio strategico basato sull'uso di avanzati strumenti operativi e informazioni digitalizzate, agevolando la collaborazione tra le diverse discipline coinvolte e favorendo la diffusione di progetti tecnologicamente avanzati. L'attività si inserisce nell'obiettivo di fornire uno studio di riqualificazione del patrimonio archeologico-industriale ambientalmente sostenibile, coerente con i bisogni della società, con l'ambiente in cui si trova e con il quadro normativo vigente, ottimizzando le risorse disponibili e utilizzando strumenti che conducono analisi di compliance fin dalle fasi preliminari della progettazione.
Sfruttando la capacità del BIM di gestione delle informazioni direttamente dal modello, è stato possibile minimizzare il rischio di problematiche, tralasciate o posticipate nella progettazione tradizionale, risolvendole nelle prime fasi del processo decisionale, rendendo in tal modo quest'ultimo più informato e permettendo di gestire più consapevolmente informazioni complesse.
La metodologia sperimentata intende proporre un approccio al decision-making basato sulla definizione di possibili scenari progettuali compatibili con un sistema di regole prefissato e che, pertanto, non è volto a individuare una soluzione univoca al problema progettuale, ma piuttosto mira a elaborare scenari conformi potenzialmente sviluppabili.
Tale processualità, applicata a interventi in ambiti complessi (come nel caso del patrimonio costruito), può consentire di orientare il processo decisionale all'esplorazione e la scelta di opzioni all'interno di una dimensione progettuale quanto più possibile compatibile con i contesti di riferimento secondo molteplici ambiti (ambientali, economici, sociali, tecnici, urbani, ecc.), interpretati come vincoli normativi.
Le possibilità offerte dai sistemi BIM-based di tradurre tali aspetti in termini informazionali, ad

esempio come parametri fisici o dimensionali, permette il confronto delle ipotesi di progetto con i requisiti normativi, garantendo la fattibilità degli sviluppi (Sydora and Strouli, 2020).
La metodologia si struttura nella concatenazione logica e iterativa di una serie di passaggi, in termini di strumenti impiegati, di procedure e di modalità decisionali, descritti di seguito.

1. Virtualizzazione e studio delle condizioni del sito in ambiente BIM:
- analisi della documentazione disponibile (rilievi, progetti, ecc.);
- rilievo (fotogrammetrico o laser scanner) del sito e restituzione (nuvola di punti);
- elaborazione del pGI e dell'ACDat/Doc;
- modellazione As-is dello stato di fatto (e del PFTE del Comune), a partire dalla nuvola di punti, in ambiente BIM (preceduta o meno da una restituzione in CAD);
- analisi alla scala del quartiere (in ambiente GIS) e raccolta di dati ambientali.

2. Verifica di conformità normativa per scenari di rifunzionalizzazione:
- verifica delle difformità tra modello di rilievo e documentazione di partenza, anche mediante verifica di interferenze (Clash Detection);
- verifica di compatibilità normativa delle funzioni previste nel PFTE calate nel modello di rilievo, rispetto alle normative specifiche e generali delle destinazioni d'uso previste;
- elaborazione e verifica di scenari funzionali conformi rispetto al modello di rilievo, basate sia su valutazioni rispetto alle analisi di quartiere che sulle interlocuzioni con la PA.

3. Verifica di conformità normativa per scenari distributivi:
- verifica di compatibilità normativa tra le distribuzioni previste nel PFTE;
- elaborazione e verifica automatizzata di scenari distributivi conformi mediante algoritmo generativo basata su parametri normativi (accessibilità, sicurezza, standard dimensionali, CAM, ecc.).

4. Verifica di conformità normativa per scenari tecnologici:
- elaborazione e verifica LCA-oriented alla scala dell'elemento tecnico e del prodotto, a partire dalle previsioni del PFTE.

La metodologia si struttura su 6 piani operativi:

1. scala, ossia definizione dell'oggetto di studio. Le scale di intervento sono quella di quartiere, del complesso, dell'edificio (sistema edilizio) e dell'elemento tecnico o prodotto (sub-sistema);
2. livello, ossia definizione dell'ambito di studio. I livelli di intervento sono quello urbano, funzionale, ambientale, tecnologico, materiale;
3. azione, ossia definizione dell'ambito di intervento. Le azioni sono analisi e rilievo, tipologia di intervento, ingegnerizzazione e cantierizzazione. Da queste azioni deriva la definizione degli scenari di progetto.
4. controllo, ossia definizione dell'ambito di verifica di conformità. I controlli riguardano la verifica degli scenari di progetto, verificati in termini funzionali, distributivi, tecnologici, ambientali e materici;
5. esito, ossia definizione del risultato atteso dalle azioni e dai controlli. Gli esiti derivano dalla verifica degli scenari e rappresentano possibili output dell'attività decisionale. Essi riguardano lo scenario funzionale, gli elaborati distributivi, gli elaborati di dettaglio tecnologico, i layout di cantiere;
6. informazioni, ossia definizione del livello informativo richiesto. Il livello informativo parte da un LOD B/C per arrivare potenzialmente a sviluppare un LOD E.

Alla scala del quartiere e del complesso, i livelli di definizione dell'ambito di studio riguardano quello urbano e quello funzionale. Le azioni di ricognizione comprendono perciò analisi in ambiente GIS e ambientali, unitamente a rilievi sia materici che strutturali. Dalle analisi GIS si ottiene una prima definizione dei ruleset dell'attività di verifica normativa; dai rilievi, è possibile desumere un'analisi dello stato di conservazione dei fabbricati oggetto di intervento.

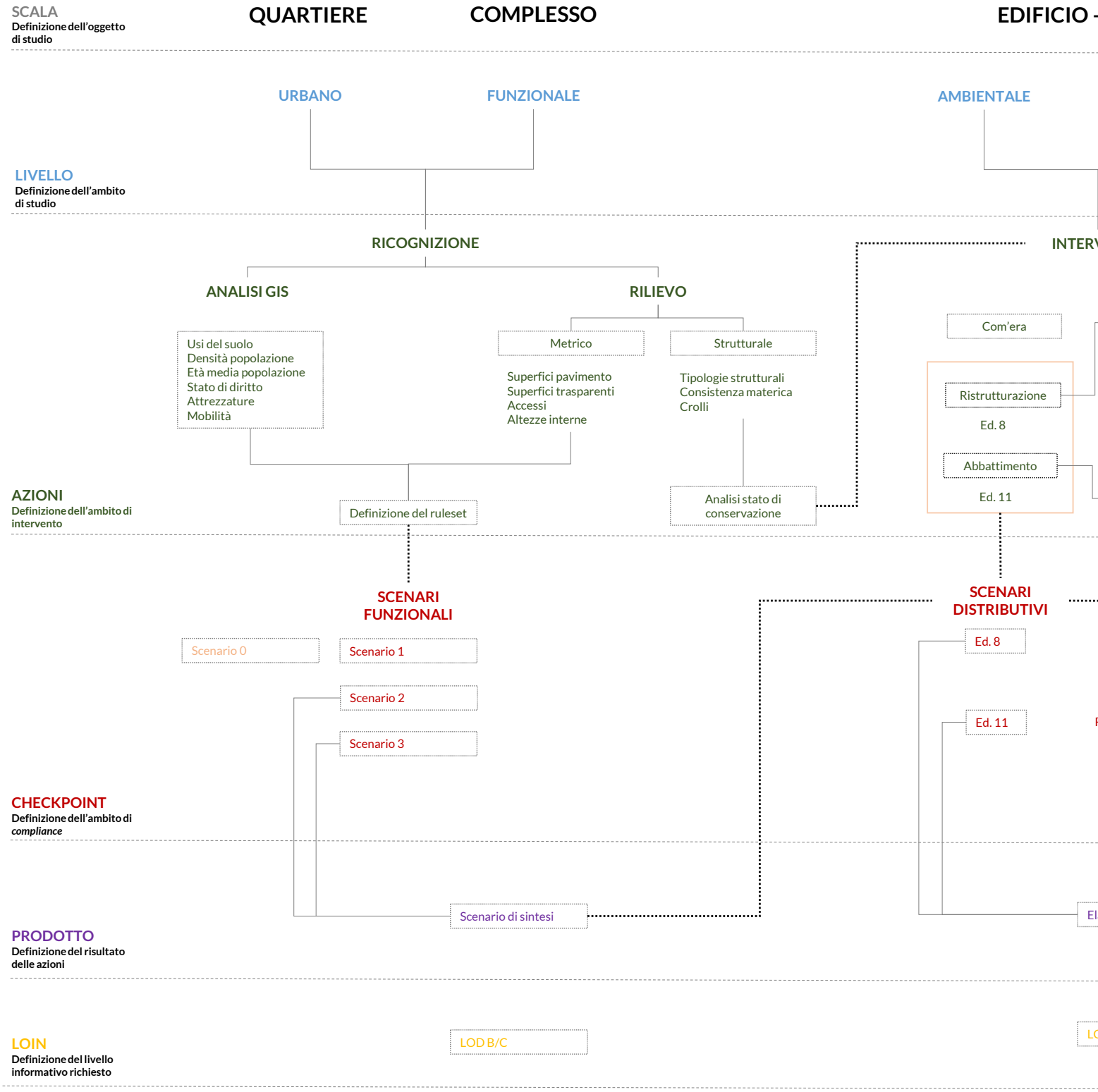
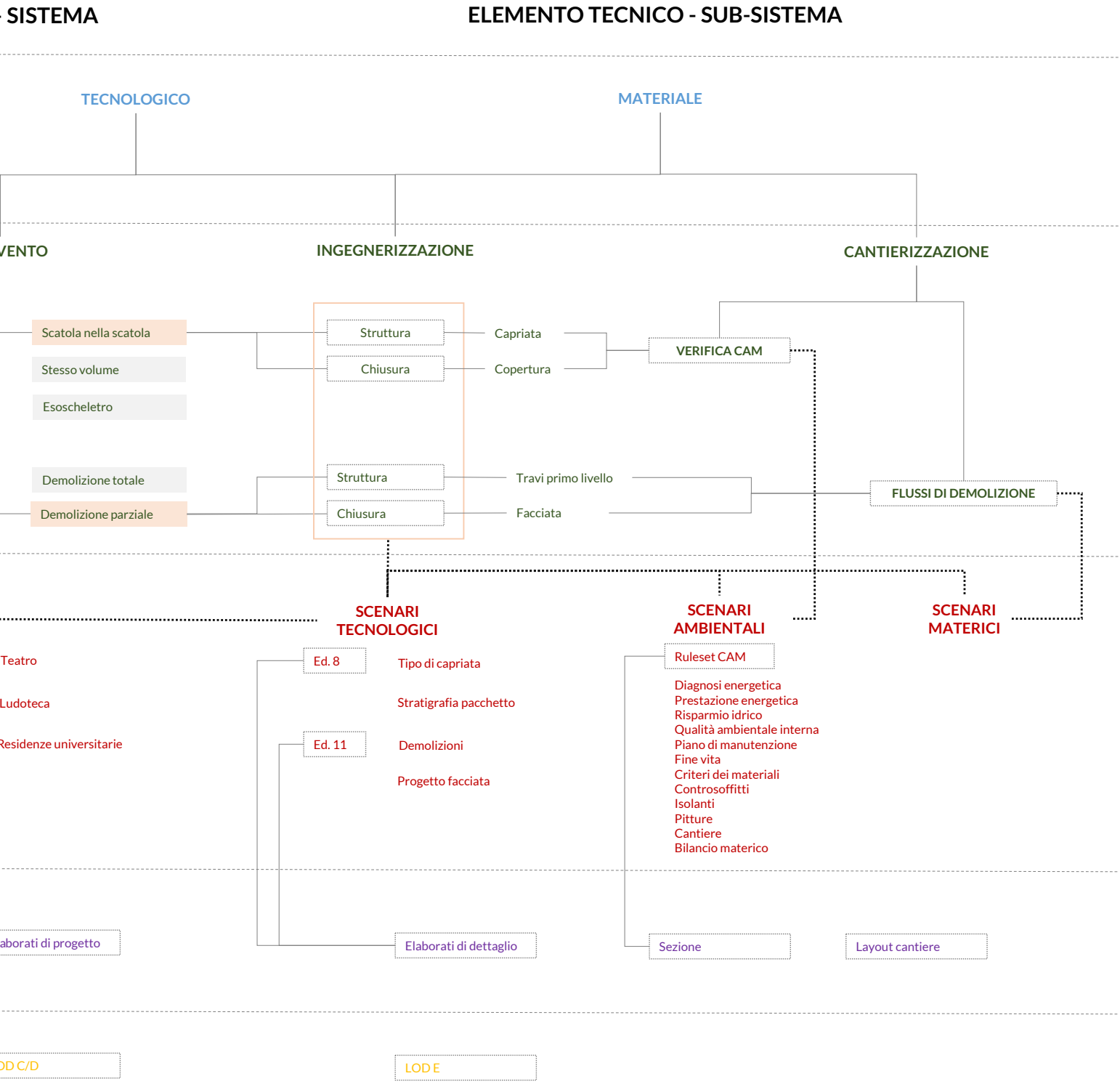


Figura 51 - Piani operativi della metodologia.


- SISTEMA
ELEMENTO TECNICO - SUB-SISTEMA
TECNOLOGICO
MATERIALE
VENTO
INGEGNERIZZAZIONE
CANTIERIZZAZIONE
Scatola nella scatola
Stesso volume
Esoscheletro
Demolizione totale
Demolizione parziale
Struttura
Chiusura
Struttura
Chiusura
Capriata
Copertura
Travi primo livello
Facciata
VERIFICA CAM
FLUSSI DI DEMOLIZIONE
SCENARI TECNOLOGICI
SCENARI AMBIENTALI
SCENARI MATERICI
Teatro
Ludoteca
Residenze universitarie
Ed. 8
Ed. 11
Tipo di capriata
Stratigrafia pacchetto
Demolizioni
Progetto facciata
Ruleset CAM
Diagnosi energetica
Prestazione energetica
Risparmio idrico
Qualità ambientale interna
Piano di manutenzione
Fine vita
Criteri dei materiali
Controsoffitti
Isolanti
Pitture
Cantiere
Bilancio materico
aborati di progetto
Elaborati di dettaglio
Sezione
Layout cantiere
OD C/D
LOD E

Le verifiche di compliance consentono di elaborare una serie di scenari di rifunzionalizzazione conformi che, come nel caso del progetto per l'area Corradini, attraverso l'interlocuzione con le amministrazioni e con gli stakeholder possono condurre alla definizione di ulteriori scenari "di sintesi", tra le varie alternative proposte.
Alla scala dell'edificio (sistema edilizio), il livello di definizione dell'ambito di studio riguardano i singoli fabbricati all'interno del complesso, scomposti in sistema ambientale e sistema tecnologico: il primo, per la definizione di scenari distributivi; il secondo, per la definizione di scenari tecnologici. Interpolando gli esiti dei rilievi con tre possibilità di intervento ("com'era"; "ristrutturazione"; "abbattimento"), è possibile individuare scenari operativi basati sul tipo di intervento scelto rapportato al grado di conservazione dei fabbricati. Il "com'era" necessita l'attestazione di un buon livello di conservazione, e non prevede la definizione di scenari di intervento. La "ristrutturazione" necessita l'attestazione di un medio livello di conservazione, e prevede tre scenari di intervento: "scatola nella scatola", ossia conservazione delle chiusure preesistenti e intervento all'interno del volume del fabbricato; "stesso volume", che prevede l'adeguamento del volume già esistente; "esoscheletro", che prevede l'intervento al di fuori del volume esistente. L'"abbattimento" necessita l'attestazione di un cattivo grado di conservazione e può prevedere la demolizione parziale o totale del fabbricato, a seconda della gravità o dell'utilità di tale intervento. Le verifiche di compliance consentono di elaborare una serie di scenari distributivi conformi, in riferimento al sistema ambientale.
Dal punto di vista tecnologico, le tipologie di intervento consentono di definire ulteriori scenari di ingegnerizzazione del progetto, che possono riguardare (in "ristrutturazione" e "abbattimento/demolizione parziale") strutture e chiusure. Le verifiche di compliance consentono di elaborare scenari tecnologici conformi, in riferimento al sistema tecnologico.
Alla scala dell'elemento tecnico e del sub-sistema, infine, il livello di definizione dello studio riguarda l'ambito materiale delle scelte, sia dal punto di vista dell'ingegnerizzazione di progetto che di cantierizzazione. Rispetto al primo, le verifiche di compliance consentono di elaborare una serie di scenari conformi, ad esempio, con i CAM. Rispetto al secondo, le verifiche di compliance possono consentire di elaborare una serie di scenari di cantierizzazione per la definizione di flussi di demolizione e di rifiuti, orientati al riutilizzo delle materie di scarto all'interno di cicli on-site o off-site. In entrambi i casi, la ricerca approfondisce la possibilità di introdurre processualità file-to-factory in cantiere.

3.3.2 Approcci decisionali "tailor-made": procedure di conformità normativa BIM per la verifica ex ante delle alternative progettuali

L'attività è finalizzata all'elaborazione di una procedura di rifunzionalizzazione basata sulla definizione di scenari alternativi conformi in ambiente BIM.
Le procedure di conformità normativa BIM introducono meccanismi di auto-verifica per 'validare' in maniera iterativa le ipotesi progettuali, incorporando la complessità del reale in un processo dialogico e ricorsivo. 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 normativa tra due o più entità digitali posizionate nell'ambiente virtuale di modellazione.
La UNI 11337:2017- parte 5 identifica, più precisamente, tre attività di coordinamento e verifica (Fig. 52):
- 'Clash Detection', ossia analisi e controllo delle interferenze geometriche tra oggetti digitali;
- 'Model Checking', intesa come analisi e controllo della coerenza geometrica e informativa degli oggetti digitali;
- 'Code Checking', finalizzata a individuare difformità normativa di oggetti e ambienti digitali.

Per quanto riguarda la Clash Detection, vengono individuate tre categorie di interferenze (Fig. 53):
- Le *Hard Clash*, sono quelle interferenze caratterizzate da un'effettiva intersezione di due o più oggetti. Un tubo dell'acqua che si sovrappone ad un condotto dell'areazione o l'impianto antincendio che va in conflitto con le strutture sono gli esempi più classici;
- Le *Soft Clash* (altrimenti dette *Clearance Clash*) sono quelle interferenze caratterizzate da

una vicinanza inadeguata tra due elementi. Se ad esempio alcuni impianti si surriscaldano è necessario che siano debitamente spaziati per evitare di danneggiarsi o danneggiare gli elementi adiacenti;
- *Le Workflow Clash* sono tutte quelle interferenze che si verificano tra le varie fasi al momento della costruzione. È il tipo di interferenza più sottovalutata ma spesso è anche la più costosa e difficile da risolvere. Potrebbe infatti essere impossibile montare un determinato elemento se prima ne viene montato un altro, la consegna dei materiali potrebbe essere programmata in ritardo rispetto alla lavorazione in cui devono essere impiegati, o addirittura potrebbe essere molto pericoloso per gli operai lavorare ad una fase mentre ci sono dei macchinari in movimento nelle vicinanze.

A queste categorie di Clash si aggiunge il concetto di Collision level che definisce i livelli di criticità delle suddette collisioni. Il livello 1 è quello con massima criticità e deve essere risolto immediatamente all'interno del modello. Il livello 2 ha alta criticità ma può essere risolto in fase di riunione di coordinamento. Il livello 3 comprende collisioni importanti ma in continuo divenire ed è quindi accettabile che vengano risolte solo in chiusura di una fase.
Per quanto riguarda il Model checking, i controlli possono riguardare:
- verifiche di misure minime sugli elementi principali, su arredi e terminali;
- verifiche di eventuali elementi doppi oppure parzialmente sovrapposti;
- controllo di assegnazione corretta di tutti gli spaces (locali) del progetto;
- verifiche dell'assegnazione su ciascun elemento di codici di computazione (codice catalogo, codice Wbs, ecc);
- controllo di appartenenza al piano di ciascun elemento presente nel modello;
- controlli di gerarchia tra i componenti (telaio assegnato al foro finestra, assegnato a sua volta alla parete);
- verifiche di spazi liberi attorno ad un elemento specifico (porta, finestra, estintore, ecc);
- controllo della presenza di dispositivi oppure arredi specifici all'interno dei locali.

L'attività di Code Checking dà la possibilità di verificare e gestire eventuali incoerenze a prescrizioni di progetto o a normative tecnico/ legislative del modello è molto utile perché consente la creazione di database di regole da controllare, l'interoperabilità con modelli di diverse discipline, la trasmissione semplificata delle eventuali incongruenze evidenziate, il computo metrico degli elementi immessi.
Per poter meglio identificare ruoli, soggetti e fasi temporali per le analisi di coordinamento, la norma UNI identifica tre livelli gerarchici di verifica:
- Il coordinamento di primo livello (LC1) è riferito all'attività di analisi e controllo delle informazioni all'interno di un singolo modello, affinché non sussistano lacune e ridondanze di dati quando l'elaborato viene rilasciato per l'utilizzo con le altre discipline.
- L'attività LC2 è riferita al coordinamento dei dati di modello tra due o più discipline coinvolte nella progettazione. Le operazioni generalmente eseguite riguardano la prevenzione/correzione delle interferenze geometriche (Clash Prevent, Clash Detection) e il controllo del rispetto dei vincoli normativi (Code Checking) funzione dei volumi modellati e delle performance attese.
- Il coordinamento LC3 definisce le attività legate alla soluzione di interferenze ed incoerenze tra dati/informazioni/contenuti informativi generati da modelli grafici ed elaborati non derivati da applicativi BIM Authoring. Pervenire alla definizione di elaborati documentali derivanti da un modello BIM comporta la risoluzione dei diversi conflitti riscontrabili nei livelli di coordinamento LC1 e LC2. Tali momenti di controllo, in altri termini, svolgono il ruolo di certificare l'adeguatezza delle informazioni disponibili ad un dato momento, alla specifica fase di sviluppo del processo.

Al fine di garantire agli attori del processo il consapevole utilizzo di modelli ed elaborati (e quindi del relativo contenuto informativo da essi veicolato), le UNI 11337 hanno particolarmente curato questo aspetto, precisando una metodologia che palesasse "il livello di usabilità" delle informazioni. Per ogni modello o elaborato (e connessi contenuti informativi), dovrà essere possibile definire uno Stato di Lavorazione e uno Stato di Approvazione. Il passaggio da uno stato di lavorazione al successivo sarà subordinato all'esecuzione di verifiche, il cui esito (valutazione) sarà l'indicazione di uno stato di approvazione, che potrà autorizzare o meno l'effettuazione del passaggio stesso.
La verifica V1 interna formale è la prima ad essere eseguita su un modello. Viene condotta a

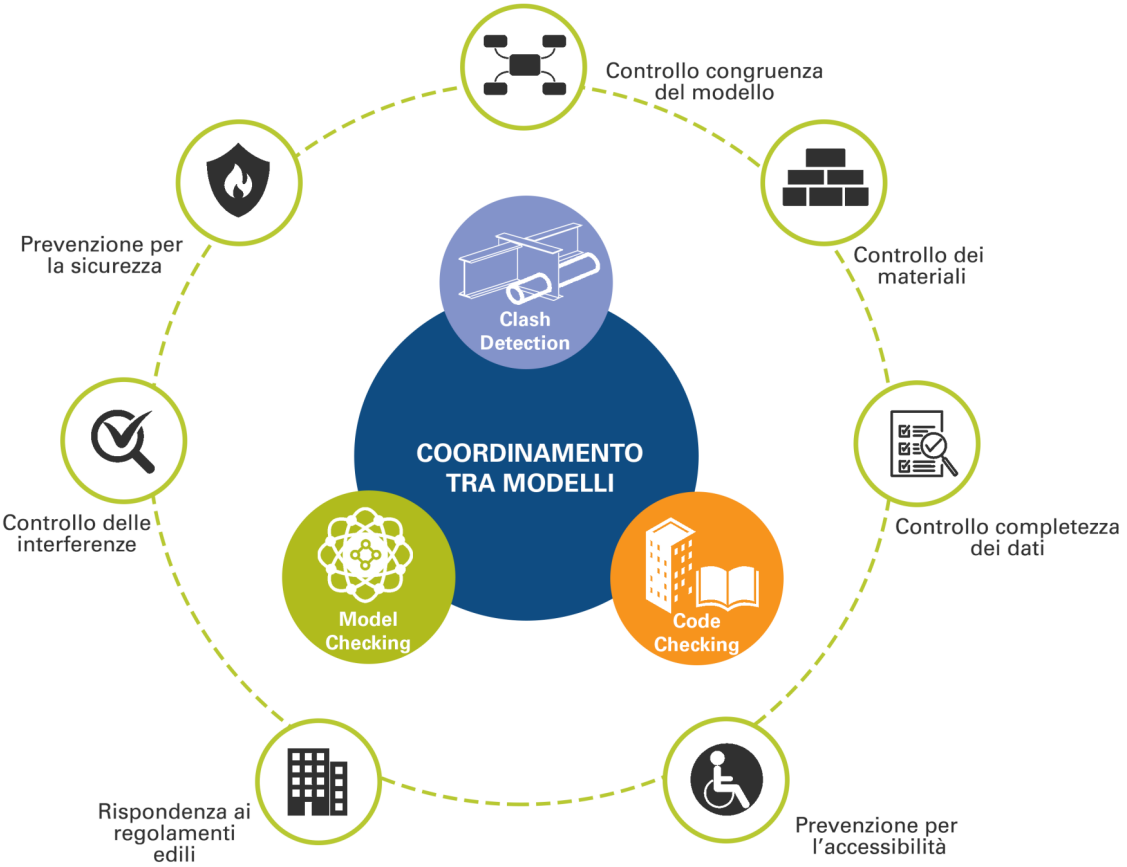


Fig. 52 - Fasi di Coordinamento BIM del progetto. Credits: Arch. Fiorella Zullo.

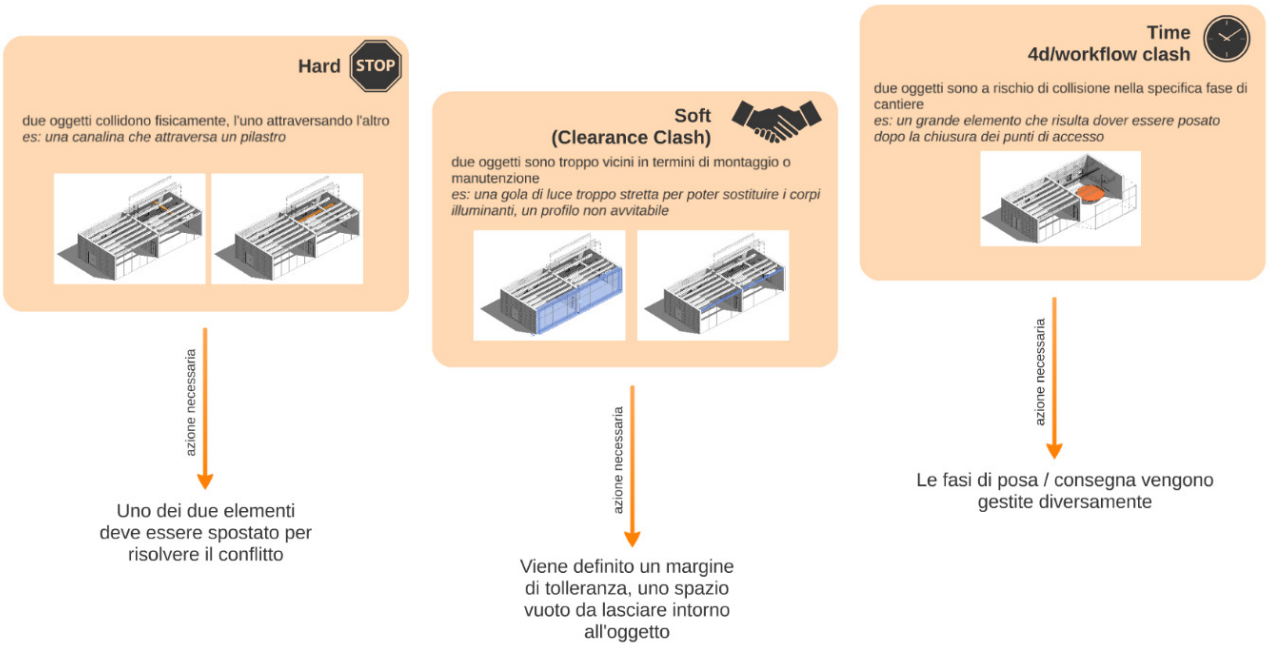


Fig. 53 - Categorie di Clash Detection.

seguito di controllo LC1. Le attività interessate da questa verifica riguardano modelli digitale in fase di elaborazione per i quali vengono esaminate le procedure di produzione delle informazioni (grafiche/non grafiche) secondo quanto stabilito nei documenti di gara.
Risulta evidente, in contrasto con lo schema in Fig. 54, come l'originalità della ricerca si attesti, su un piano operativo, nell'introduzione di momenti di verifica normativa a valle del processo di progettazione, all'interno dei confini delineati dalla possibilità di elaborare e sperimentare tale metodologia per la rifunzionalizzazione di edifici esistenti.
I sistemi automatizzati di verifica delle regole sono generalmente organizzati in quattro fasi. La fase uno comprende l'interpretazione e lo sviluppo delle regole e l'organizzazione logica delle regole per la loro applicazione. Nella seconda fase, viene eseguita la generazione dei dati del modello di costruzione. Questa fase inizia a verificare le informazioni necessarie richieste. La terza fase è la fase di esecuzione, che effettua l'effettiva verifica della conformità delle regole. L'ultima fase è la comunicazione dei risultati del controllo di conformità.
I ruleset adottati per l'applicazione dei protocolli di Model e Code Checking, hanno compreso:

- analisi delle proprietà del sito, come orientamento, ventilazione e posizione rispetto ai principali accessi;
- analisi dimensionali degli spazi (area, altezza, perimetro, volume);
- analisi dimensionali delle superfici vetrate e rapporti aeroilluminanti;
- condizioni di sicurezza (ad esempio, numero di porte d'uscita di sicurezza rispetto alle prescrizioni per la funzione ipotizzata);
- condizioni di accessibilità.

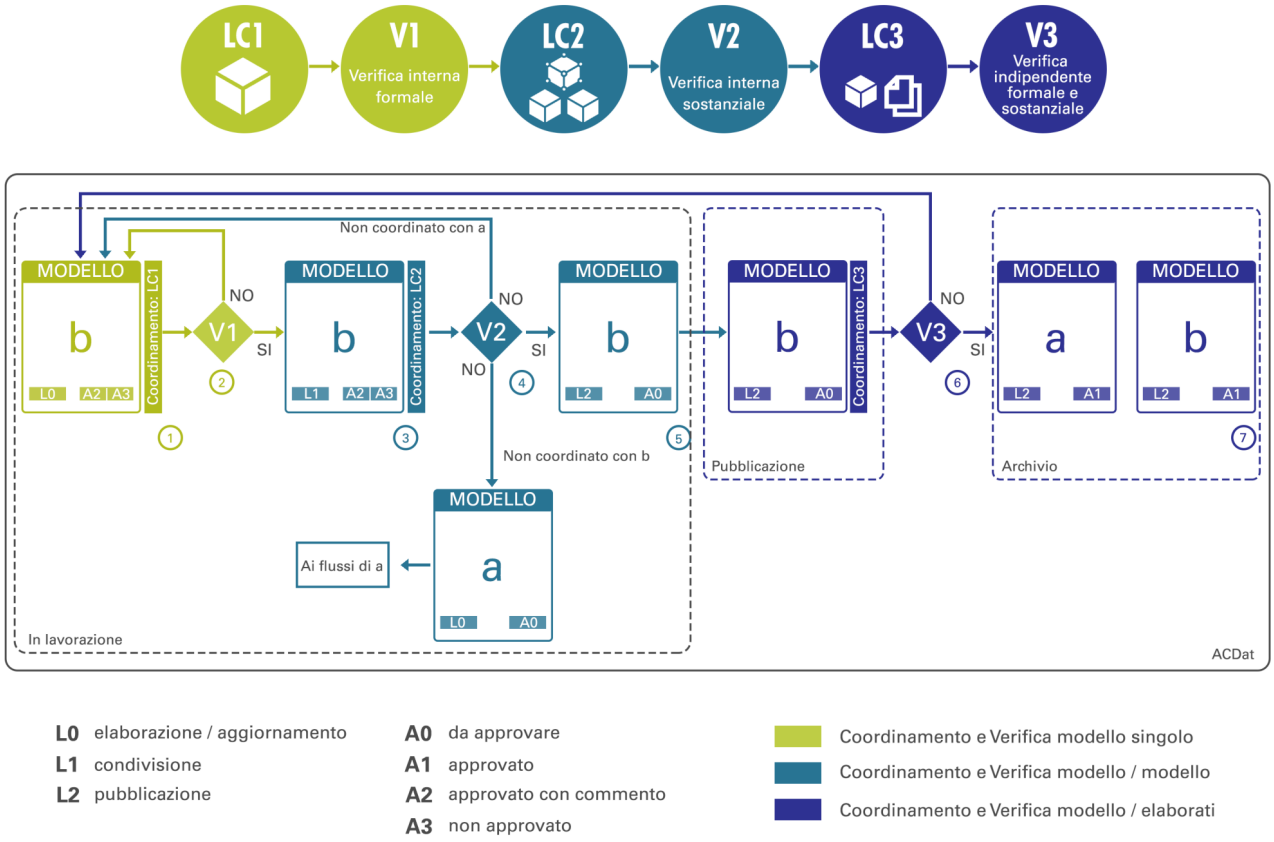


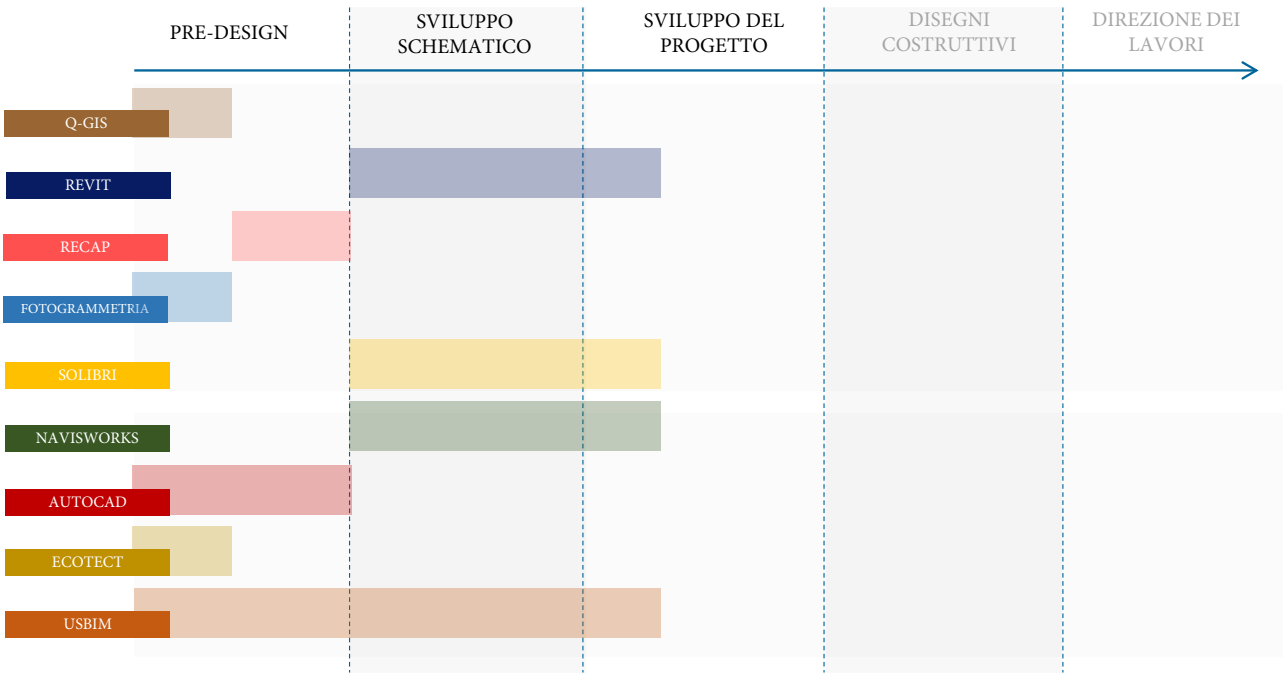
Figura 54 -Approvazione e verifica di un elaborato in un flusso di lavoro BIM. Credits: Arch. Fiorella Zullo.

Inoltre, sono state definite le regole di Clash Detection tra gli oggetti digitali affinché fossero individuate:

- intersezione tra componenti di uguale categoria (quest'ultima intesa, in linea di massima, come classi di elementi tecnici secondo la norma UNI 8290:1981);
- intersezione tra componenti di diversa categoria;
- intersezione tra altri elementi.
- Infine, è stata implementata una Space Analysis sul sistema ambientale, al fine di verificare:
- la distanza tra le unità funzionali;
- l'area totale per piano rispetto alle dimensioni minime stabilite per ogni unità funzionale.

L'intera attività svolta di analisi e di sviluppo delle possibilità alternative di rifunzionalizzazione dell'area, vede pertanto il supporto di procedure e strumenti BIM-based. Centrale all'intero processo, la realizzazione di un modello informativo del complesso industriale "Corradini", rappresentativo della configurazione attuale.
Dal modello informativo è stato possibile estrapolare informazioni sulla consistenza materica degli edifici e sulle quantità di massima in pianta e in alzato (superfici utili, altezze massime di imposta delle coperture).

Figura 55 - Definizione del ruleset perl'analisi di Code Checking. Credits_ Arch. Fiorella Zullo.



Workflow dei software adoperati per la gestione digitale dell'informazione nel progetto.

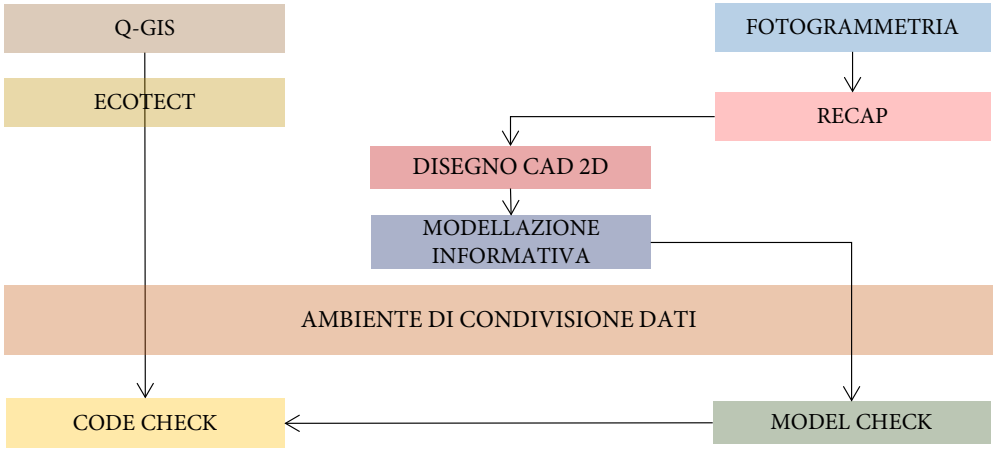
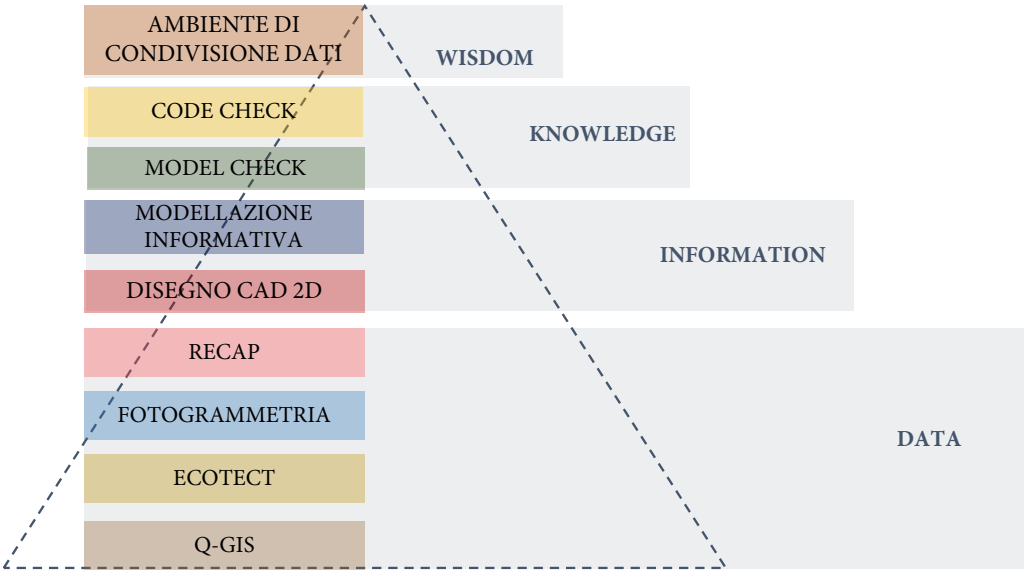


Diagramma dei flussi informativi tra discipline e segmenti del progetto



Piramide DIKW

3.3.3 Approcci decisionali "computazionali": elaborazione e verifica automatizzata della conformità delle alternative progettuali

L'attività prevede l'impostazione di una metodologia per l'elaborazione di scenari di progetto alternativi mediante processi computazionali basati sullo sviluppo di algoritmi generativi. Tali scenari, definiti a partire da un set di parametri di base, sono verificabili sia in termini distributivi, mediante Model e Code Checking, che tecnologici, mediante confronto con i CAM attraverso la connessione tra ambiente di modellazione BIM e strumenti computazionali di VPL (Autodesk Dynamo).
L'elaborazione di scenari distributivi parte dall'analisi delle caratteristiche del fabbricato oggetto di intervento, in termini di perimetro, altezza, superficie di pavimento, posizione degli accessi e posizione e superficie delle aperture (per ogni livello del fabbricato). In secondo luogo, vengono definite le caratteristiche dimensionali degli spazi da organizzare, in termini di programma funzionale. Questi dati risultano fondamentali per impostare parametri di ottimizzazione spaziale, che sono dipendenti da un set di requisiti di progetto, quali ad esempio coefficienti di illuminazione naturale (distinzione tra spazi che necessitano o non necessitano di luce naturale), di adiacenza (vicinanza tra due o più ambienti per la creazione di connessioni tra gli spazi) e di flessibilità (valutata in termini spaziali come superficie utilizzabile per consentire alle unità ambientali di "espandersi" senza per questo diminuire la superficie utile delle altre attività). Nel caso di intervento nel patrimonio costruito, inoltre, i dati del fabbricato costituiscono vincoli, ossia invarianti del processo di ottimizzazione, che segnano il confine dell'esplorazione automatizzata di scenari progettuali. Allo stesso modo, simulata attraverso software di analisi ambientale, vengono definite le zone che sono più o meno illuminate naturalmente, in modo da definire aree separate nelle quali collocare gli spazi a seconda del coefficiente di illuminazione naturale.
Stabiliti vincoli, volumi dei nuovi locali da collocare e relativi coefficienti di ottimizzazione, l'algoritmo "generatore" elabora una moltitudine di possibili scenari spaziali, i quali passano al vaglio di un algoritmo "valutatore" che seleziona quelli maggiormente in grado di soddisfare i coefficienti degli spazi. Tra questi, attraverso l'interfaccia Refinery di Autodesk, è possibile stabilire filtri di selezione più stringenti, sulla base non solo della rispondenza degli scenari ai requisiti, ma anche all'"intensità" con la quale essi sono effettivamente compatibili con le richieste di progetto. In questo senso, gli scenari elaborati rappresentano gradienti di soluzioni che, nella loro numerosità, presentano tra loro differenze minime. Lo strumento Refinery, perciò, consente di filtrare le opzioni progettuali stabilendo una classificazione degli esiti per obiettivi, ossia permette di ponderare l'attività di selezione rispetto alla specifica corrispondenza ai parametri di partenza.
Le opzioni scelte a seguito del processo di Refinery computazionale possono essere approfondite in termini progettuali e sottoposte ad ulteriore verifica di Code Checking, stabilendo un ruleset in ambiente Solibri per la verifica della conformità normativa degli scenari distributivi. Il sistema di regole, in particolare, ha riguardato criteri quantitativi desunti dal Regolamento di igiene e sanità (D.C.C. 46/2001) per ciò che concerne, ad esempio, i rapporti aeroilluminanti o le altezze minime dei locali, e dal DM 236/1989 per la verifica dell'accessibilità e del superamento delle barriere architettoniche, in termini di collegamenti verticali, dimensioni minime di locali igienici, accessi, connettivi.
Ancora in ambiente Dynamo è stato possibile sviluppare una verifica di conformità rispetto ai CAM degli scenari tecnologici, esito dell'approfondimento degli scenari distributivi, mediante l'implementazione di un algoritmo in grado di estrapolare e confrontare le caratteristiche tecniche di materiali e componenti dal modello in ambiente BIM.
Il processo, nello specifico, prevede:

1. Modellazione in BIM dello stato dei luoghi
2. Modellazione in BIM dei possibili scenari progettuali, con particolare attenzione all'inserimento delle opportune informazioni utili ai fini della verifica CAM
3. Estrazione dei parametri per ogni componente e/o spazio tramite algoritmo Dynamo (plug-in Revit), attivabile come player (quindi pre-impostato). L'algoritmo consente di esportare in Excel le informazioni necessarie per effettuare verifiche quantitative.
4. Verifiche dinamiche e confronti tra le diverse soluzioni/scenari di progetto. I file Excel di base in cui vengono esportate le informazioni estratte dal modello sono opportunamente strutturati in modo da restituire grafici di confronto di facile lettura. Ad ogni cambiamento nel modello corrisponde un aggiornamento istantaneo dei grafici.

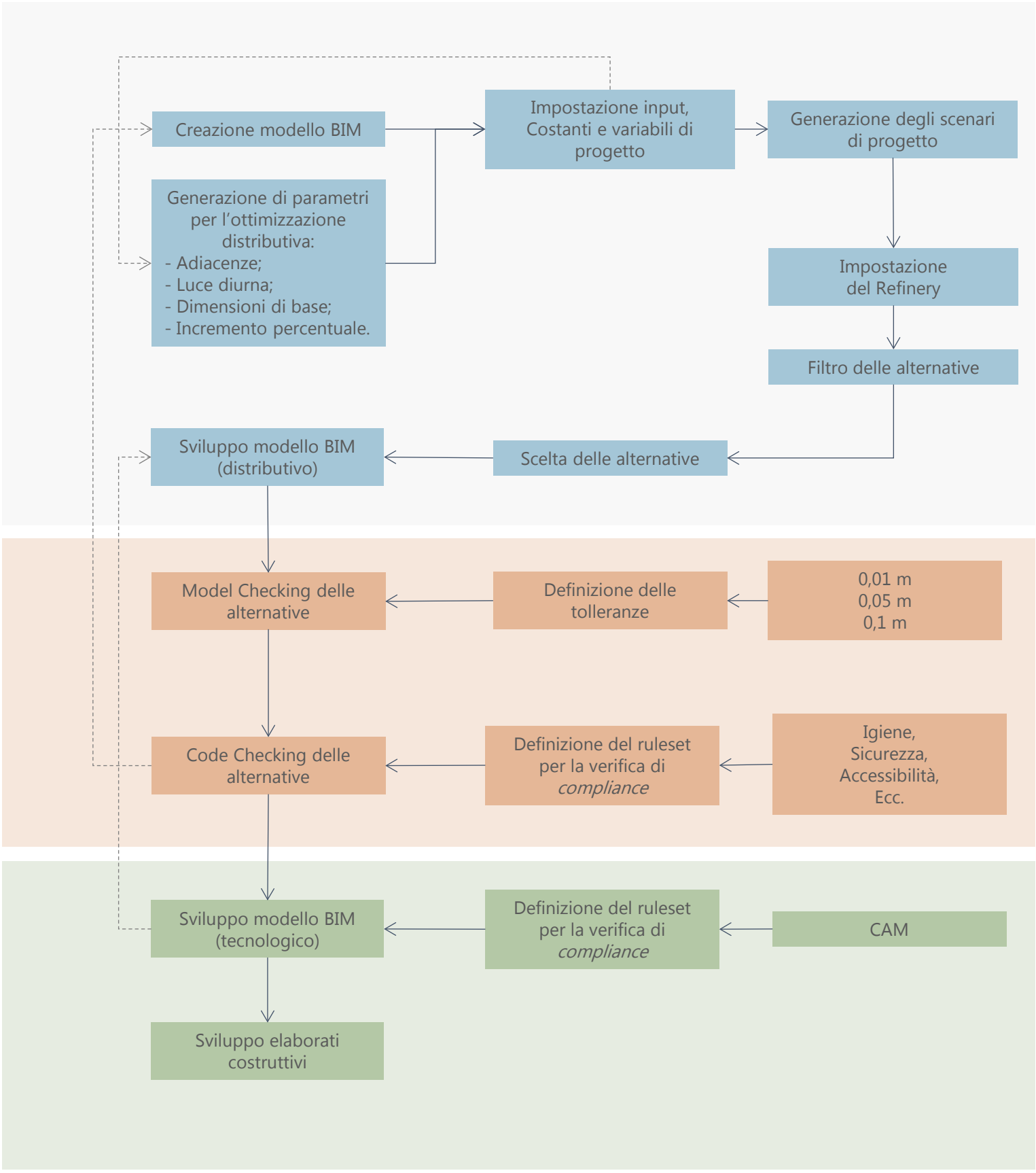
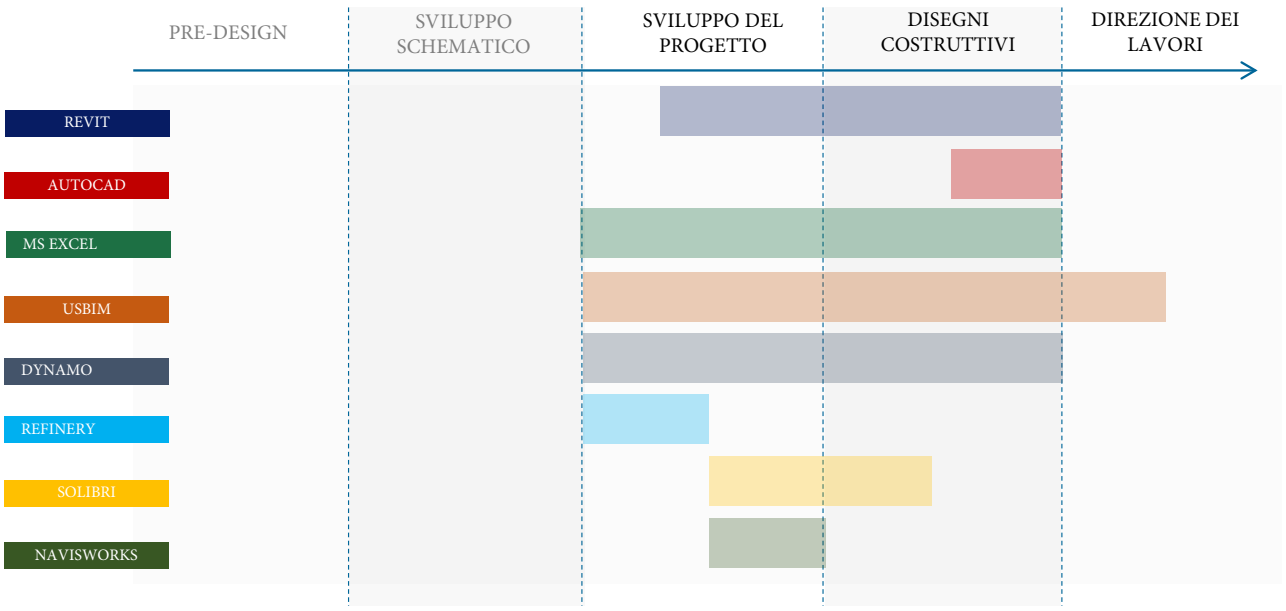


Figura 56 -Flusso di lavoro per la generazione e verifica di scenari distributivi e tecnologici.



Workflow dei software adoperati per la gestione digitale dell'informazione nel progetto.

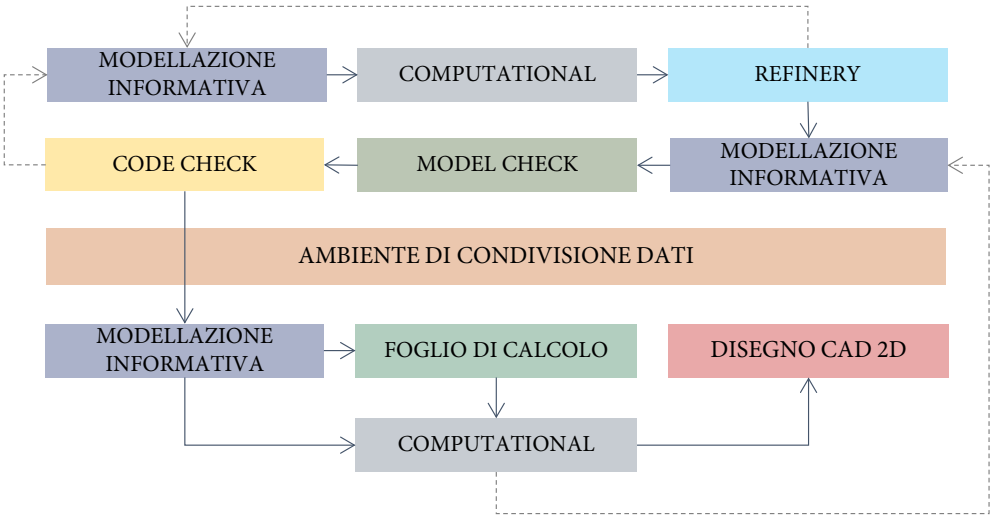
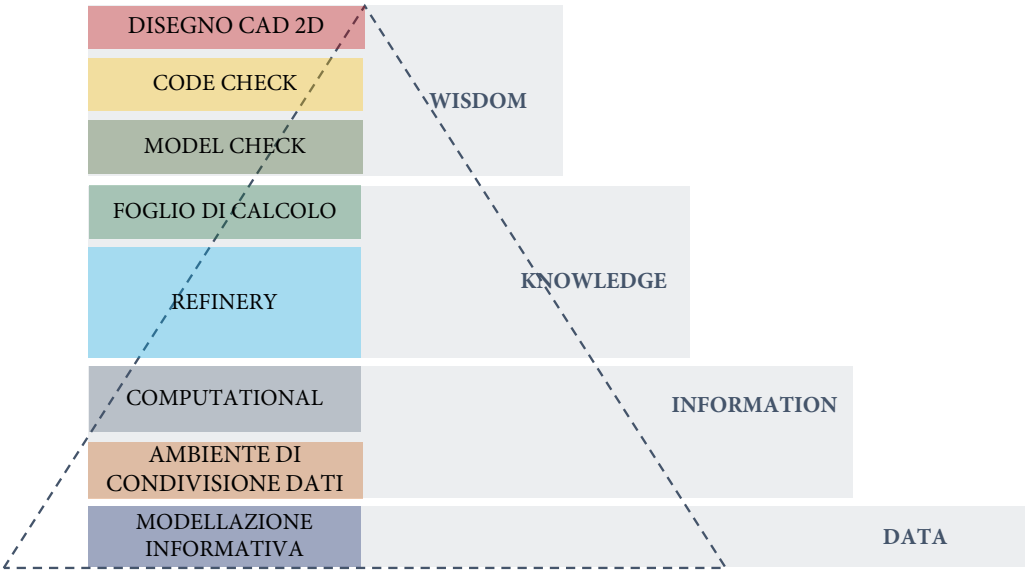


Diagramma dei flussi informativi tra discipline e segmenti del progetto



Piramide DIKW

3.3.4 Approcci decisionali "simulativi": verifiche di conformità data-driven per l'eco-efficienza del ciclo di vita alla scala del prodotto

L'attività si incentra sull'implementazione di strumenti a supporto delle Pubbliche Amministrazioni per facilitarne il processo di decision-making in un'ottica di miglioramento delle strategie decisionali nella gestione e manutenzione del patrimonio esistente. In virtù di ciò, la ricerca individua nell'ambito del caso studio dell'area ex-industriale "Corradini" di Napoli, il tema della ricostruzione di alcune delle chiusure orizzontali di copertura crollate, intervenendo sulla soluzione avanzata dal Comune di Napoli all'interno del PFTE del 2014.
Confrontando le possibilità offerte dagli strumenti attualmente disponibili per la valutazione e la quantificazione della sostenibilità ambientale in edilizia, è stato deciso di svolgere l'attività all'interno di flussi di lavoro interoperabili tra il software di BIM Authoring Autodesk REVIT e il plug-in Tally. La prima fase di sperimentazione ha previsto un'analisi orientata alla scelta del materiale isolante, all'interno di una casistica comprendente i principali materiali abitualmente adoperati in interventi analoghi e prodotti in Italia. Nella seconda fase, lo studio ha incluso l'intero sistema di copertura, con l'obiettivo di verificare le principali criticità della soluzione prevista dal PFTE, integrata con il nuovo materiale isolante.
Pur nelle promettenti possibilità offerte dall'approccio sperimentato, i risultati dimostrano come le potenzialità descritte risultino ancora limitate in riferimento alla specificità del mercato delle costruzioni nazionali, sia in termini di disponibilità di dati che di configurazione delle piattaforme software, all'interno delle quali emerge soprattutto una minore predisposizione all'applicazione in casi di riqualificazione del patrimonio esistente.
Digitalizzazione e sostenibilità ambientale rappresentano, soprattutto nel settore delle costruzioni, due linee di indirizzo fondamentali per orientare lo sviluppo del comparto verso una maggiore efficienza e qualità delle opere. Se una migliore gestione dei dati risulta cruciale per una migliore gestione delle risorse, attraverso una verifica costante e iterativa delle performance del processo edilizio, è anche vero che l'applicazione di modelli di processo innovativi basati sull'integrazione tra BIM e LCA necessita di essere verificata nella sua scalabilità rispetto agli ambiti e ai contesti in cui viene calata.
I principi dei CAM richiamano procedure di analisi riferibili al cosiddetto Life Cycle Assessment - LCA, originariamente definito alla fine degli anni '60 con l'obiettivo di superare l'approccio per parti alla valutazione della sostenibilità dei processi produttivi, allargando piuttosto il punto di vista a tutto il ciclo di vita del prodotto, coinvolgendo l'intera filiera del processo produttivo, per stimarne in modo scientifico il consumo di risorse e di generazione dei rifiuti.
Secondo tale approccio, infatti, un prodotto non viene considerato ecologico perché realizzato con materiali riciclati, ma viene valutato in che misura esso possa aver richiesto un consumo energetico importante in fase, ad esempio, di produzione o trasporto, tale da ridurre o annullare i benefici derivanti dall'utilizzo di risorse provenienti da filiere di recupero degli scarti. Oltre, quindi, ad ampliare lo spettro di valutazione di un prodotto, un'analisi di tipo Life-Cycle consente di confrontare il comportamento ambientale di più soluzioni alternative, così come per individuare possibili miglioramenti lungo il ciclo di vita di uno specifico prodotto. In architettura e in edilizia, in particolare, un approccio orientato al LCA può collocarsi già nelle prime fasi del processo, influenzando così le decisioni prese dai progettisti e quindi determinando ricadute possibilmente positive sulle scelte lungo tutta la filiera.
Il LCA «*racconta la storia quantitativa di ogni materia prima estratta dalla terra e l'energia necessaria per elaborarla, consegnarla e mantenerla come un prodotto finito o un servizio, così come ciò che resta da trattare dopo che non serve più al suo scopo principale a conclusione del suo ciclo di vita*» (Cays, 2017). In un'ottica LCA, quindi, l'ecocompatibilità di un prodotto o di una soluzione tecnica non deriva esclusivamente dal profilo ambientale del singolo componente, ma piuttosto dalla sua interrelazione con il sistema edificio e da come questo "reagisce": pertanto, non esistono materiali, prodotti o tecniche costruttive eco-compatibili a priori e in assoluto, ma la loro valutazione dipende dall'uso e dall'applicazione ad un caso specifico.

Una progettazione basata sul LCA consiste, perciò, in un vero e proprio approccio al design fondato su cinque principi progettuali:

1. progettare per ridurre l'uso di materiali e di energia in tutte le fasi del ciclo di vita;
2. selezionare i materiali, i processi e le fonti energetiche non tossiche e nocive, e quelle a minor esauribilità e maggior rinnovabilità;
3. progettare manufatti che durino nel tempo ed utilizzabili ad una levata intensità;
4. progettare nell'ottica del riciclaggio, combustione o compostaggio;
5. progettare prevedendo il disassemblaggio di parti e materiali.

Una metodologia progettuale basata sul LCA colloca la riflessione sulla specifica soluzione tecnica o prodotto in una dimensione sistemica, che tiene conto del complesso delle relazioni instaurate tra edificio, componente, ambiente e industria e cantiere. Ciò determina un aumento della complessità del flusso di informazioni che alimentano l'azione progettuale, implicando la necessità di adottare nuovi metodi e strumenti, oltre che nuove cognizioni volte alla realizzazione non più di scenari statici e sequenziali di progetto, ma piuttosto alla considerazione del progetto stesso come luogo di confronto tra diverse possibilità, in un circuito ricorsivo e iterativo di feedback tra discipline e professionalità altre. L'attenzione al prodotto, inoltre, estende necessariamente la propria focalizzazione a partire dal sito di produzione del prodotto, comprendendo sia tutte le fasi precedenti alla realizzazione del componente (dall'estrazione alla lavorazione), sia tutte le fasi successive alla sua scelta (dall'installazione in cantiere ai successivi momenti di uso, gestione, dismissione o disassemblaggio).

In base ai "confini del sistema" stabiliti, entro cui condurre lo studio (Fig. 57), il LCA può riguardare tre distinti livelli:

1. valutazione degli impatti ambientali dei materiali da costruzione, che serve ai fini della certificazione ambientale di un prodotto (EPD) e permette di comparare fra loro materiali a parità di funzioni e prestazioni;
2. valutazione comparativa tra componenti tecnici e sistemi dell'edificio a parità di unità funzionale di riferimento e prestazione richiesta;
3. valutazione ambientale dell'edificio, analizzando ogni fase del suo ciclo di vita.

Fig. 57 - Approcci LCA rispetto all'estensione del ciclo di vita considerato. Credits: Arch. Mariella Tortora.

La difficoltà riconosciute ad un'ampia applicazione di metodi basati sul LCA ad un livello ampio in edilizia risiede sia nella complessità intrinseca dell'oggetto di analisi, ossia il sistema-edificio, sia nell'ancora carente disponibilità di strumenti oggettivi, semplici da utilizzare e capaci di generare risultati facilmente leggibili. Inoltre, nonostante la normativa europea incoraggi l'implementazione tale metodo e ne ricostruisca il quadro generale, il settore delle costruzioni fatica a stabilire una standardizzazione dei dati sui processi e sui prodotti da costruzioni, a causa dell'estrema eterogeneità della sua filiera e degli attori che vi partecipano. La metodologia LCA richiede nella sua applicazione in edilizia il processamento di una ingente mole di dati, a causa dell'elevata complessità ed eterogeneità che caratterizza il sistema-edificio in termini di componenti, lavorazioni, processi (Fig. 58).

In questo senso, un'integrazione tra sistemi BIM e strumenti LCA può apportare importanti vantaggi alla gestione del processo, in quanto le informazioni necessarie al fine della valutazione LCA possono essere raccolta e strutturate direttamente nel modello BIM, sin dalle prime fasi della progettazione. Il potenziale di tale approccio renderebbe così possibile verificare la sostenibilità delle scelte progettuali adottate in corso d'opera o virare verso altre più vantaggiose, potendone prevedere il comportamento in istanti diversi del ciclo di vita dell'opera. Inoltre, attingendo direttamente alle informazioni inserite nel modello viene minimizzato l'"attrito" informativo dovuto al trasferimento manuale dei dati nei software LCA, che risulta essere uno dei maggiori inconvenienti della loro applicazione.

I vantaggi, quindi, di un'integrazione tra sistemi BIM e strumenti LCA consistono in:

- evitare il trasferimento manuale dei dati;
- confrontare diverse alternative, al fine di selezionare quella in grado di garantire le migliori prestazioni ambientali;
- valutare l'intero ciclo di vita dell'edificio, ottenendo così un approccio più integrato;
- utilizzare differenti indicatori ambientali per la valutazione;
- attuare una valutazione in tempo reale, che può essere impiegata come strumento decisionale.

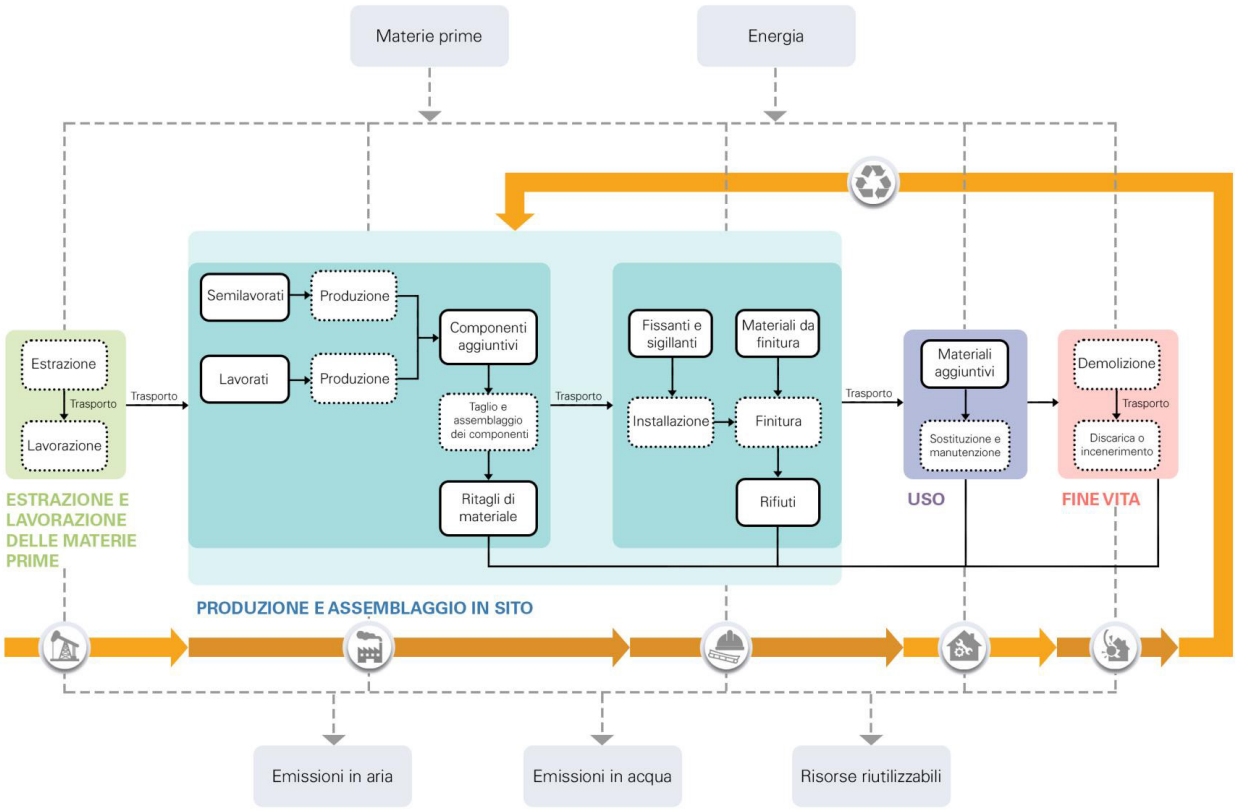


Fig. 58 - Analisi del ciclo di vita del prodotto edilizio. Credits: Arch. Mariella Tortora.

È da sottolineare che, per attuare vantaggiosamente la metodologia trattata ed analizzare l'impatto ambientale di un'opera edile secondo l'approccio "from cradle to grave" o "from cradle to cradle", ogni materiale scelto ed inserito nel modello BIM deve contenere come input tutti i dati relativi al suo ciclo di vita, dall'estrazione alla lavorazione, all'utilizzo e alla dismissione o al riciclo. La difficoltà di reperimento dei dati rappresenta, in questo senso, uno dei maggiori fattori ostativi l'utilizzo del LCA nel settore delle costruzioni.
Gli svantaggi principali dell'attuazione della metodologia all'interno degli strumenti attualmente disponibili, infatti, riguardano:

- la mancanza di una diretta consequenzialità tra analisi LCA e aggiornamento del modello. La modifica dei dati può avvenire solo tornando al software BIM e poi reimportando il modello nella piattaforma LCA;
- l'interoperabilità tra modelli BIM e strumenti di LCA, che non è stata ancora pienamente sviluppata. Attualmente, tale problema è stato superato trasferendo le informazioni del modello tramite formato IFC in un database esterno, dove può essere combinato con il database di inventario LCA.

Una delle principali sfide è rappresentata perciò dalla possibilità di poter estrarre le informazioni del modello BIM in modo maggiormente efficiente ed importarle nel software per le valutazioni LCA (Fig. 59).
La complessità dell'applicazione integrata di LCA e BIM dipende in larga parte dalla difficoltà di reperire i dati e dalla leggibilità per progettisti e Pubbliche Amministrazioni dei risultati delle analisi. Inoltre, nonostante la relativa diffusione di software e applicativi, non sono ancora presenti sul mercato specifiche soluzioni che consentano un'applicazione agevole di tali processi in riferimento al mercato delle costruzioni italiano.
In virtù di ciò, la ricerca si propone di analizzare e sperimentare una metodologia di analisi integrata BIM e LCA per la verifica delle soluzioni tecniche che tenga in conto delle specificità del contesto italiano.

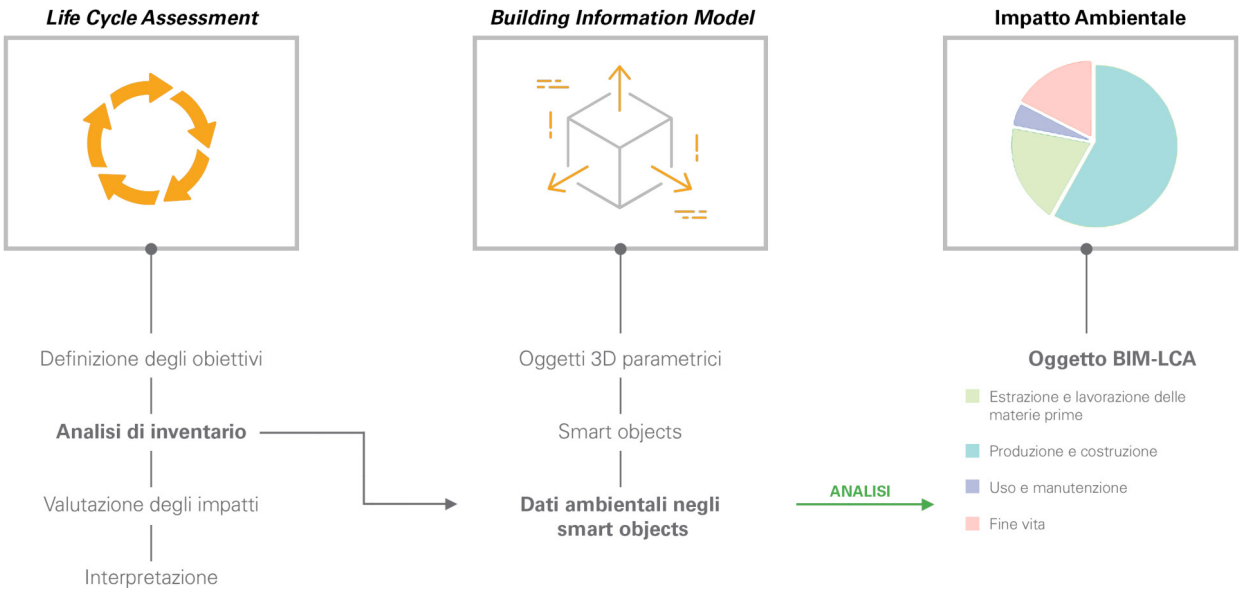


Fig. 59 - Processo integrato BIM-LCA per l'edilizia. Credits: Arch. Mariella Tortora.

Inoltre, l'esecuzione di un LCA full-building risulta un'operazione ancora dispendiosa in termini di tempo, oltre che costosa considerando una richiesta da parte del mercato ancora piuttosto limitata. In virtù di ciò, sono in corso di sviluppo implementazioni di strumenti LCA "semplificati", in grado cioè di ridurre i tempi, soprattutto per la fase di inventario, e di rendere maggiormente "user-friendly" l'applicazione del LCA durante i processi di progettazione, in modo da efficientare a monte la qualità dei flussi decisionali (Fig. 60).
Per quanto riguarda l'interpretazione dei risultati LCA, le maggiori difficoltà sono riscontrabili in termini di comparabilità tra prodotti diversi, nella loro collocazione rispetto ai differenti contesti e nella mancanza di trasparenza nei dati di base, oltre che per la loro stessa qualità e completezza. Le lacune nella conoscenza e la carenza di linee guida chiare amplificano, inoltre, i problemi legati a una ancora insufficiente consapevolezza dell'impatto che le diverse scelte metodologiche, impiegate nell'analisi, hanno sui risultati. Nonostante siano in aumento i prodotti completi di EPD - European Product Declaration, il formato dei dati, redatti prevalentemente in PDF, non ne consentono una efficace importazione nelle applicazioni software LCA. In questo contesto, il BIM rappresenta uno strumento utile per l'esecuzione di analisi LCA in edilizia. La possibilità di incorporare i dati EPD nel modello BIM per incoraggiare decisioni ecocompatibili a partire dalla fase iniziale del processo di progettazione è però ostacolata dall'assenza di linee guida chiare che indichino come estrarre e sistematizzare facilmente i dati dal BIM al fine di ridurre i tempi e migliorare la qualità dell'inventario dei materiali (Dalla Valle, 2019).

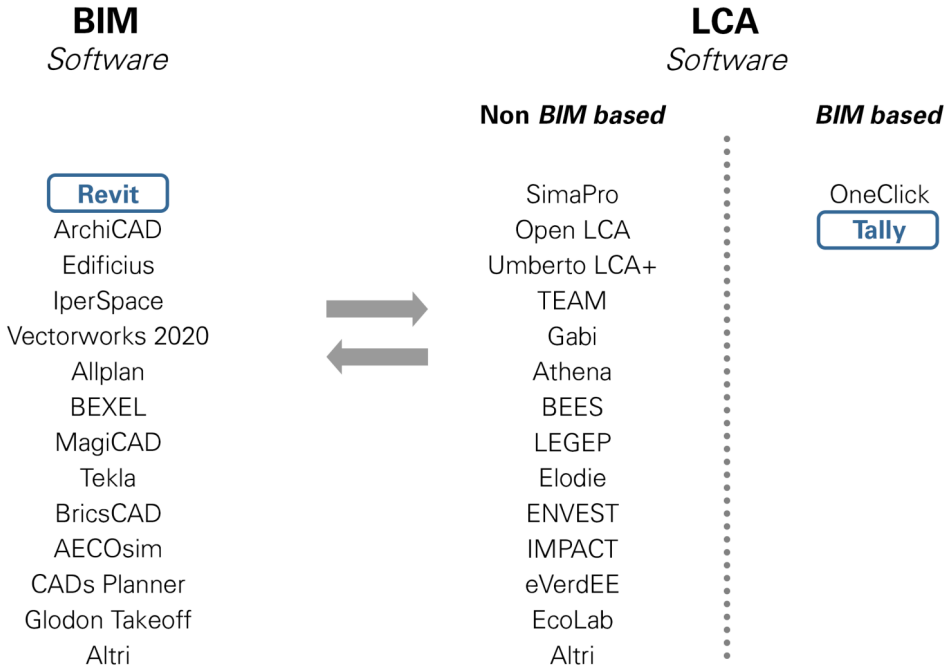
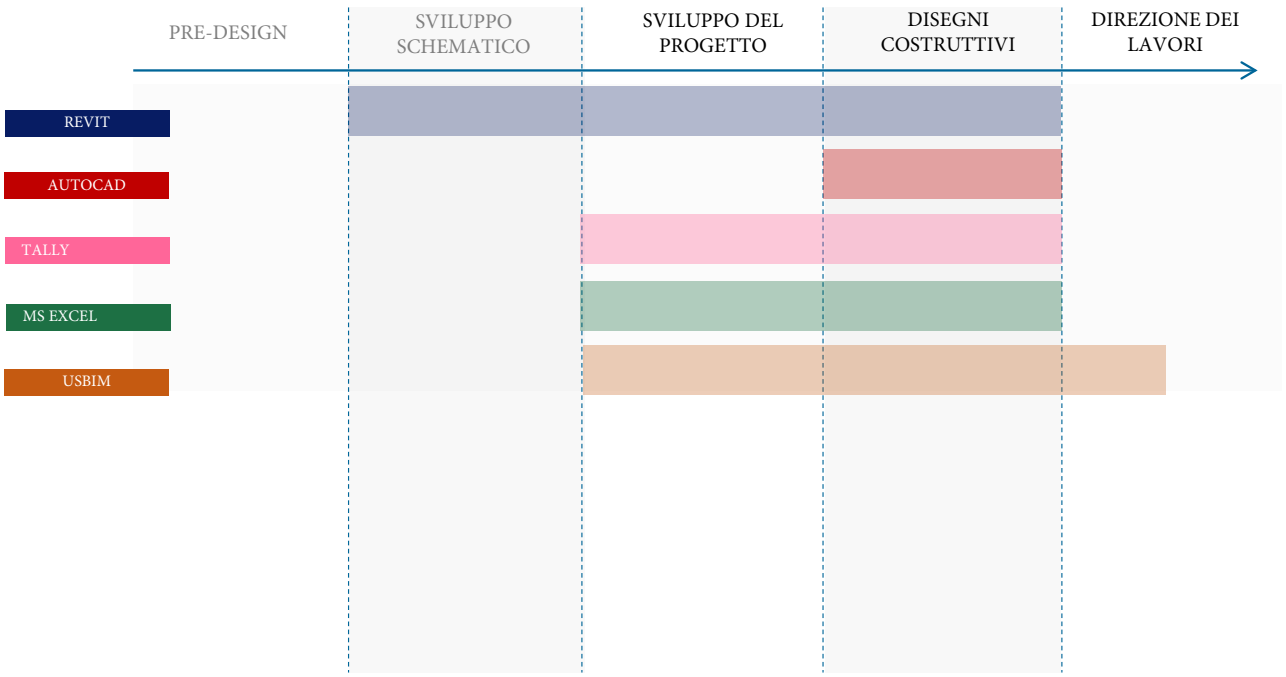


Fig. 60 - Interoperabilità tra software BIM-based e sistemi di analisi LCA in edilizia. Credits: Arch. Mariella Tortora.



Workflow dei software adoperati per la gestione digitale dell'informazione nel progetto.

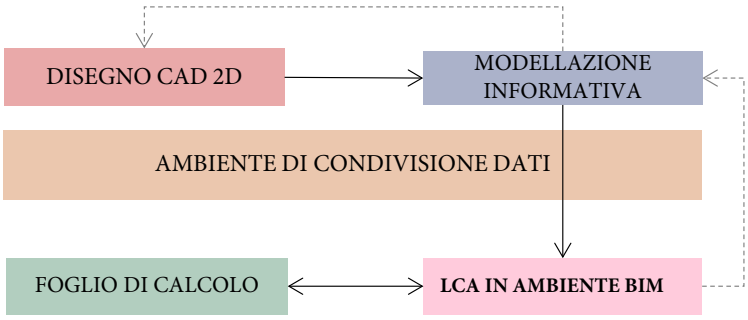
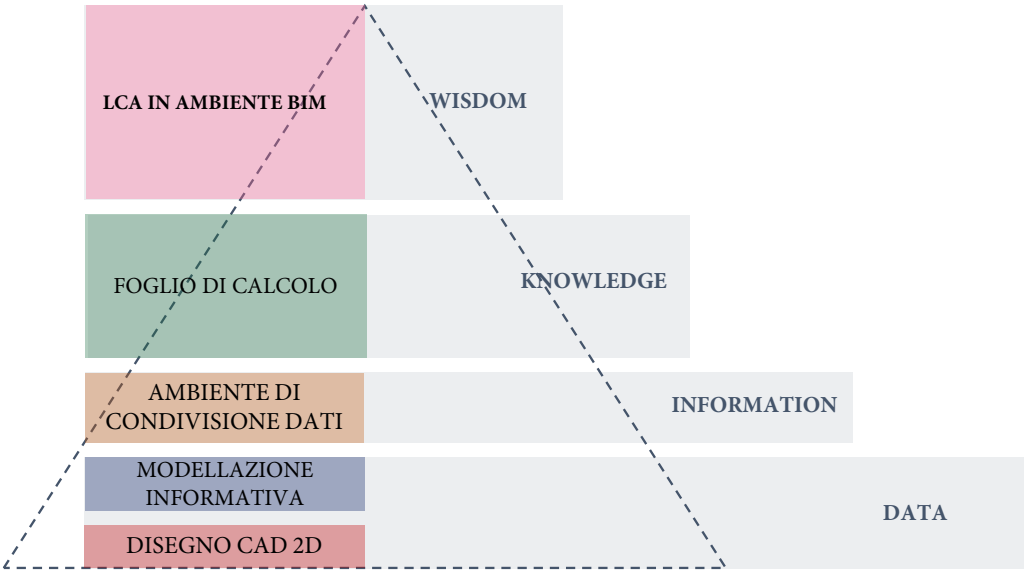
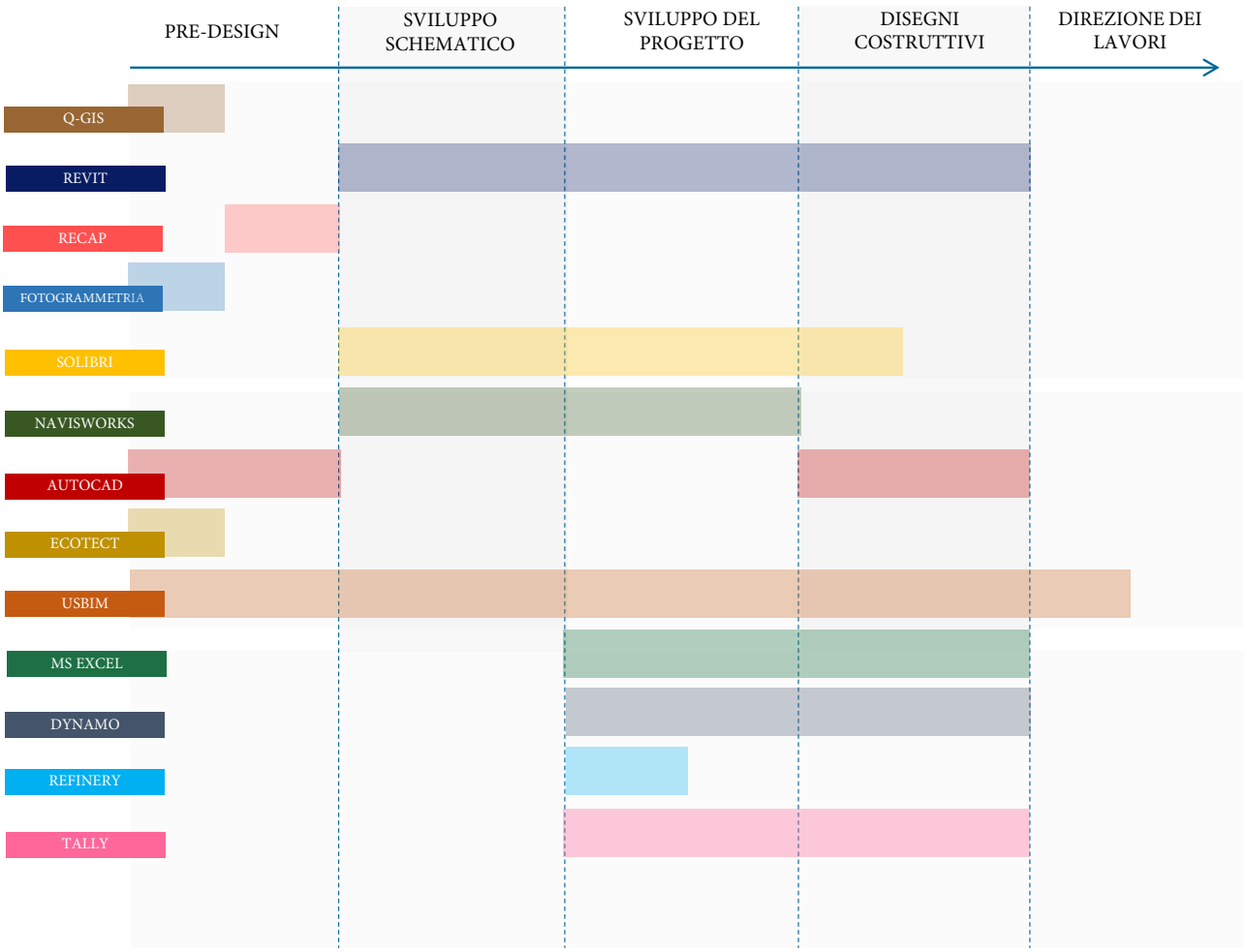


Diagramma dei flussi informativi tra discipline e segmenti del progetto



Piramide DIKW

Box 11 - Tabelle integrate di processo



Workflow dei software adoperati per la gestione digitale dell'informazione nel progetto.

Box 11 - Tabelle integrate di processo

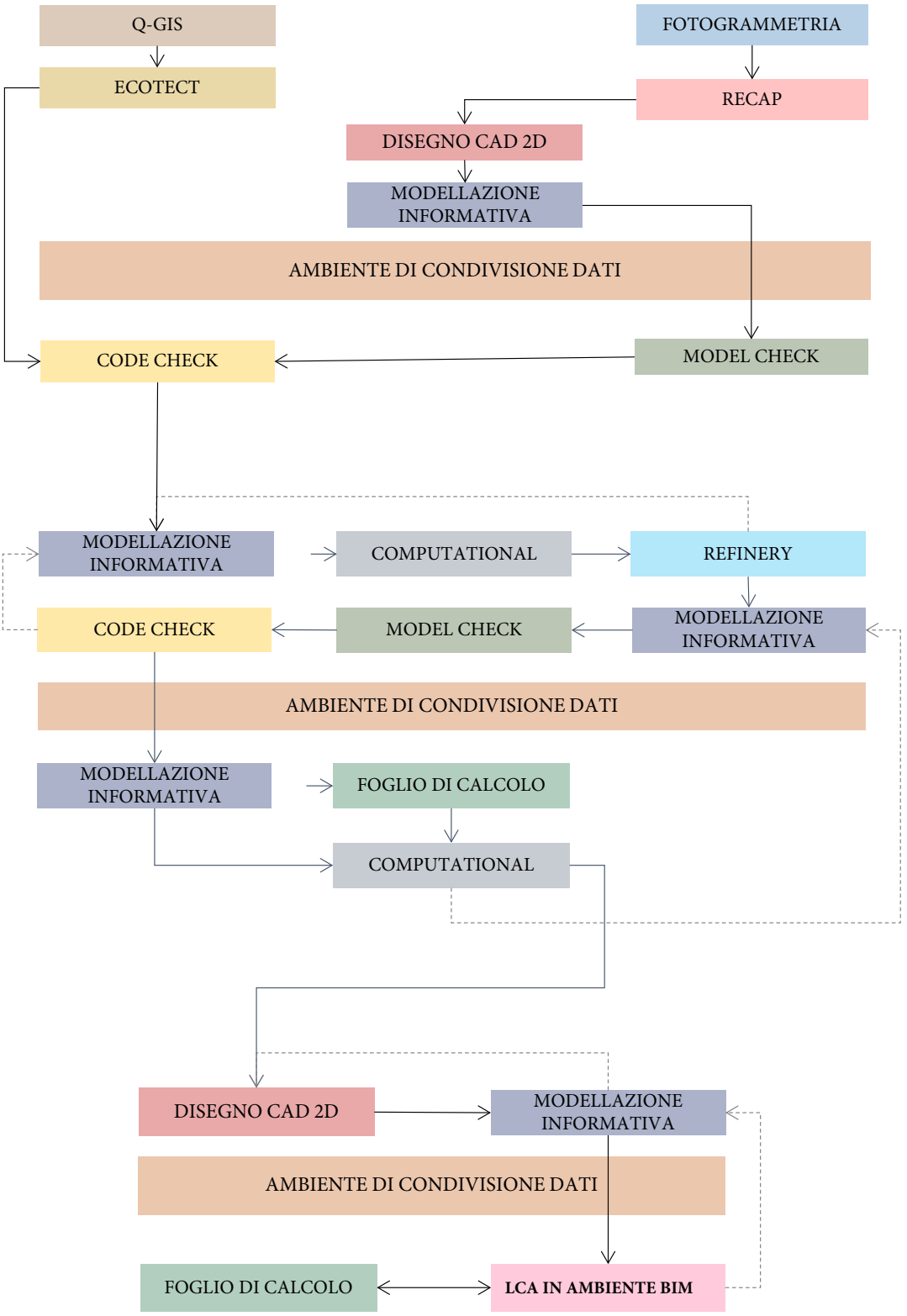
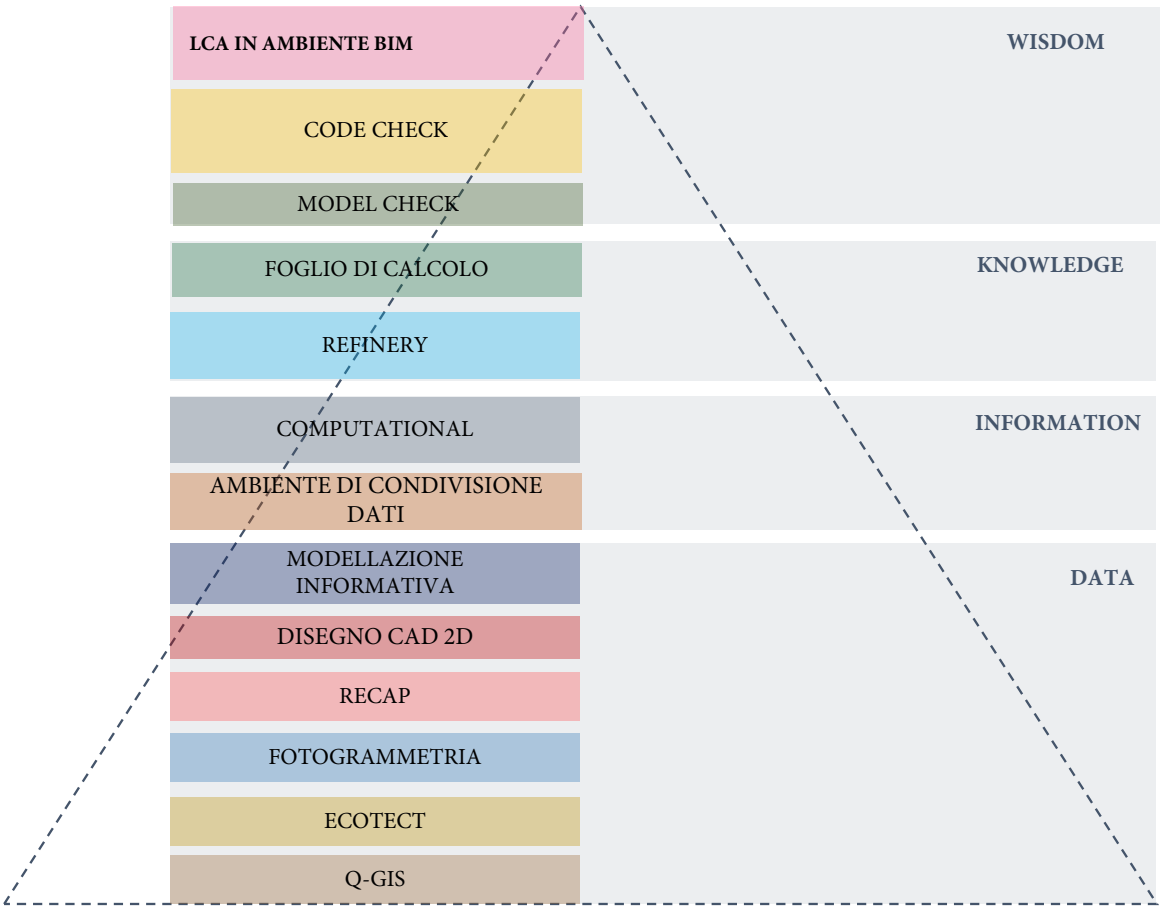


Diagramma dei flussi informativi tra discipline e segmenti del progetto

Box 11 - Tabelle integrate di processo



Le parole del capitolo.
Network bibliometrico dei termini adoperati con maggiore frequenza realizzato mediante VosViewer

utivi
modello
progettare
digitalizzazione
gestione delle informazioni
processo decisionale

Note e reference

Note

1 Disposizione modificata dal D.lgs. 56/2017 in vigore dal 20 Maggio 2017; modificata dal D.L. 32/2019 in vigore dal 19 Aprile 2019 e ulteriormente modificata dalle legge di conversione L. 55/2019 in vigore dal 18 Giugno 2019. Cfr. https://www.codiceappalti.it/dlgs_50_2016/Art__23__Livelli_della_progettazione_per_gli_appalti,_per_le_concessioni_di_lavori_nonch%C3%A9_per_i_servizi/8390 (Accessed 9 December 2021).

2 Importo dei lavori pari o superiore alla soglia europea; attività svolte ai fini della programmazione; espletamento delle procedure di dibattito pubblico; concorsi di progettazione e di idee. Cfr. D.lgs. 50/2016, Art. 23, Comma 5.

3 Cfr. Art. 48, comma 7, del decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77, convertito nella legge 29 luglio 2021, n. 108); Ministero delle Infrastrutture e della mobilità sostenibili, Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, "Linee guida
per la redazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica da porre a base dell'affidamento di contratti pubblici di lavori del PNRR e del PNC" [Online] Available at: https://www.casaportale.com/public/uploads/18102-pdf2.pdf (Accessed 9 December 2021).

4 Cfr. https://www.edilportale.com/news/2021/08/lavori-pubblici/pnrr-varate-le-linee-guida-sul-progetto-di-fattibilit-tecnica-ed-economica_84324_11.html

5 Cfr. "Linee guida per la redazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica da porre a base dell'affidamento di contratti pubblici di lavori del PNRR e del PNC" (di cui a nota 3), p. 19.

6 Rispetto alle normative anglosassoni, la UNI definisce quattro profili professionali, che sostanzialmente ricalcano le figure "classiche" del BIM, cioè presenti nelle maggiori normative internazionali:
- Gestore dell'ambiente di condivisione dei dati, ossia CDE Manager;
- Gestore dei processi digitalizzati, ossia BIM Manager;
- Coordinatore dei flussi informativi, ossia BIM Coordinator;
- Operatore avanzato della gestione e della modellazione informativa, ossia BIM Specialist.

7 Cfr. Bianchini, L. (2021), "Lo Stato legislativo del BIM in Italia" [Online] Available at: https://lasia.it/lo-stato-legislativo-del-bim-in-italia/ (Accessed 10 December 2021).

8 Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili, Decreto Ministeriale numero 312 del 02/08/2021. Cfr. [Online] Available at: https://www.mit.gov.it/normativa/decreto-ministeriale-numero-312-del-02082021 (Accessed 10 December 2021).

9 Il DM 560/2017 stabilisce la seguente tempistica per l'obbligatorietà del BIM negli appalti pubblici:
- per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a l00 milioni di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2019;
- per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 50 milioni di euro a decorrere dal 1° gennaio 2020;
- per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 15 milioni di euro a decorrere dal 1° gennaio 2021;
- per le opere di importo a base di gara pari o superiore alla soglia di cui all'articolo 35 del codice dei contratti pubblici, a decorrere dal 1° gennaio 2022;
- per le opere di importo a base di gara pari o superiore a un milione di euro, a decorrere dal 1°gennaio 2023;
- per le opere di importo a base di gara inferiore a un milione di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2025.

10 Cfr. Rota, A., Versolato, A. (2021), "Il nuovo Decreto BIM: cosa dice, cosa cambia e cosa aggiunge" [Online] Available at: https://www.ingenio-web.it/31607-il-nuovo-decreto-bim-cosa-dice-cosa-cambia-e-cosa-aggiunge (Accessed 10 December 2021).

11 L'articolo 1 dello schema di decreto introduce delle modifiche ed integrazioni ad alcuni articoli del D.M. non regolamentare n.560/2017, ed in particolare:
- All'art.2 (Definizioni) sono introdotti alcuni chiarimenti relativamente alla dizione di modelli informativi, desumibili dalla norma internazionale ISO EN UNI 19650, nonché viene chiarito, nell'abito

della procedura di gara, il concetto di piano di gestione informativa che deve essere sottoposto alla stazione appaltante da parte dell'affidatario.

- All'Art.3 (Adempimenti preliminari delle stazioni appaltanti) specifica in modo più chiaro cosa si intenda come atto organizzativo che deve esplicitare il processo di gestione e controllo delle fasi della procedura.
- All'Art.4 (Interoperabilità) si introduce un miglioramento lessicale ma anche concettuale passando dalla dizione "modello" a "modello informativo", dizione oramai largamente utilizzata.
- All'art.5 (Utilizzo facoltativo dei metodi e strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture) si stabilisce che le stazioni appaltanti, per favorire l'utilizzo anche sperimentale di metodi e strumenti informativi, possano anche solo inserire le misure previste all'art.3 in materia di adempimenti (formazione, acquisizione hardware e software e atto organizzativo) nella programmazione.
- All'art.6, che fissa le scadenze temporali dell'obbligatorietà sulla scorta degli intervalli di importi posti a base di gara e della sussistenza della natura di complessità dei lavori, sono introdotte modifiche sia relative all'importo dei lavori che alla relativa progressione temporale, per tenere in conto del periodo emergenziale trascorso nonché della complessità dell'adozione di metodi e strumenti informativi nel caso di interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria di opere esistenti. Infatti nel caso di una semplice manutenzione, l'adozione di strumenti informativi presupporrebbe la preliminare digitalizzazione del cespite, con aggravio di spesa ed un aumento del tempo necessario. Diverso è il caso di una opera nuova o di una manutenzione straordinaria per opere di grosso importo, dove la digitalizzazione dell'esistente diventa un vantaggio nella futura gestione della manutenzione, nel corso del ciclo di vita dell'opera. L'obbligatorietà dell'utilizzo di metodi e strumenti informativi viene infine limitato unicamente sopra la soglia del milione di euro.
- All'art.7 (Capitolato), che rappresenta il nucleo fondante del D.M. 560/17, in quanto attribuisce alla stazione appaltante il ruolo di agente determinante del procedimento in materia di modellazione e di gestione informativa attraverso la redazione del capitolato informativo che indica i contenuti informativi dettagliati attesi e la loro progressione, finalizzati alle fasi successive alla progettazione, cioè la esecuzione dei lavori, le attività di manutenzione e, più in generale, la gestione dell'opera e delle attività in essa ospitate, a seconda delle diverse specificità contrattuali, sono introdotti da un lato semplici chiarimenti, e dall'altro il richiamo alle specifiche tecniche, richiamate dal D.L. 77/21.

Il testo è integralmente riportato da Dari, A. (2021), "Pubblicato il Decreto BIM, ecco le nuove scadenze per la digitalizzazione degli appalti pubblici" [Online] Available at: https://www.ingenio-web.it/31608-pubblicato-il-decreto-bim-ecco-le-nuove-scadenze-per-la-digitalizzazione-degli-appalti-pubblici (Accessed 10 December 2021).

12 Cfr. OICE (2021), *Rapporto sulle gare BIM 2020 per opere pubbliche. Analisi del mercato e delle gare* [Online] Available at: https://www.oice.it/688246/rapporto-sulle-gare-bim-2020 (Accessed 10 December 2021).

13 Cfr. Rizzo, M., Fontana, M. (2021), "L'edilizia pubblica sostenibile e i CAM Edilizia" [Online] Available at: https://www.ingenio-web.it/30255-ledilizia-pubblica-sostenibile-e-i-cam-edilizia (Accessed 10 December 2021).

14 Cfr. Lamorte, S. (2017), "CAM edilizia ed EPD: il nuovo approccio alla progettazione ecocompatibile dell'edificio" [Online] Available at: https://www.ingenio-web.it/6851-cam-edilizia-ed-epd-il-nuovo-approccio-alla-progettazione-ecocompatibile-delledificio (Accessed 10 December 2021).

15 Cfr. [Online] https://www.passaportoambientale.it/approfondimenti/dichiarazione-ambientale-prodotto-epd-lca-pcr/ (Accessed 10 December 2021).

Reference

Amor, R. and Dimyadi, J. (2021), "The promise of automated compliance checking", in *Developments in the Built Environment*, vol. 5.

Associazione per l'Archeologia Industriale - AIPAI (1983), *Manifatture in Campania. Dalla produzione artigiana alla grande industria*, Guida Editori, Napoli.

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 (12), pp. 5219-5231.

Bertella, A., Caputi, M., Rota, A., Versolato, A. (2018), *BIM per professionisti e stazioni appaltanti*, Grafill, Palermo.

Ciribini, A.L.C. (2016), *BIM e digitalizzazione dell'ambiente costruito*, Grafill, Palermo.

Dalla Valle, A. (2019), *Environment-Driven Change Management in AEC firms. Life Cycle Perspective in Practice*, Politecnico di Milano [Tesi di dottorato].

Del Nord, R. (2016), "Potenzialità dell'area tecnologica in tema di ricerca progettuale", in Perriccioli, M. (ed), *Pensiero tecnico e cultura del progetto. Riflessioni sulla ricerca tecnologica in architettura*, Franco Angeli, Milano.

Ferrara, A., Feligioni, E. (2016), *BIM e Project Management. Guida pratica alla progettazione integrata*, Dario Flaccovio, Palermo.

Ferrara, A., Feligioni, E. (2018), *Come redigere il capitolato informativo secondo la metodologia BIM. Guida pratica*, Dario Flaccovio, Palermo.

Floridi, L. (2021), *Il verde e il blu. Idee ingenue per migliorare la politica*, Raffaello Cortina, Milano.

Gallia, R. (2017), *Il progetto di fattibilità tecnica ed economica delle opere pubbliche. La fattibilità tecnica ed economica delle infrastrutture*, Legislazione Tecnica, Roma.

Kays, J. (2017), "Reducing environmental impact risk with workflow data you can trust" in *Architectural Design,* n.79, pp. 97-103.

Lavagna, M. (2008), *Life-Cycle Assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, Hoepli, Milano.

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.

Pavan, A., Mirarchi, C., Giani, M. (2017), *BIM: metodi e strumenti. Progettare, costruire e gestire nell'era digitale*, Tecniche Nuove, Milano.

Pavan, A., Mirarchi, C., Rota, A., Romano, A. (2021), *I capitolati informativi con metodi e strumenti BIM. Guida alla stesura per appalti digitali*, Tecniche Nuove, Milano.

Rubino, G. (2011), *Le fabbriche del sud*, Giannini, Napoli.

Russo Ermolli, S. (2020), *The Digital Culture of Architecture. Note sul cambiamento cognitivo e tecnico tra continuità e rottura*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN).

Simonen, R. (2015), *Life-Cycle Assessment*, Routledge, Abingdon-on-Thames.

Sydora, C. and Stroulia, E. (2020), "Rule-based compliance checking and generative design for building interiors using BIM", in *Automation in Construction*, n. 120, pp. 1-23.

4

PROCEDURE DI VERIFICA NORMATIVA NEL PROGETTO DI RIGENERAZIONE URBANA

Esiti sperimentali e ricadute applicative della metodologia

4. PROCEDURE DI VERIFICA NORMATIVA NEL PROGETTO DI RIGENERAZIONE URBANA
Esiti sperimentali e ricadute applicative della metodologia

Introduzione al capitolo

Piano di indagine	*Applicativo*
Livello	*Pratico*
Domanda	*In che modo è possibile sviluppare specifici approcci decisionali data-driven che consentano di migliorare l'efficacia dell'elaborazione di alternative progettuali?*
Obiettivo	*Verifica degli esiti dell'applicazione del protocollo metodologico al caso studio*

L'applicazione della metodologia descritta nel capitolo precedente è avvenuta nel contesto del PFTE predisposto dal Comune di Napoli nel 2014 per il Lotto 1 dell'area ex-industriale Corradini di Napoli. La sperimentazione ha perciò previsto una prima fase di analisi del progetto comunale intrecciata alla lettura e all'aggiornamento dello stato di conoscenza dei luoghi e del quartiere. Le premesse sulle quali si è fondato il PFTE sono infatti in parte state disattese dagli attuali sviluppi dell'area, come nel caso della mancata realizzazione del porto turistico o dell'avvio dei lavori per il Campus federiciano, che in entrambi i casi hanno ingenerato notevoli ripercussioni socio-economiche sul quartiere.
Il lavoro di ricerca ha perciò sperimentato le possibilità e le criticità di una metodologia decisionale basata sull'impiego di procedure di compliance nelle prime fasi del progetto, configurando un protocollo "su misura" di Information Management finalizzato a tradurre in sistemi di regole le informazioni del progetto e in parametri informativi i requisiti normativi, la cui sovrapposizione costituisce di volta in volta i criteri sui quali basare la conformità delle alternative progettuali.
Nonostante l'impossibilità di accedere al sito, è stato effettuato un rilievo fotogrammetrico, restituito come nuvola di punti, dal quale è stato elaborato un modello informativo in ambiente BIM. Una seconda fase di modellazione ha invece riguardato il PFTE stesso del Comune, basato sul rilievo del 1981. La comparazione dei due modelli ha consentito di individuare difformità e asimmetrie che, confrontate con la verifica normativa delle destinazioni d'uso ipotizzate dall'Amministrazione, hanno mostrato la loro incompatibilità con le caratteristiche dei fabbricati.
Un nuovo set di funzioni è stato quindi definito in collaborazione con il Comune, contestualizzandolo all'interno dell'area per proporre una serie di scenari funzionali, tutti verificati dal punto di vista della compatibilità normativa.
Lo stesso approccio per scenari è stato adoperato per gli aspetti distributivi, tecnologici e di prodotto del PFTE, a fronte dell'incertezza delle informazioni disponibili e dell'inattendibilità dei dati attualmente in possesso.
L'applicazione della metodologia prevede, dal punto di vista distributivo, l'impiego di strumenti di progettazione computazionale generativa basati su un primo sistema di regole per la creazione di possibili layout spaziali, tra i quali poter scegliere alcune opzioni maggiormente rispondenti ai requisiti di base. Queste opzioni sono poi ulteriormente sviluppabili in termini progettuali e di modellazione informativa, in modo da poter essere verificate sia in termini di coerenza interna (Model Checking) che di compatibilità normativa (Code Checking). A partire da un layout definito e verificato, l'approfondimento delle scelte tecnologiche è verificabile dal punto di vista dei CAM arricchendo, in ambiente di modellazione informativa, gli oggetti digitali con tutti i dati necessari (parametri termici, fisici, dimensionali, ecc.). Le soluzioni specifiche di prodotto sono invece verificabili attraverso l'integrazione tra BIM e LCA in ambiente di modellazione informativa BIM, mediante il plug-in Tally sviluppato da KieranTimberlake (Cfr. paragrafo 2.2), che però presenta attualmente limitazioni rispetto al mercato italiano che sono affrontate nel capitolo che segue.

4.1 Attività preliminari: rilievo del sito e modellazione informativa BIM

4.1.1 Restituzione dello stato di fatto mediante rilievo fotogrammetrico

Al fine di ricostruire una conoscenza affidabile dello stato dei luoghi è stato avviato un processo di analisi della documentazione messa a disposizione dal Comune di Napoli, comprendente un rilievo metrico dei fabbricati, datato 1981, immagini fotografiche scattate nel 2005, foto aeree ottenute nel 2019 e tutto il materiale del progetto preliminare redatto dal Comune (Fig. 61). L'impossibilità di accedere fisicamente all'area, a causa del livello di inquinamento presente sul sito, unitamente agli ostacoli posti dalle restrizioni dovute alla pandemia di COVID-19, ha perciò imposto che le operazioni di restituzione dello stato di fatto venissero svolte coniugando dati di estrazione eterogenea, confrontati con un rilievo aereo fotogrammetrico eseguito con l'ausilio di un drone.

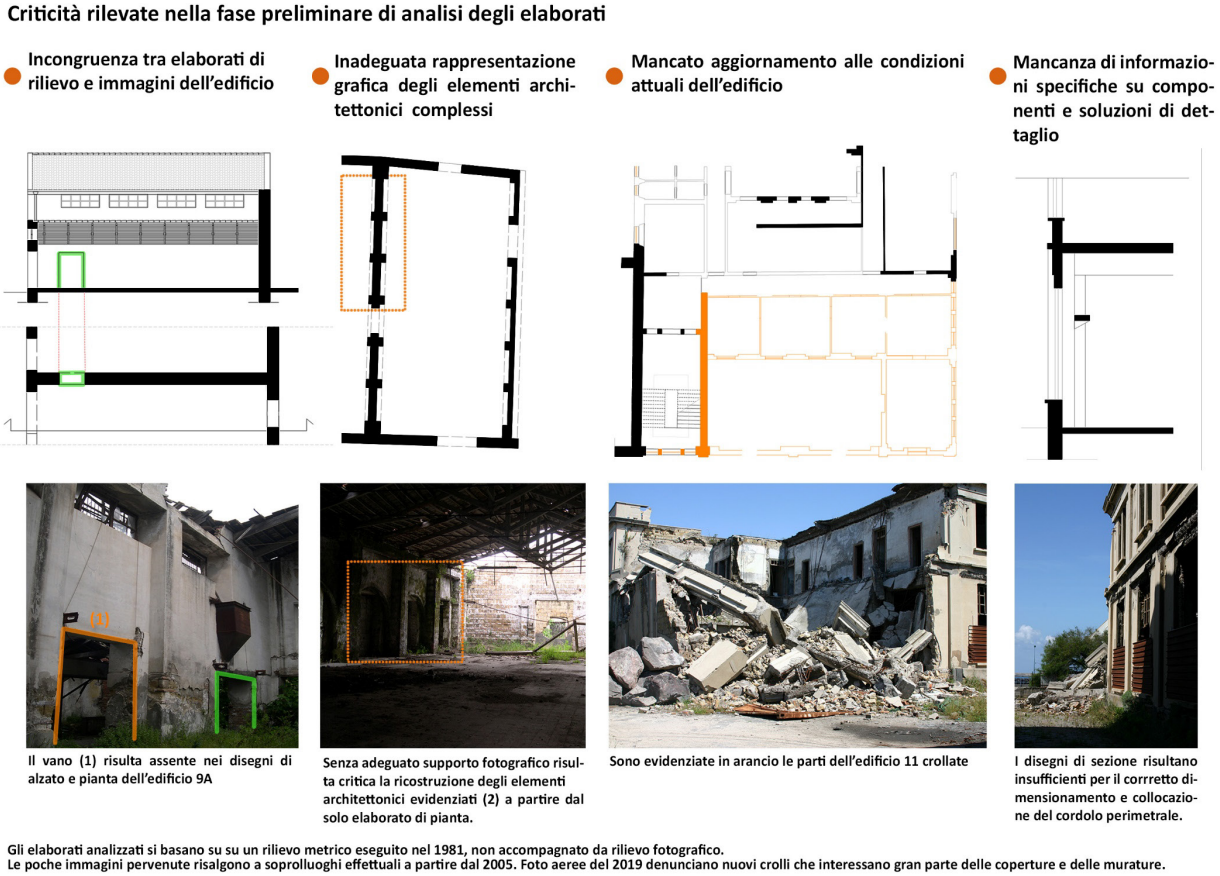


Fig. 61 - Fase di conoscenza: verifica della documentazione disponibile. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

La complessità e l'incertezza informativa della fase di conoscenza ha beneficiato del rilievo fotogrammetrico (Fig. 62) per restituire una modellazione BIM dello stato di fatto, dalla quale sono emerse incongruenze geometriche con i rilievi precedenti, oltre che la registrazione delle trasformazioni che il sito, a causa dei crolli e manomissioni che nel tempo si sono susseguiti, ha esperito.
Il rilievo effettuato presso l'area Corradini dal socio STRESS TECNO IN S.p.A. è stato georiferito tramite antenna GNSS collegata alla rete ITALPOS mediante radio modem. Rilevando i punti di controllo al suolo (GPC), pertanto l'ortofoto è stata inquadrata nel sistema di riferimento UTM fuso 33, mentre le quote altimetriche sono state calcolate con il software Verto distribuito dall'Istituto Geografico Militare, che utilizzando i grigliati consente la trasformazione delle quote ellissoidiche in quote ortometriche (s.l.m.m.).

Fig. 62 - Ricostruzione della nuvola di punti a partire dal rilievo fotogrammetrico. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

Da un punto di vista metodologico, sono state svolte le fasi qui elencate:
1. pulizia e modifica delle incongruenze dei file CAD ricevuti dal Comune di Napoli;
2. individuazione di un file CAD "di base", per riferire tutti gli elaborati;
3. modifica degli elaborati secondo il rilievo fotografico e digitale;
4. importazione del CAD elaborato in REVIT e definizione dei LOD desunti dal PGI;
5. creazione delle famiglie di elementi di stato di fatto (muri, pavimenti, coperture), previa individuazione delle caratteristiche materiche;
6. completamento del primo modello (stato dei luoghi);
7. creazione delle famiglie di elementi di stato di progetto (muri, pavimenti, coperture, infissi, elementi strutturali);
8. completamento del secondo modello (PFTE del Comune).

L'attività di modellazione BIM ha perciò riguardato prima la restituzione virtualizzata dello stato dei luoghi come desumibile dal rilievo fotogrammetrico e dalla documentazione a disposizione; in secondo luogo, partendo da questo modello, è stata sviluppata la modellazione del progetto di restauro così come descritta nel PFTE del Comune (Fig. 63).

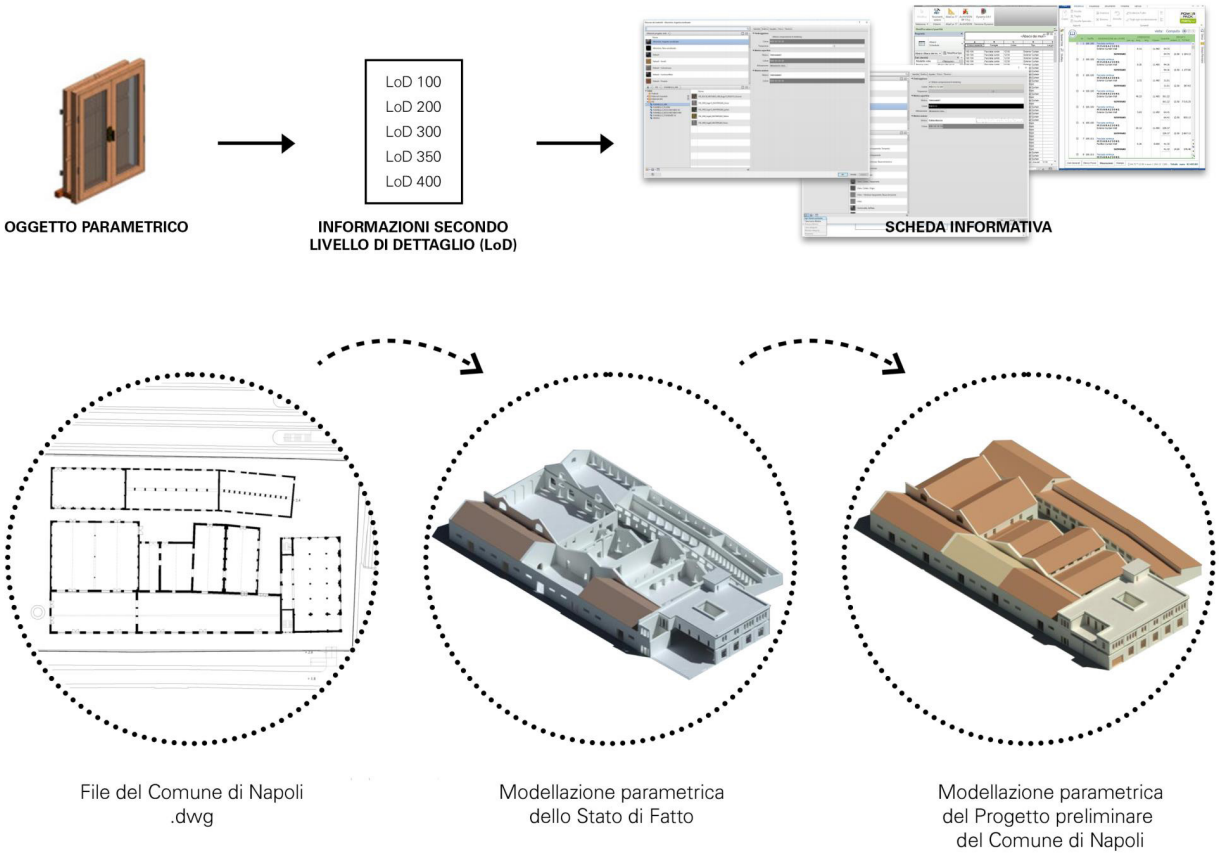


Fig. 63 - Fasi di modellazione BIM del Lotto 1 Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

4.1.2 Implementazione di flussi informativi digitali in ambiente BIM

Le informazioni raccolte durante la fase delle interviste (cfr. Annex) hanno permesso di elaborare un Piano di Gestione Informativa, documento che, come descritto dalla norma UNI 11337:2017 - PARTE 6 , rappresenta il "documento relativo alla pianificazione, alla programmazione, al monitoraggio e al controllo della gestione informativa attuata dall'affidatario in risposta alle esigenze ed al rispetto dei requisiti della committenza".
Nel caso del presente studio, il ruolo del pGI è stato soprattutto quello di organizzare, all'interno di un unico elaborato condiviso tra gli attori partecipanti, ruoli e scopi della modellazione informativa, anche a partire dai risultati del questionario somministrato in merito alle esperienze digitali (cfr. Annex).
Il pGI definisce, tra le altre cose, ruoli e responsabilità all'interno del processo, la strutturazione dell'Ambiente di Condivisione Dati (ACDat), gli usi del modello BIM rispetto alle priorità strategiche di progetto, le modalità di verifica del modello e le modalità di codifica, modellazione, trasmissione e archiviazione delle informazioni.
La struttura del pGI è composta di tre sezioni:

1. PREMESSE	Identificazione Progetto
	Introduzione
	Acronimi e glossario
	Riferimenti normativi
2. SEZIONE TECNICA	Caratteristiche hardware e software
	Infrastrutture committenza
	Formato e modalità di scambio dei dati
	Sistema di modellazione (coordinate, inserimento oggetti, classificazione)
3. SEZIONE GESTIONALE	Obiettivi informativi strategici (BIM GOALS) e usi del modello (BIM USES)
	Livelli di sviluppo degli oggetti (LOD e LOI)
	Ruoli e responsabilità (figure BIM)
	Strutturazione e organizzazione del modello (link, workset, ecc.)
	Politiche di proprietà, trasmissione e sicurezza del modello
	Modalità di verifica, analisi e risoluzione delle interferenze (MODEL CHECK)
	Archiviazione e consegna finale

4.1.3 Processi di virtualizzazione informativa del costruito

La ricerca della più efficiente processualità per la migliore tutela e valorizzazione del bene ha portato al ricorso a tecnologie innovative, riguardanti sia la fase progettuale che quella di realizzazione e gestione del manufatto edilizio e quindi all'applicazione della metodologia BIM-based. Tale metodologia consiste nella realizzazione di un modello tridimensionale (Fig. 46) che racchiuda al suo interno le informazioni sulla consistenza geometrica, e non, dei manufatti esistenti.
I benefici di tale metodologia consistono, oltre che nell'ottimizzazione di tempi e costi nella fase realizzativa e nella successiva fase di gestione e manutenzione del manufatto edilizio, anche nella possibilità da parte della Pubblica Amministrazione di gestire in modo più efficace un'opera edilizia in un ambiente virtuale e simulativo.
La modellazione informativa dello stato di fatto avviene in linea con i principali riferimenti normativi vigenti, in materia di sviluppo ed integrazione della metodologia BIM nei lavori e appalti pubblici e digitalizzazione del settore delle costruzioni.
Segue un elenco non esaustivo delle principali norme nazionali di riferimento:

- D.lgs. n. 50/2016;
- D.M. n. 560/2017;
- UNI EN ISO 19650:2019 parti 1-2;
- UNI EN ISO 19650-3:2021;
- UNI 11337:2017-2019;
- UNI 8290-1:1981

L'area oggetto di studio comprende immobili ed aree di pertinenza del complesso metallurgico della società Corradini e dello stabilimento dell'"Industria meridionale Pellami Fratelli De Simone&C. s.n.c.", sito nel quartiere di San Giovanni a Teduccio. Tali stabilimenti, sorti rispettivamente alla fine dell'800 e nel 1960, restano in disuso fino al 1999, anno di acquisizione dell'area e degli immobili in essa ricadenti da parte del Comune di Napoli.

Gli edifici che insistono sull'area sono ad unico livello, in muratura portante in blocchi di tufo e/o listata con copertura a doppia falda o shed con manto in coppi, sostenuta da capriate in legno e/o ferro. 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. Gli edifici versano in un grave stato di degrado, con forte presenza di vegetazione infestante e grave deterioramento delle superfici murarie superstiti.
Ad un rilievo datato 1981, è seguita perciò una campagna di rilievo avvenuta tramite rilievo fotogrammetrico e acquisizione della nuvola di punti, ossia la rappresentazione matematica di un oggetto 3D (o di superfici) ottenuta attraverso un insieme di punti che la compongono, ciascuno dotato di coordinate note (xyz) rispetto ad un fissato sistema di riferimento.
La modellazione informativa avviene a partire da modelli tridimensionali realizzati in ambiente Autodesk Revit, suddivisi per discipline (architettura, e struttura) e ricostruiti a partire da nuvola di punti e con essa coerente in ogni loro parte (geometria, informazioni ecc.).
Lo sviluppo del rilievo geometrico, architettonico e strutturale, eseguito con metodologia BIM, è effettuato attraverso il coordinamento di modelli relativi alle diverse discipline (architettura e struttura), che confluiscono poi in un unico file federato. Ciascun modello è basato su un Template Disciplinare ed è condiviso tra i vari progettisti, in modo tale da avere sempre il controllo su eventuali interferenze, modifiche e/o aggiornamenti in tempo reale. Dai modelli tridimensionali BIM sarà possibile estrapolare velocemente ed automaticamente tutti gli elaborati bidimensionali (piante, sezioni, prospetti, planimetrie, dettagli costruttivi, viste assonometriche/prospettiche) e documentali come abachi, legende ed etichette direttamente collegati al modello virtuale ed alle informazioni in esso contenute.
Ciascun bene del lotto in esame, comprese le aree scoperte, è virtualmente riprodotto, attraverso l'inserimento di tutti gli elementi compositivi nel modello digitale, rappresentati in termini di dimensioni, forma e posizione fedeli alla realtà. In particolare, vengono inseriti nel modello elementi solidi rappresentanti le varie parti del manufatto, aventi le dimensioni reali e contenenti tutte le informazioni strutturali, tecnologiche e materiche acquisite durante le fasi di rilievo geometrico-architettonico. Tali informazioni consentono di conoscere l'edificio in ogni sua parte, e di procedere con precisione, efficacia e sicurezza alle successive fasi di progettazione, gestione e manutenzione del manufatto. Dall'impostazione metodologica sopra illustrata derivano i seguenti macro obiettivi della modellazione:

1. Ricostruzione geometrica del bene oggetto di studio, relativa alla configurazione attuale a partire da nuvola di punti;
2. Inserimento di tutte le informazioni necessarie alla conoscenza della consistenza materica del bene.

In base a tali obiettivi prefissati, la modellazione informativa viene strutturata nelle seguenti fasi:

- Fase 1: acquisizione di grafici 2D dello stato di fatto dalla Stazione Appaltante, relativi ai rilievi più recenti, effettuati nel 1981;
- Fase 2: acquisizione della nuvola di punti e rielaborazione, funzionale al suo riutilizzo in ambiente Revit (tramite il software Recap);
- Fase 3: creazione di un file URS (Unique Reference System), file di riferimento per tutti i modelli disciplinari, contenente la nuvola di punti e un punto condiviso di coordinate note;
- Fase 4: creazione di un file "Shared Levels and Grids", contenente i livelli di riferimento a quote altimetriche predefinite ("Piano terra", "Piano di Imposta Coperture", ecc) e le linee identificative dei margini degli edifici;
- Fase 5: creazione dei due Template disciplinari ovvero il Template architettonico e quello strutturale;
- Fase 6: creazione e codifica dei file architettonici e strutturali dei singoli manufatti in cui risulta suddiviso il complesso industriale;
- Fase 7: modellazione geometrica dei manufatti ed inserimento di attributi informativi legati alla consistenza materica;
- Fase 8: creazione di un File d'insieme ("federato") in cui risultano collegati tutti i modelli architettonici e strutturali realizzati;
- Fase 9: estrapolazione dei grafici 2D quali piante, prospetti e sezioni in scala 1:100/1:200, funzionali allo studio di fattibilità tecnico-economica.

I modelli informativi, gli elaborati bidimensionali e tutta la documentazione prodotta in fase di restituzione dello stato di fatto, sono codificati secondo codici alfanumerici sintetici univoci, definiti dal Piano di Gestione Informativa (pGI). Allo stesso modo tutti gli elementi digitali contenuti nei modelli disciplinari risultano codificati in modo chiaro e sintetico, riportando ad esempio, per ciascun prodotto digitale: identificazione della classe di elemento tecnico (norma UNI 8290:1981), tipologia costruttiva, dimensioni principali, fabbricato di appartenenza.
La condivisione dei file avviene tramite l'utilizzo di formati nativi (.rvt) e formati non proprietari su apposita piattaforma cloud di archiviazione e condivisione (usBIM.platform).
I modelli di ciascun fabbricato, suddivisi per discipline, condividono un sistema di coordinate interno, al fine di agevolare le fasi di coordinamento tra gli operatori coinvolti e di aggiornamento dei singoli modelli e del modello federato.
La modellazione informativa è strutturata per componenti: elementi tridimensionali corredati di informazioni geometriche e non. I contenuti informativi, disciplinati dalla norma UNI 11337-4:2017 ("Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti") risultano coerenti con gli obiettivi prefissati e con la disponibilità di informazioni a tutt'oggi in possesso. La modellazione, in particolare, mira al raggiungimento del LOD C: gli elementi digitali, rappresentativi dello stato di fatto, sono rappresentati da solidi definiti geometricamente, fedeli alla realtà per posizione e forma e le cui caratteristiche qualitative e quantitative sono definite in via generica entro e nel rispetto dei limiti della legislazione vigente e delle norme tecniche di riferimento e riferibili ad una pluralità di entità similari. Non si esclude la possibilità di integrare le informazioni, eventualmente acquisite nelle fasi successive.

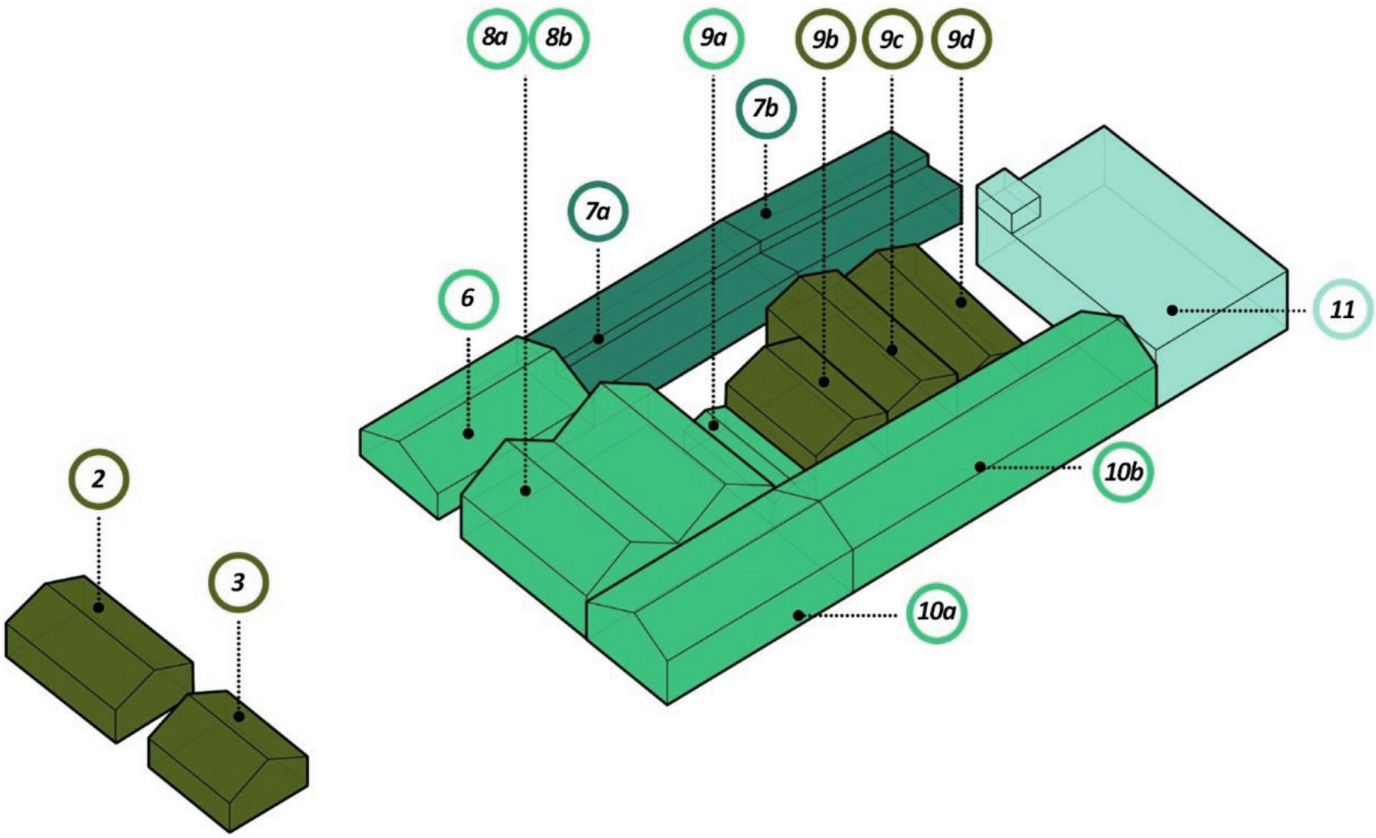


Fig. 64 - Ex Corradini, Lotto 1. Individuazione dei fabbricati. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

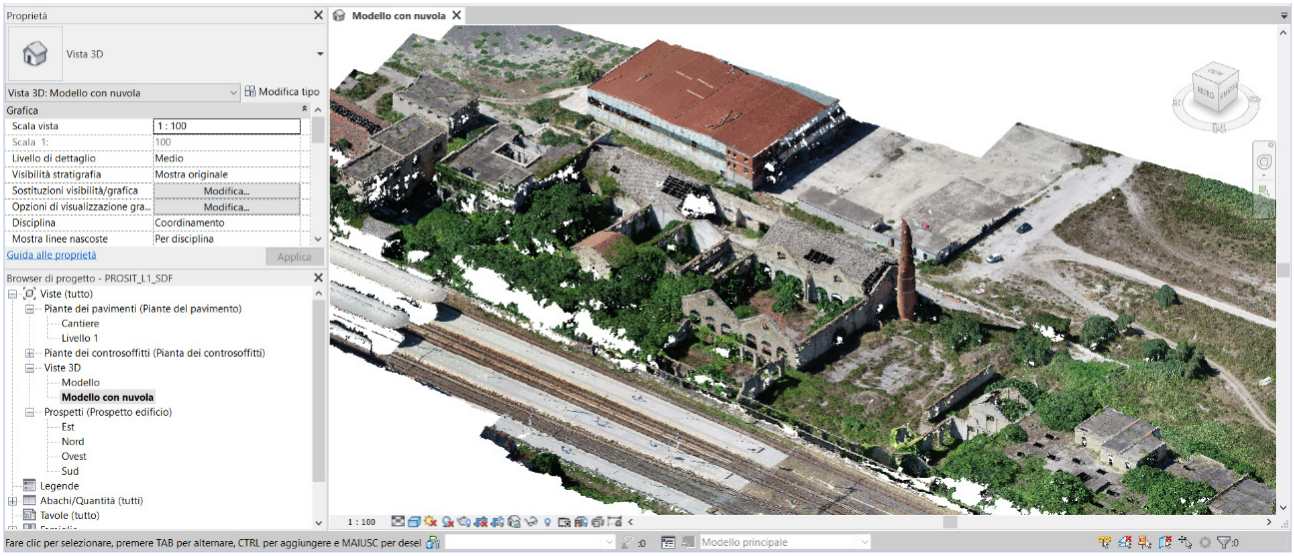


Figura 27 - Immagine della nuvola di punti inserita nel software Autodesk Revit.

Fig. 65 - Sovrapposizione geometrica tra modello e nuvola di punti. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

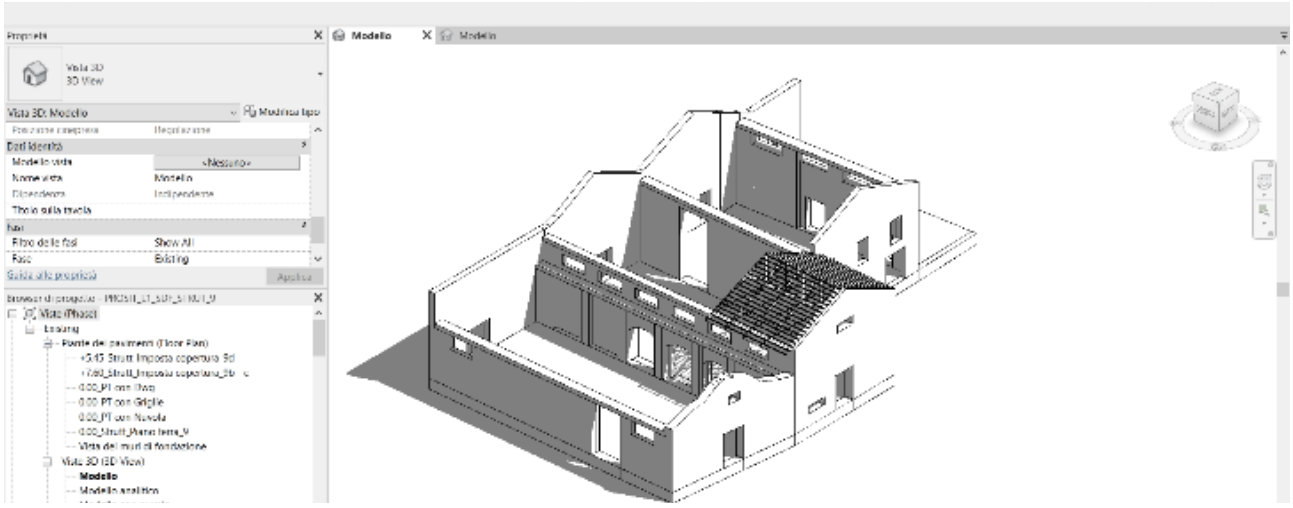


Fig. 66 - Integrazione dei modelli disciplinari distinti (architettonico e strutturale). Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

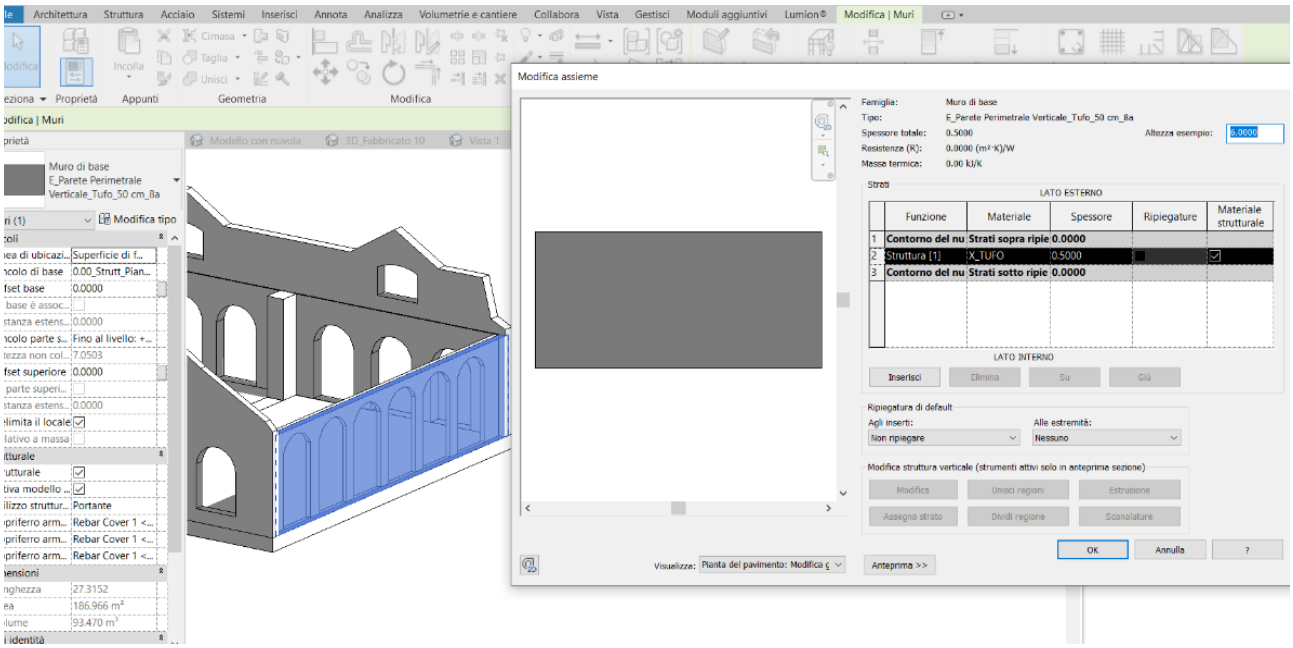


Fig. 67 - Integrazione delle informazioni materiche agli elementi geometrici di modello.
Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

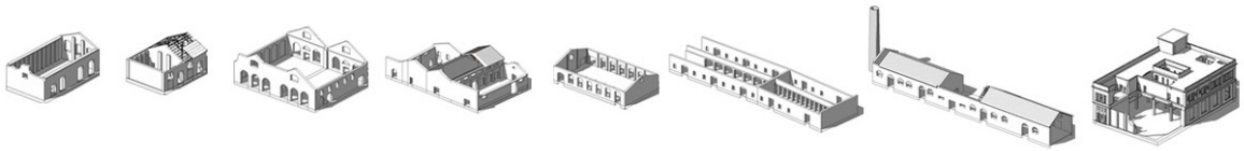


Fig. 68 – Modelli informativi degli edifici compresi nell'area ex-industriale Corradini, Lotto1.
Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

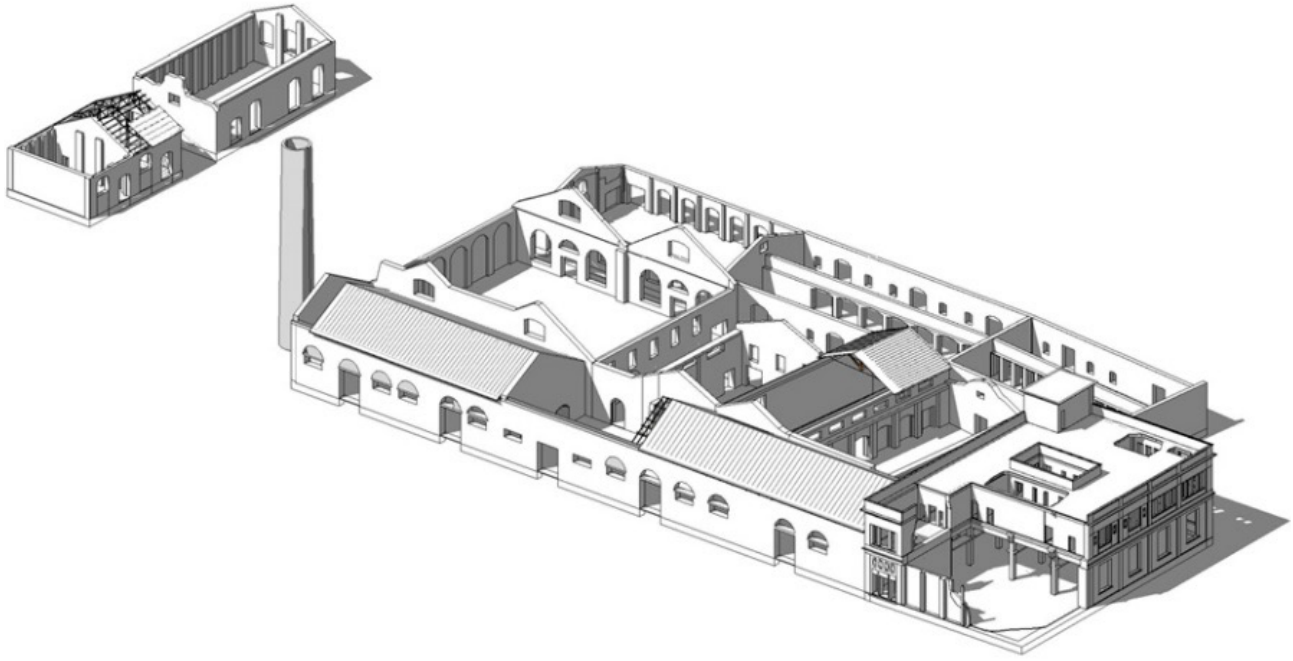
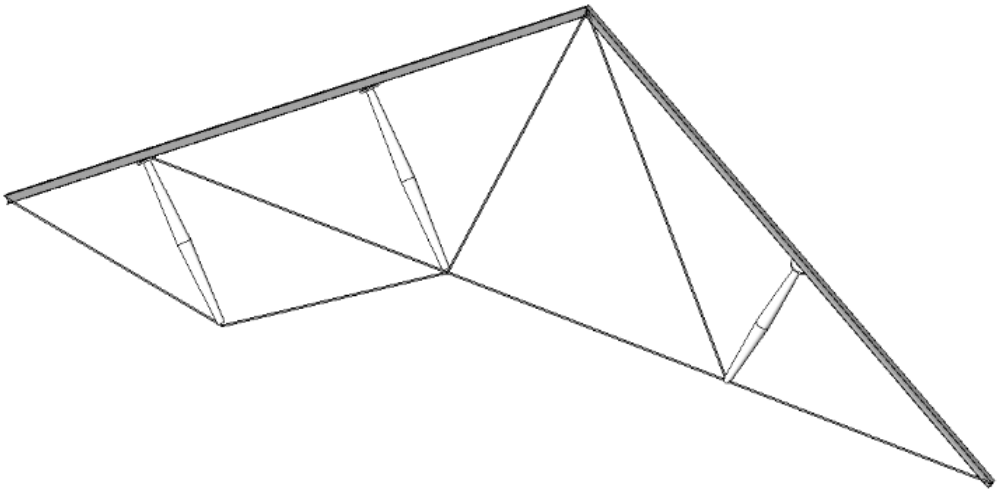


Fig. 69 – Vista del modello della ex fabbrica Corradini, come da rilievo effettuato.
Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

GEOMETRIA	Elemento strutturale verticale rappresentato con ingombri calcolati secondo normativa tecnica.
OGGETTO	Solido in 3D strutturato
CARATTERISTICHE	Spessore / Lunghezza / Larghezza / Volume / Definizione dei materiali / Definizione stratigrafie principali

NOME ELEMENTO CAPRIATA_ACCIAIO_10a



CARATTERISTICHE

Materiali e finiture
- ACCIAIO

Dimensioni
- RAGGIO CAVO
- LUNGHEZZA

Fig. 70 - Scheda esemplificativa con indicazione dei dati propri del livello di sviluppo di riferimento. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

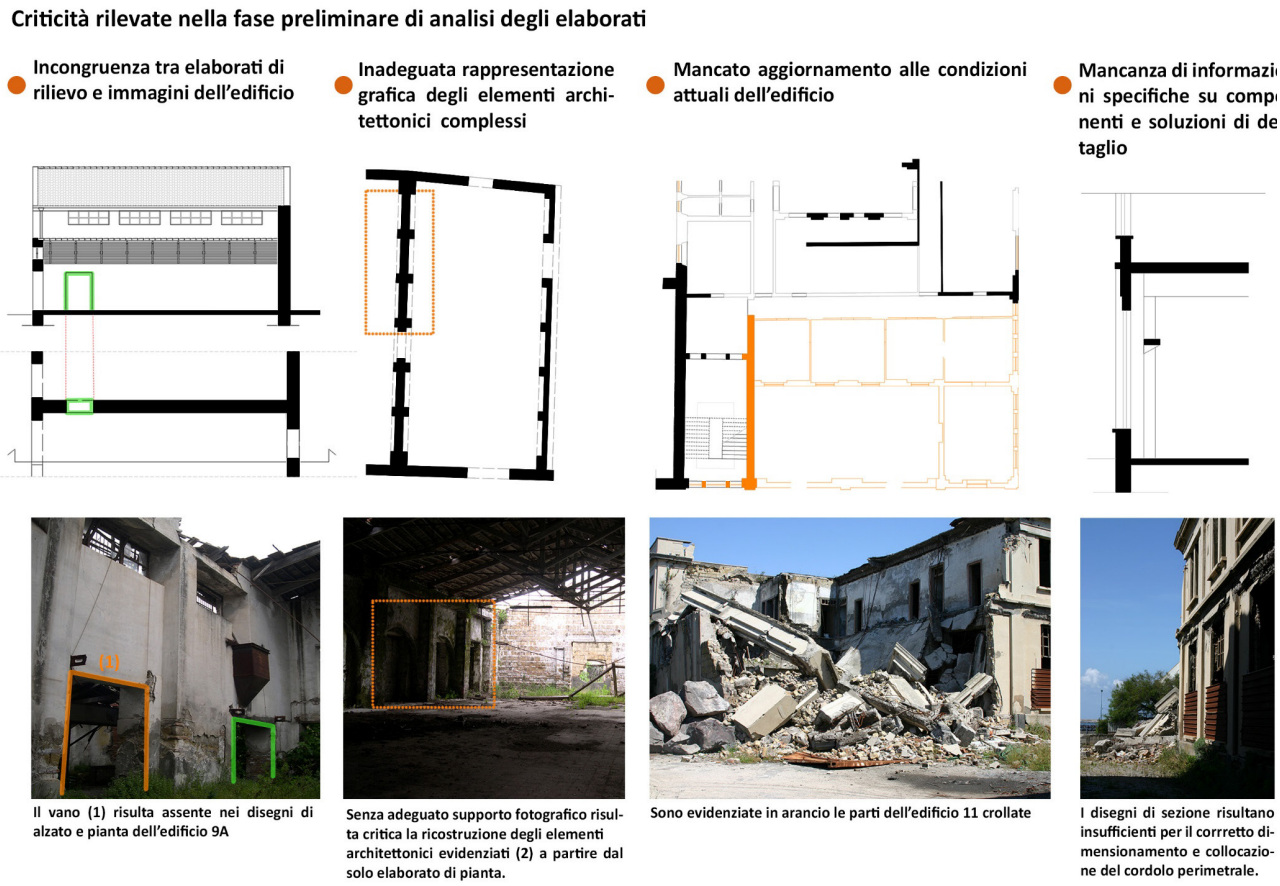
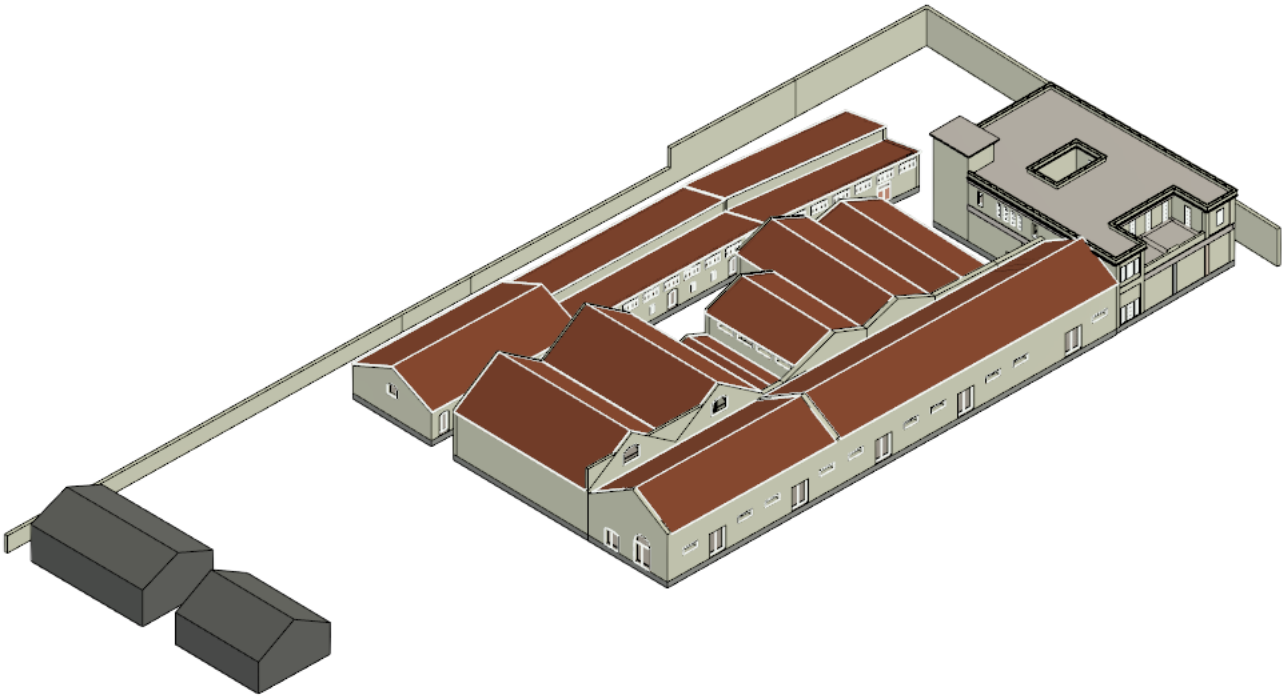
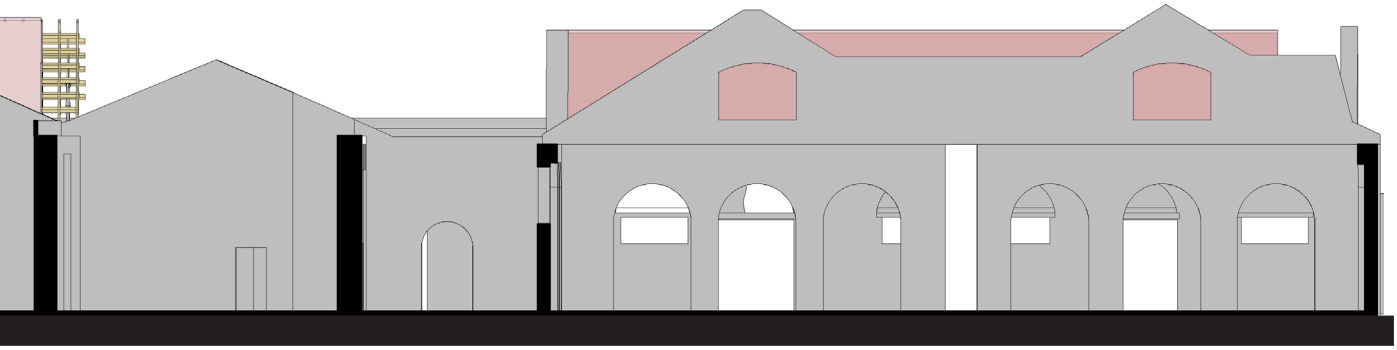


Fig. 71 - Assonometria di confronto dei modelli informativi BIM tra il rilievo eseguito dal gruppo di ricerca e il PFTE del Comune di Napoli.

Figura 72 - Sezioni di confronto dei modelli informativi BIM tra il rilievo eseguito dal gruppo di ricerca e il PFTE del Comune di Napoli.





4.2 Strategie di rifunzionalizzazione basate su verifiche di conformità in ambiente BIM

4.2.1 Criticità riscontrate nel PFTE del Comune attraverso processi digitali di verifica

L'area oggetto di studio comprende immobili ed aree di pertinenza del complesso metallurgico della società Corradini, ricadente in quello che il Piano comunale del 2014 ("Pianocittà") identifica come "Lotto 1". L'intera area, e con essa gli immobili in essa ricadenti è stata acquistata nel 1999 da parte del Comune di Napoli. Il sito comprende prevalentemente edifici ad 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. Gli edifici versano in un serio stato di degrado, con diffusa presenza di vegetazione infestante e grave deterioramento delle superfici murarie superstiti.
In un contesto di elevata incertezza, dovuta sia alle trasformazioni in corso nel quartiere che alle difficoltà di accedere a un quadro conoscitivo esaustivo dell'area), la sperimentazione si orienta quindi alla costruzione di scenari di rifunzionalizzazione, valutando il contesto sociale, normativo e ambientale dell'oggetto studiato (Figg. 73-76), rispetto alla capacità di quest'ultimo di soddisfare i requisiti attesi e di trasformarsi e adattarsi a nuove funzioni, in modo da aumentare le possibilità di successo della riqualificazione.
Dalle analisi condotte sul PFTE emergono:

- criticità relative agli accessi e alle aree di sosta e parcheggio (errato posizionamento e numero insufficiente di parcheggi, inadeguatezza degli attuali sistemi di accesso al lotto in termini di quantità e interferenza dei flussi ibridi);
- criticità di tipo distributivo-funzionale (relative al tipo di funzione prevista, al posizionamento delle funzioni previste e agli aspetti dimensionali, normativi e distributivi degli ambienti).

Nello specifico, le analisi condotte hanno evidenziato le seguenti criticità progettuali e normative:

1. l'accesso al lotto avviene da soli due punti, di cui uno carrabile (esistente, ma da riconfigurare) e uno pedonale (da sottopasso ferroviario). I parcheggi previsti dal PFTE sono posti al limite estremo del lotto, lontani quindi dalle funzioni previste e in numero esiguo. Il percorso delle merci e di raccolta dei rifiuti prosegue dalla strada carrabile al limite inferiore del lotto, sull'area pavimentata su cui insistono gli edifici sul versante sud-est, dopo il superamento di un dislivello;
2. gli edifici 7a-b, destinati a residenze universitarie, si trovano a ridosso dell'infrastruttura ferroviaria, "sorgente fissa" di rumore. Non sono previsti spazi di controllo degli ingressi e di distribuzione comuni. Gli accessi, multipli, avvengono anche da aree marginali sul limite superiore del lotto. Non sono previsti spazi per servizi alle residenze. Gli alloggi si sviluppano su un unico livello a quota stradale. Il progetto non è conforme alle L.936/2016.
3. gli edifici 9b-c-d, destinati ad attività di ristorazione, sono in posizione baricentrica all'interno del lotto: le attività di carico/scarico merci e raccolta rifiuti avvengono sull'asse principale del lotto, ad elevato flusso pedonale. Il locale cucina, in particolare, non presenta

aperture su pareti esterne, né confina con uno spazio esterno. L'accesso avviene dal locale di consumazione pasti. Data la posizione dei locali deposito e cucina, non sono adeguatamente distinti i percorsi utenza - personale di servizio. Parte delle aree destinate alla consumazione dei pasti è su un piano soppalcato a quota 3 metri. Il progetto non è conforme al DM 12/4/1996, non conforme alle direttive ASL e non conforme al regolamento di igiene e salute.

4. l'edificio 11, destinato ad albergo, risulta in posizione marginale rispetto all'area destinata a piazza e parcheggio. La scelta di disporre delle camere al piano terra determina problemi di privacy e sicurezza, oltre che dimensionali, avendo un'altezza utile al piano terra inferiore ai 2,7 metri. Il PFTE, inoltre, prevede l'inserimento di un piano ammezzato per alloggiare camere, centro benessere, sala polifunzionale, la cui altezza però risulterebbe inferiore a 2,7 metri. La sala polifunzionale, in particolare, è servita dal solo blocco scale, e risulterebbe inaccessibile a utenti con disabilità motoria. Il progetto non è conforme al Regolamento edilizio e di igiene e non è conforme a L. 503/1996.
5. gli edifici 8a.b e 10a-b sono rispettivamente destinati a sala per convegni ed esposizioni. Tale funzione risulta già presente nell'area di San Giovanni e ciò può determinare possibile sottoutilizzo degli immobili, peraltro essendo una funzione non a uso continuativo contravviene al principio di tenere sempre viva l'area.

4.2.2 Esemplificazione della metodologia per la verifica di conformità normativa

Nel PFTE, il Comune di Napoli ha previsto l'inserimento di determinate funzioni all'interno dell'area, in particolare:

- attività ricettive;
- attività di ristorazione;
- residenze universitarie;
- attrezzature pubbliche.

Le procedure di verifica normativa presuppongono l'utilizzo di specifici applicativi software per poter essere eseguite. Attualmente, sono disponibili diverse piattaforme software sviluppate per supportare gli aspetti di implementazione dei sistemi di controllo automatico, che differiscono generalmente per: la capacità di automatizzare il processo di verifica del progetto; la flessibilità nell'inserimento delle informazioni di progetto; la ricchezza delle librerie di normative e la possibilità di importare nuovi "ruleset", sia standard che personalizzati; la capacità di fornire sistemi di reporting e visualizzazione 3D intuitivi; la possibilità di dialogare con altre applicazioni, sia dentro che fuori l'ambiente BIM.

Alcuni di questi sistemi sono considerati vere e proprie "black-box", in cui gli utenti hanno un accesso molto limitato al motore di creazione delle regole; altri sono metodi vengono piuttosto definiti "grey" o "white box", in base alla libertà degli utilizzatori di personalizzare le procedure di verifica.

Ad ogni modo, i sistemi automatizzati di verifica delle regole sono generalmente organizzati in quattro fasi. La prima comprende l'interpretazione e lo sviluppo delle regole e l'organizzazione logica delle stesse per la loro applicazione. Nella seconda, il software esegue la generazione dei dati del modello di progetto, assicurandosi essenzialmente dell'esistenza delle informazioni necessarie alla verifica.

La terza è la fase di esecuzione, in cui avviene l'effettiva verifica della conformità normativa. Nell'ultima fase, il software effettua il reporting, ossia la comunicazione e visualizzazione degli esiti della verifica.

Il software scelto nella sperimentazione è Solibri Model Checker (SMC), una piattaforma autonoma basata su Java che legge un modello IFC e lo mappa su una struttura di oggetti interna che facilita l'accesso ai dati del modello e l'elaborazione delle verifiche di conformità.

Come primi locali, sono stati analizzati quelli destinati ad ospitare l'attività di ristorazione, individuati nel gruppo di edifici 9 (Figg. 77-83). Sono risultate subito evidenti delle problematiche legate in particolar modo all'ambiente cucina.

Essa infatti è stata collocata lungo una parete di confine con altri edifici e chiusa sopra da un piano ammezzato, destinato a diventare un'ulteriore sala ristorante.

Fig. 73 - Analisi GIS alla scala dell'area vasta - Napoli est: destinazioni d'uso degli edifici.
Credits: Arch. Simona Mascolino.

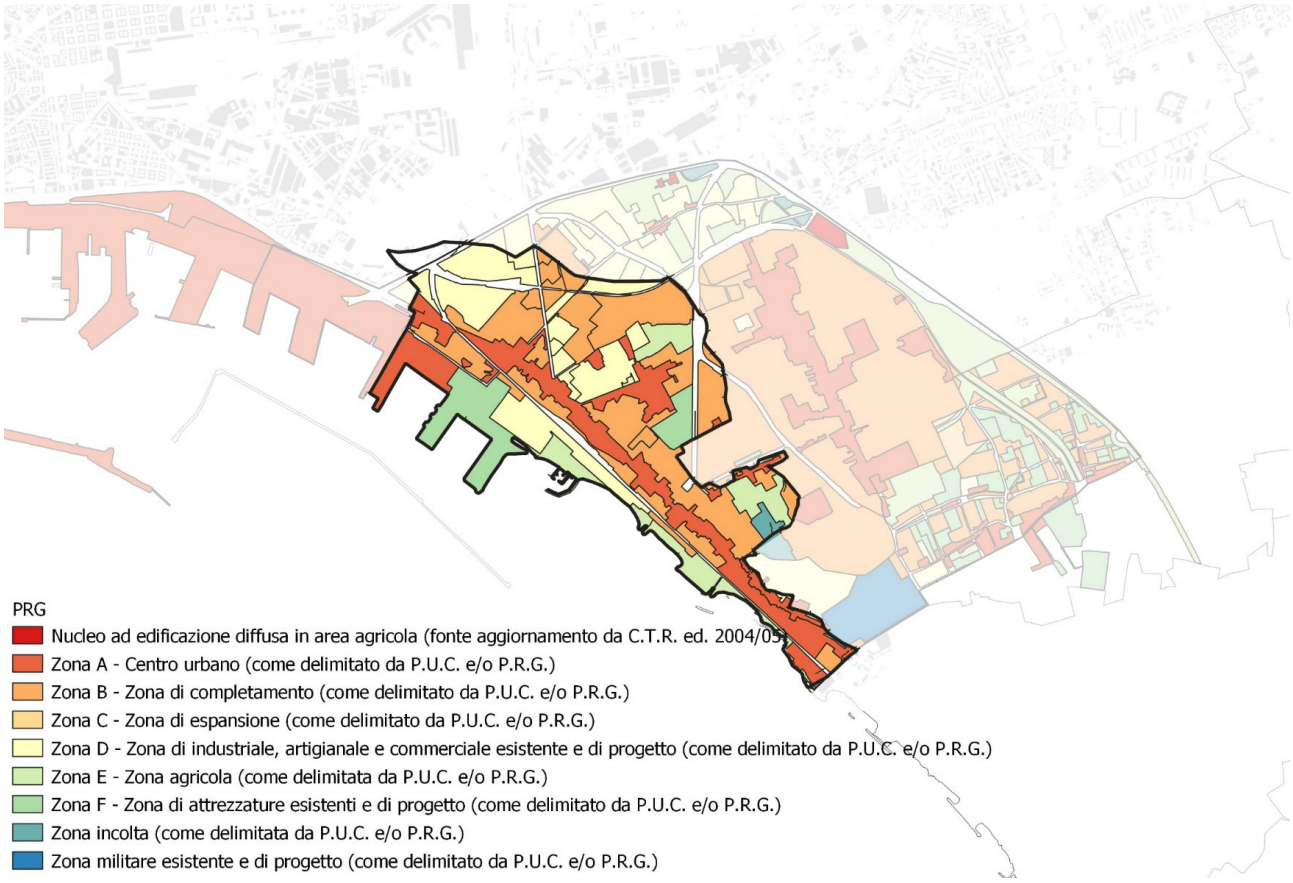


Fig. 74 - Analisi GIS del quartiere di San Giovanni a Teduccio, Napoli: zonizzazione.
Credits: Arch. Simona Mascolino.

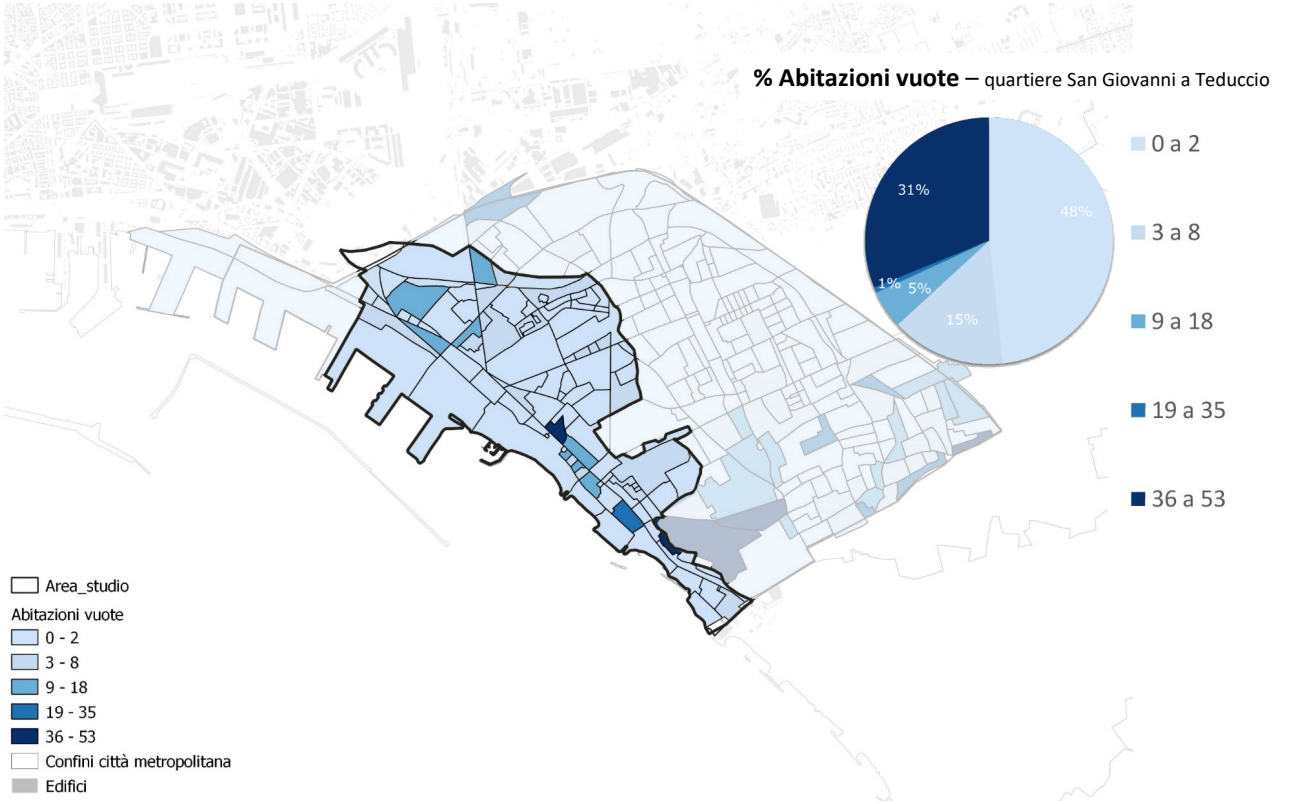


Fig. 75 - Analisi GIS del quartiere di San Giovanni a Teduccio, Napoli: percentuale di abitazioni vuote.
Credits: Arch. Simona Mascolino.

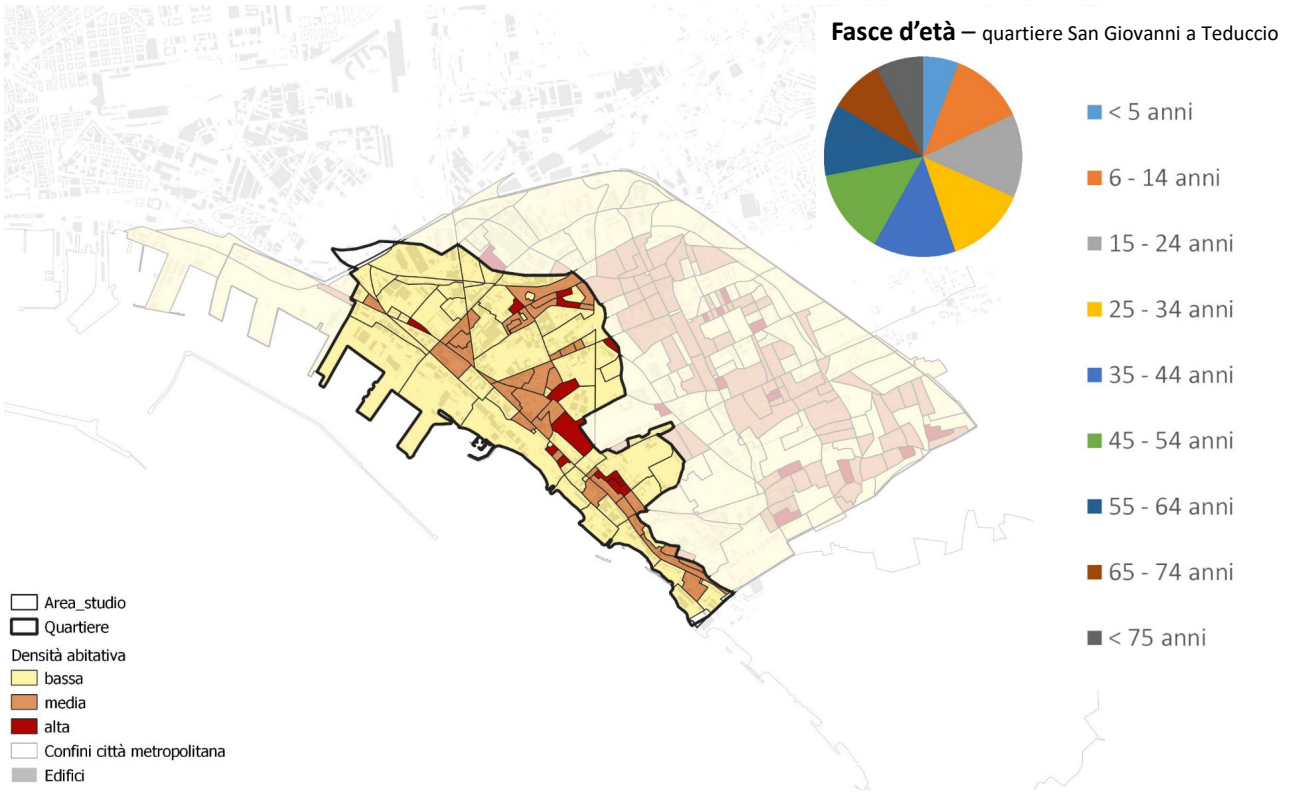


Fig. 76 - Analisi GIS del quartiere di San Giovanni a Teduccio, Napoli: fasce d'età della popolazione residente.
Credits: Arch. Simona Mascolino.

La cucina quindi presenta delle problematiche evidenti, in quanto non presenta sbocchi diretti verso l'esterno; non è dotato di aperture o possibilità di aperture per l'areazione e l'illuminazione naturale; lo scarico dei fumi non avverrebbe in modo isolato, in quanto l'edificio è chiuso su tre lati da altri fabbricati; non presenta un'area di stoccaggio rifiuti isolato e lo scarico merci avverrebbe su quello che viene considerato "asse principale" dell'intero lotto.
Partendo da queste problematiche, si è poi analizzato il modello con l'ausilio del software, che ha permesso, grazie a dei ruleset, di evidenziare ulteriori criticità.
Le analisi effettuate, per quanto riguarda la verifica dello spazio, sono state:

- proprietà dello spazio;
- area delle finestre;
- aree degli ambienti;
- numero di uscite per ambienti grandi;
- accessibilità.

Per quanto riguarda la verifica delle intersezioni tra le componenti architettoniche:

- intersezione tra lo stesso tipo di componenti;
- intersezione tra componenti diverse;
- intersezione tra altri elementi.

Infine, le analisi riguardanti il programma spaziale:

- distanza tra gli spazi;
- totale area per piano.

È stato riscontrato infatti che il rapporto aereo-illuminante delle sale ristoranti, della cucina e della sala bar è al di sotto di quanto previsto dalla normativa, quindi non sono presenti abbastanza aperture per l'attività scelta.
Inoltre, per alcune funzioni come ad esempio il deposito, sono stati destinati troppi mq rispetto a quanti ne sono necessari. Dopo aver analizzato quindi tutte le criticità e considerato il limite dato dal vincolo architettonico presente sull'intero complesso, si è proceduto con il collocare l'attività di ristorazione in un altro fabbricato, effettuando le relative analisi.
La nuova collocazione (edificio 7) si affaccia non solo sull'asse principale, ma anche su un secondo asse, individuato come asse di servizio, adatto per il carico e scarico merci; inoltre è stato possibile quindi individuare un'area destinata interamente ai servizi, permettendo di dotare il locale cucina, sia di sbocco diretto verso l'esterno, sia di avere aperture adatte all' illuminazione e all'areazione naturale.
Inoltre, il fabbricato sorge in posizione più distaccata rispetto al resto degli edifici, quindi questo fa sì che lo scarico dei fumi avvenga in posizione isolata, e, sviluppandosi su di un unico piano, permette una maggiore fluidità, sia tra gli ambienti interni, sia tra esterni e interni. Questo spostamento ha quindi apportato delle modifiche sull'intero lotto, dove sono state quindi ripensate le varie funzioni e ridistribuite, dopo le rispettive analisi.

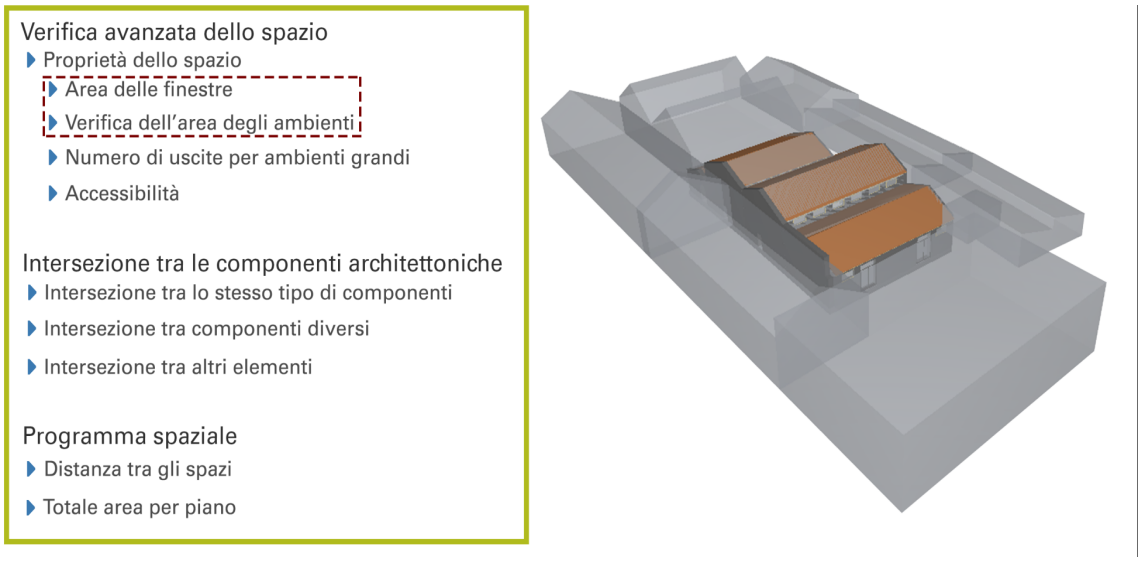


Fig. 77 - Impostazione dell'attività di Code Checking all'interno del software Solibri. Credits: Arch. Fiorella Zullo.

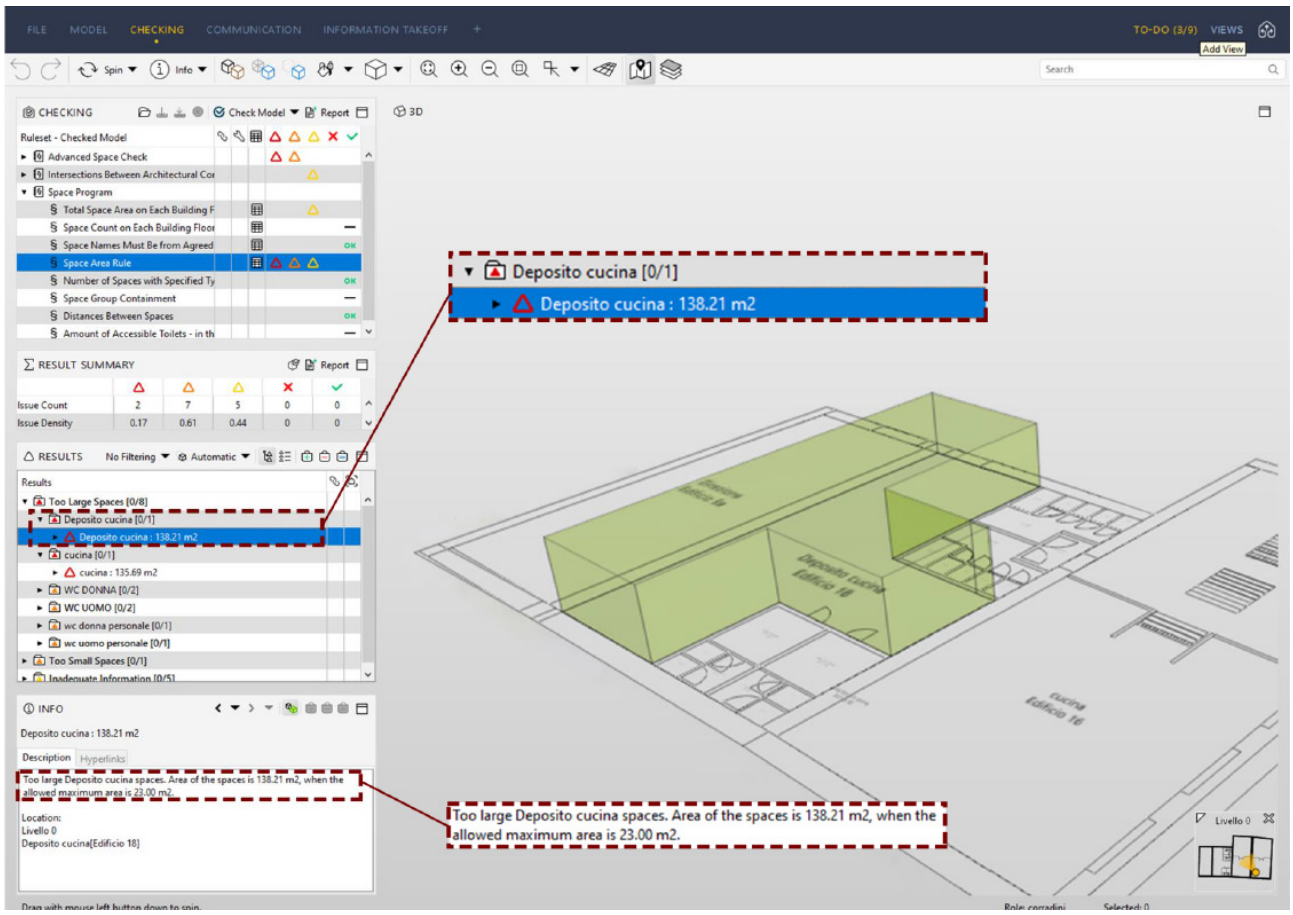


Fig. 78 - Svolgimento delle analisi di Code Checking all'interno del software Solibri. Credits: Arch. Fiorella Zullo.

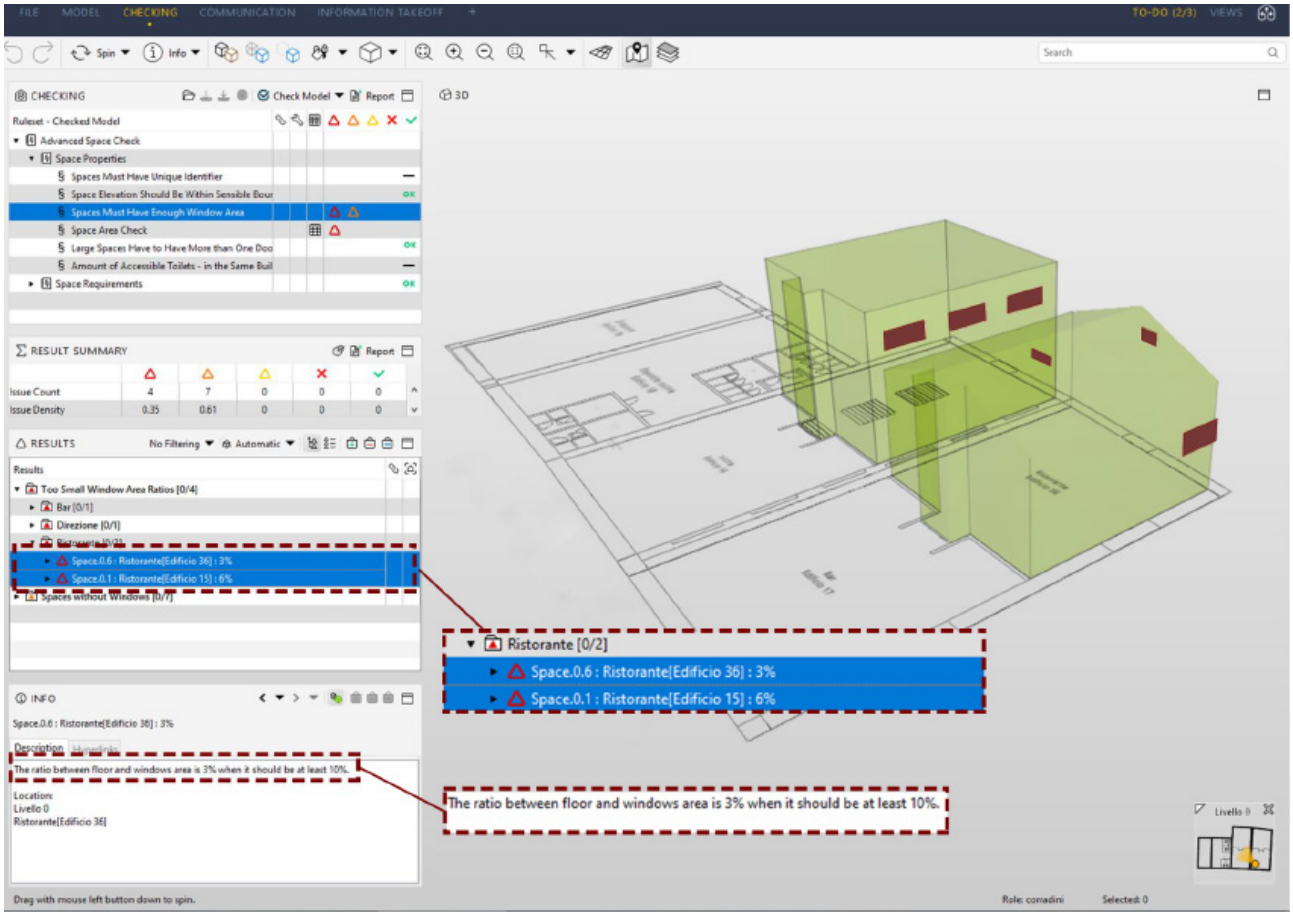


Fig. 79 - Svolgimento delle analisi di Code Checking all'interno del software Solibri. Credits: Arch. Fiorella Zullo.

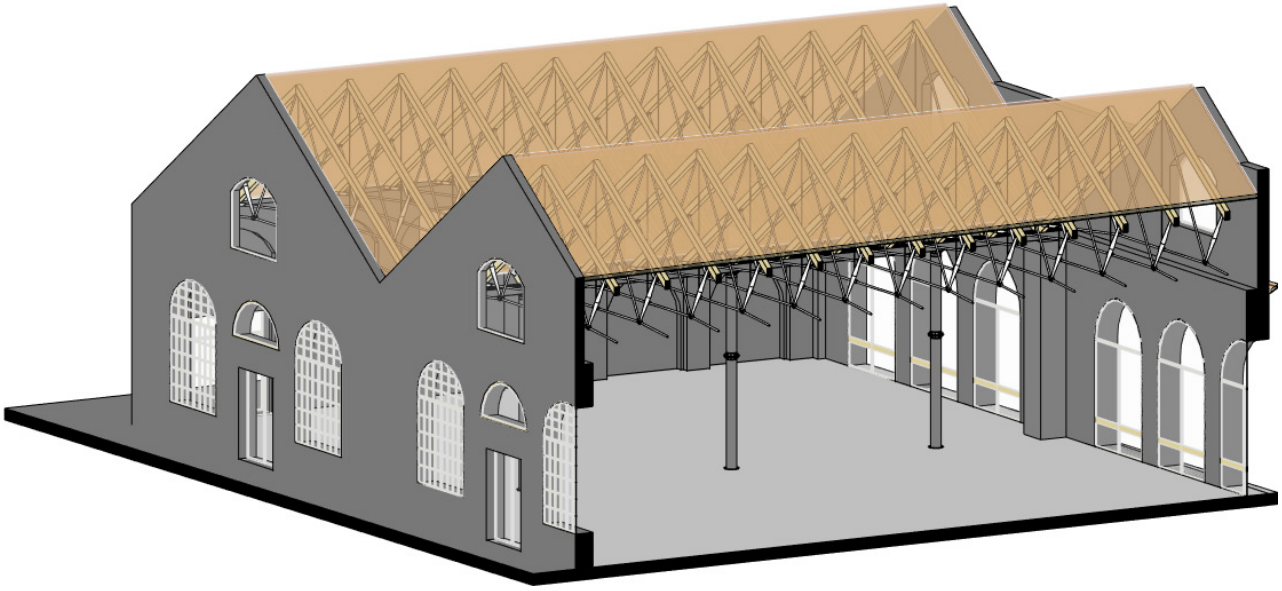


Fig. 80 - Edificio 9, planimetria del ristorante come da PFTE del Comune di Napoli. Credits: Arch. Fiorella Zullo.

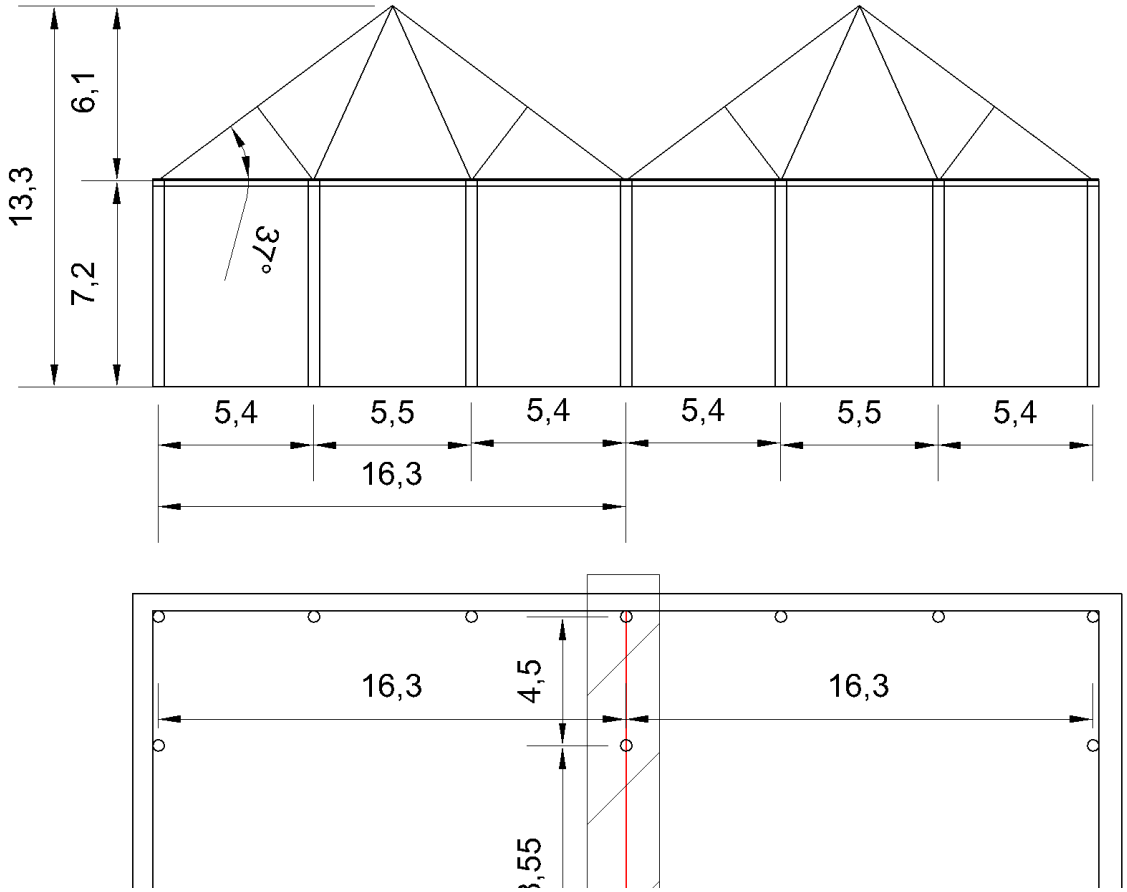


Fig. 81 - Evidenziazione delle criticità normative e tecniche della funzione ristorante collocata nell'edificio 9, come previsto dal PFTE del Comune di Napoli. Credits: Arch. Fiorella Zullo.

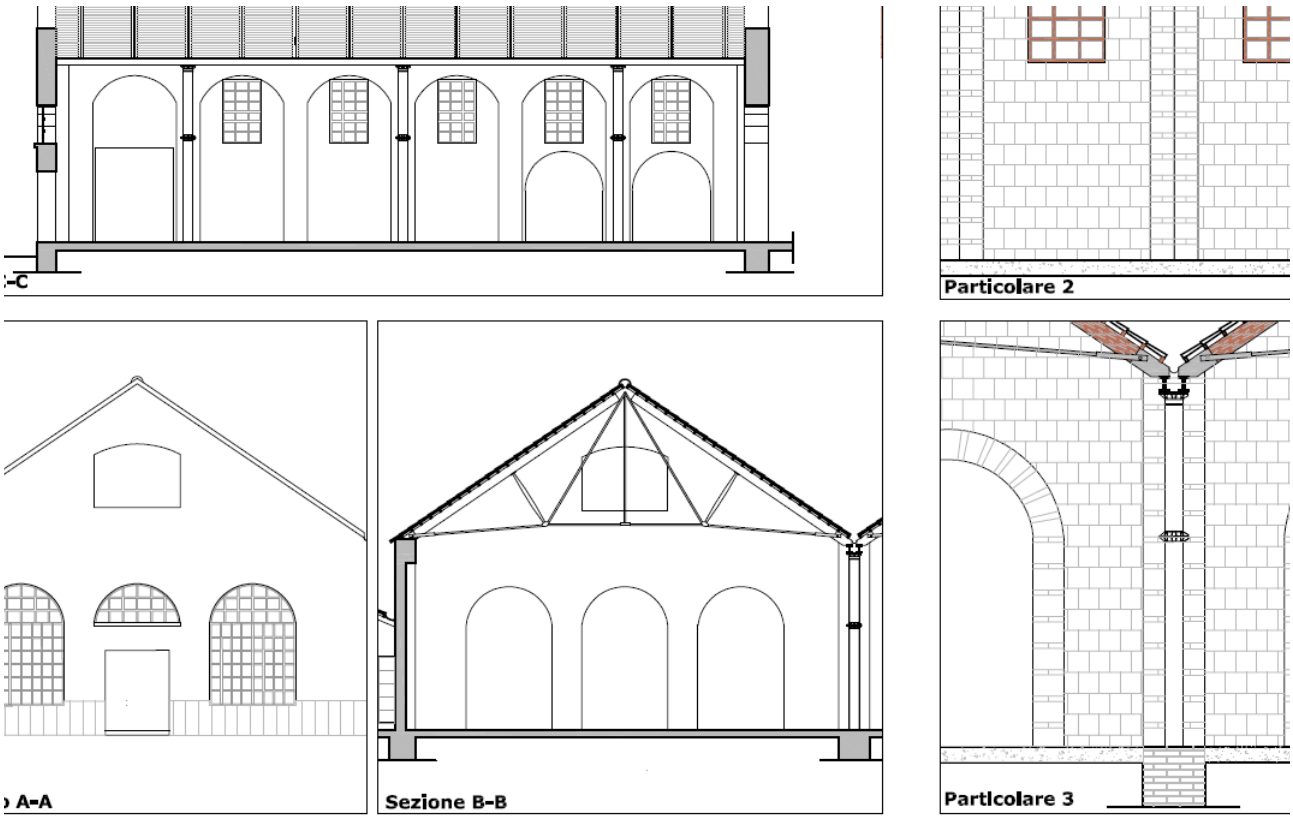


Fig. 82 - Edificio 7, planimetra della proposta di ricollocazione del ristorante. Credits: Arch. Fiorella Zullo.

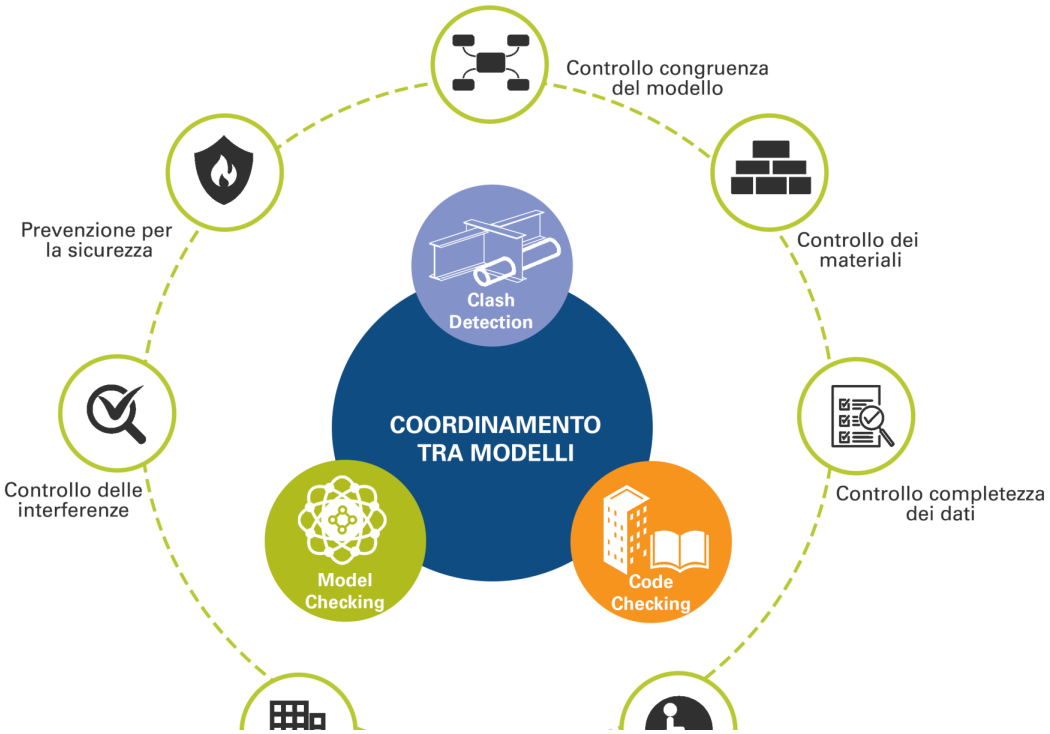


Fig. 83 - Evidenziazione delle criticità risolte attraverso la ricollocazione proposta della funzione ristorante dall'edificio 7 all'edificio 9. Credits: Arch. Fiorella Zullo.

La proposta di aggiornamento distributivo-funzionale promossa dal gruppo di ricerca muove dall'emergere di alcuni importanti fattori:

- datazione temporale del progetto preliminare per il recupero dell'ex fabbrica Corradini (delibera di Giunta comunale n. 785 del 6 novembre 2014);
- datazione temporale del rilievo degli edifici (l'ultimo rilievo risulta datato 1982);
- trasformazioni su scala urbana, nel quartiere di San Giovanni a Teduccio (in particolare: mancata realizzazione del porto, previsto dal progetto della società PortoFiorito srl; sviluppo del Complesso Universitario di San Giovanni a Teduccio).

Si propone quindi di:

- riequilibrare le funzioni già previste da progetto preliminare, in adeguamento alle importanti variazioni avvenute, ripensando il loro assetto e peso distributivo;
- inserire delle nuove funzioni in armonia con l'immagine potenziale dell'area ex-Corradini di hub universitario e incubatore creativo, spazio di lavoro, cultura e tempo libero, nel rispetto delle destinazioni d'uso previste dal Piano.

Lo sviluppo degli scenari funzionali, basato sulle verifiche di Compliance BIM, ha previsto lo sviluppo di alternative progettuali che, tenendo conto dell'attuale incertezza delle informazioni sulla condizione degli edifici, sono stati implementati come proiezioni basate sull'interpolazione tra un 'set' di funzioni e i possibili spazi all'interno dei quali collocarle.

Sulla base della analisi svolte e delle criticità emerse sono stati redatti 3 scenari alternativi di rifunzionalizzazione degli spazi dell'ex Complesso industriale "Corradini", che in generale prevedono:

- il mantenimento di alcune delle funzioni previste dal progetto preliminare, in accordo con l'analisi urbana svolta, ma con ipotesi di ridistribuzione all'interno dell'area;
- il rafforzamento della funzione di residenza (universitaria), e delle relative aree di servizio e supporto, in previsione di una forte continuità funzionale con il polo universitario di San Giovanni a Teduccio;
- l'inserimento di nuove funzioni, con bacino d'utenza esteso all'intero quartiere, che comportino basso rischio di sottoutilizzo degli edifici e che risultino conformi alle disposizioni di piano.

Restano inalterati, per ognuno degli scenari di seguito descritti, gli accessi al lotto, sia pedonali che carrabili. Si propone di adibire in via temporanea la piazza centrale, area di sedime di uno dei fabbricati destinati alle demolizioni previste dal piano, ad area di parcheggio e di smistamento dei principali flussi carrabili. In questo modo i flussi carrabili, spostati sulla piazza e sui bordi inferiore e laterale del lotto, non intercettano i flussi pedonali principali e le aree per parcheggio, più ampie, sono a servizio diretto delle attività inserite.

Lo scenario 1 prevede l'inserimento di nuove funzioni, ritenute adatte ad accogliere un bacino di utenza più esteso e diversificato. In particolare, si propone l'inserimento di attività a carattere espressivo culturale (edificio "8") e per lo sport e il tempo libero (edificio "10").

Si propone inoltre di destinare parte dell'edificio "8" a Foresteria (inserendo un secondo livello compatibile con le altezze utili rilevate), preferendone quindi una posizione baricentrica, a diretto servizio dell'area destinata a parcheggio e di accoglienza dei flussi carrabili in ingresso.

Lo scenario 1 prevede, inoltre, il rafforzamento della funzione di residenza universitaria, dislocata in parte nell'edificio 11, convertito da albergo (scenario 0) in residenza universitaria, in parte negli edifici 9 (destinati originariamente a spazi per la ristorazione), in parte nell'edificio 7, in continuità con le scelte di piano. In conformità alla normativa in materia di standard minimi concernenti la realizzazione di alloggi e residenze per studenti universitari (D.M. n. 936/2016), e diversamente da quanto previsto nel progetto preliminare, gli alloggi sono collocati ai livelli superiori degli edifici suddetti (ed. 11 e ed. 7). I livelli posti a quota stradale, invece, sono destinati a servizi comuni relativi alle residenze universitarie, spazi di accoglienza e controllo accessi.

Si prevede di affidare a soggetti privati la gestione delle sole funzioni di ristorazione, collocate negli edifici 2, 3, 6, in corrispondenza quindi della piazza centrale. Lo scenario 2 ripropone l'idea del progetto preliminare di destinare ad attività di ristorazione gli edifici 9c e 9d, tuttavia, con una ridistribuzione degli spazi. Infatti, nell'edificio 9d vengono inseriti i locali destinati a deposito, spogliatoi del personale e cucina, così da avere aperture dirette sullo spazio esterno e da facilitare le attività di carico e scarico merci. L'edificio 9c è destinato alla consumazione dei pasti con una sala ristorante che si sviluppa su di un unico livello. Questa soluzione ha come vantaggio la distinzione dei percorsi sporco-pulito e utenza-personale di servizio, in conformità alle direttive dell'ASL e al Regolamento di igiene e salute.

Inoltre, In conformità alla normativa in materia di progettazione di residenze universitarie (D.M. n. 936/2016), e diversamente da quanto previsto dal progetto preliminare, le residenze universitarie sono collocate al livello superiore dell'edificio 11. I livelli posti a quota stradale dell'edificio 11 e 7, invece, sono destinati a servizi comuni relativi alle residenze universitarie (laboratori, aule studio, spazi di accoglienza e controllo accessi), costituendo, quindi, un continuum funzionale, il cui fulcro è costituito dalla piazza minore, luogo di raccolta dei principali flussi pedonali in uscita dalla stazione ferroviaria e dal sottopassaggio pedonale. Tali spazi comuni sono, poi, direttamente collegati con le altre funzioni pubbliche previste nell'edificio 8, destinato ad attività espressivo-culturale al piano terra (auditorium, ludoteca) e di foresteria al piano superiore e quelle previste nell'edificio 6, destinato a biblioteca – sala multimediale (in continuità con il progetto preliminare). Resta ferma, rispetto allo scenario precedente, la scelta di destinare ad aree per lo sport e il tempo libero gli edifici 10a e 10b.
In questo scenario gli edifici 2 e 3 (pubblico esercizio) e gli edifici 9e e 9d (ristorazione) saranno gestiti da privati mentre la restante parte è destinata alla gestione pubblica.
Lo scenario 3 propone una diversa collocazione delle attività di ristorazione, spostate negli edifici 7a e 7b (destinati a residenze universitarie nel progetto preliminare). Da tale scelta consegue che tutti i locali, distribuiti su un unico livello, risultano ben ventilati ed areati. In particolare, il locale cucina ha accesso diretto dall'esterno e aperture dirette su spazi esterni; i percorsi dell'utenza sono separati da quelli del personale di servizio, i flussi sporco-pulito risultano distinti e le attività di scarico e carico merci avvengono su un asse marginale di servizio.
Le attività universitarie trovano spazio negli edifici 9c, 9d ed 11. In particolare, gli alloggi sono tutti ai livelli superiori mentre al piano terra di ciascun edificio si prevedono spazi di accoglienza, controllo degli ingressi e tutti i servizi relativi alle residenze universitarie (aule studio e laboratori).
L' edificio 8, organizzato su due livelli, ospita l'albergo, che ha, in questo modo, accesso diretto sull'asse principale dei percorsi pedonali e sulla piazza (parcheggio) e risulta in posizione baricentrica rispetto alle funzioni previste negli altri edifici.
Infine, così come negli altri scenari, si propone di inserire negli edifici 10a e 10b funzioni con bacino d'utenza esteso all'intero quartiere e con basso rischio di innescare fenomeni di sottoutilizzo: attività per lo sport e il tempo libero. Tali edifici sono nelle immediate vicinanze dell'area adibita a parcheggio e della strada carrabile. In tale scenario si ha una distribuzione bilanciata di funzioni a gestione pubblica e privata.
Lo scenario di sintesi, nasce da parere finale emesso dai rappresentanti dell'amministrazione del Comune di Napoli, visti ed analizzati gli scenari precedentemente illustrati e valutata la compatibilità delle proposte con la normativa urbanistica vigente e con le trasformazioni fisiche ammissibili.
Resta inalterata nello scenario di sintesi la proposta di adibire in via temporanea la piazza centrale, ad area di parcheggio per una quota pari a circa 1.000 mq. In questo modo, come proposto, si ottiene lo smistamento dei principali flussi carrabili che, spostati sulla piazza e sui bordi inferiore e laterale del lotto, non intercettano i flussi pedonali principali. Inoltre, le aree per parcheggio, più ampie, sono a servizio diretto delle attività inserite nel lotto.
Lo scenario di sintesi riprende la distribuzione funzionale proposta dallo scenario n. 3 con alcune modifiche di seguito descritte. Innanzitutto, resta salva la finalità di interesse pubblico dell'intervento (restando preminente la gestione pubblica degli immobili su quella privata) e, in particolare, si ritiene opportuno affidare la gestione pubblica delle residenze universitarie e dei servizi alle residenze universitarie all' azienda per il Diritto allo Studio Universitario della Regione Campania (ADISURC), differenziandola rispetto alla generalità della "gestione pubblica".
Come da proposta, si rafforza la funzione di residenza (universitaria), e delle relative aree di servizio e supporto, con valorizzazione del ruolo dell'area ex-Corradini quale hub universitario. Per tale motivo, oltre agli edifici 11 e 9 (scenario 3), si prevede di destinare anche l'edificio 7b a servizi alle residenze universitarie, riducendo conseguentemente lo spazio dedicato alla ristorazione che, tuttavia, resta nell'edificio 7a.
Le funzioni previste per gli edifici 8a e 8b sono quelle di teatro e ludoteca. Non si prevede, quindi, l'inserimento ad un livello superiore dell'attività di foresteria: gli ambienti si sviluppano su un unico livello, esclusa la possibilità di apertura di finestre per l'areazione e illuminazione degli ambienti di un eventuale secondo piano (non sussiste la ragione di soddisfacimento di requisiti minimi igienico-sanitari e di sicurezza non rispettati allo stato di fatto).
Come da proposta, gli edifici 9a e 9b ospitano funzioni amministrative (uffici) e negli edifici 10 a e 10 b trovano spazio attività per lo sport e per il tempo libero (piscina e palestra).

Area di intervento_ Ex-Corradini

Distribuzione delle funzioni come da progetto preliminare - scenario 0

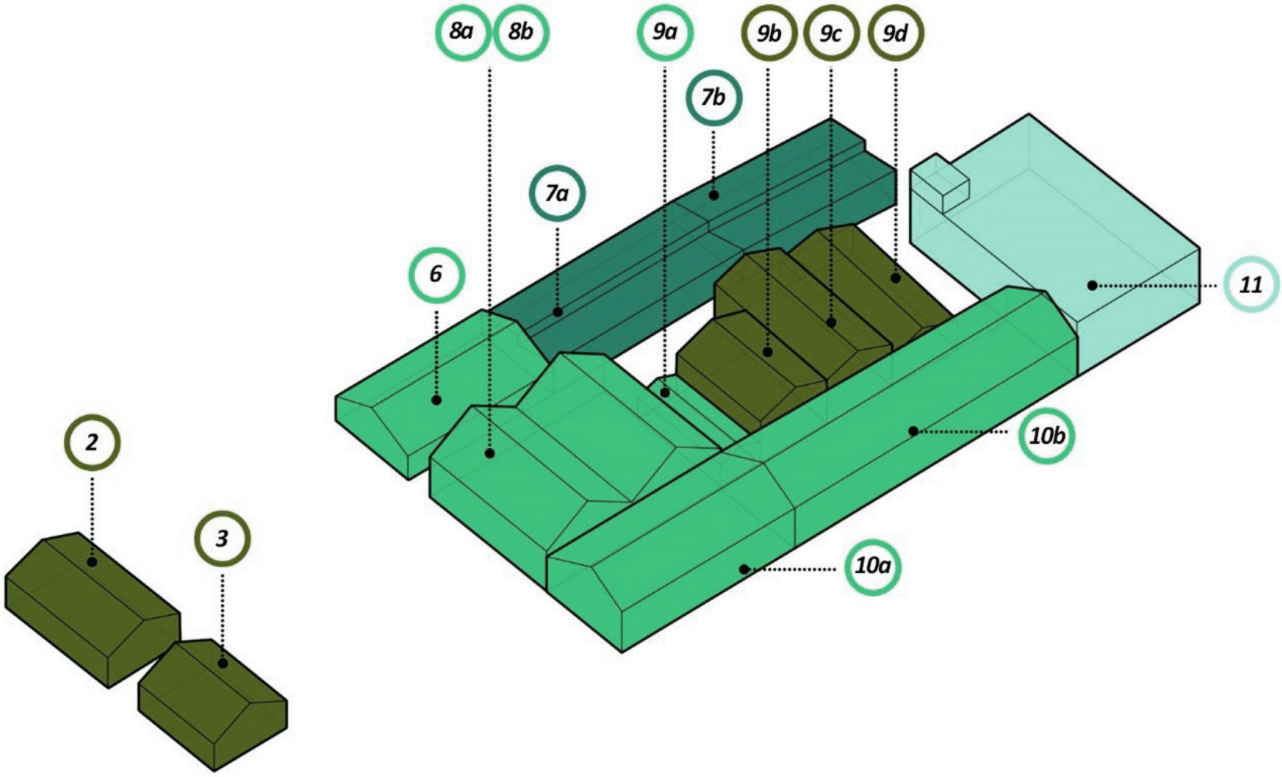


Fig. 84 - Scenario 0. Schema funzionale. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

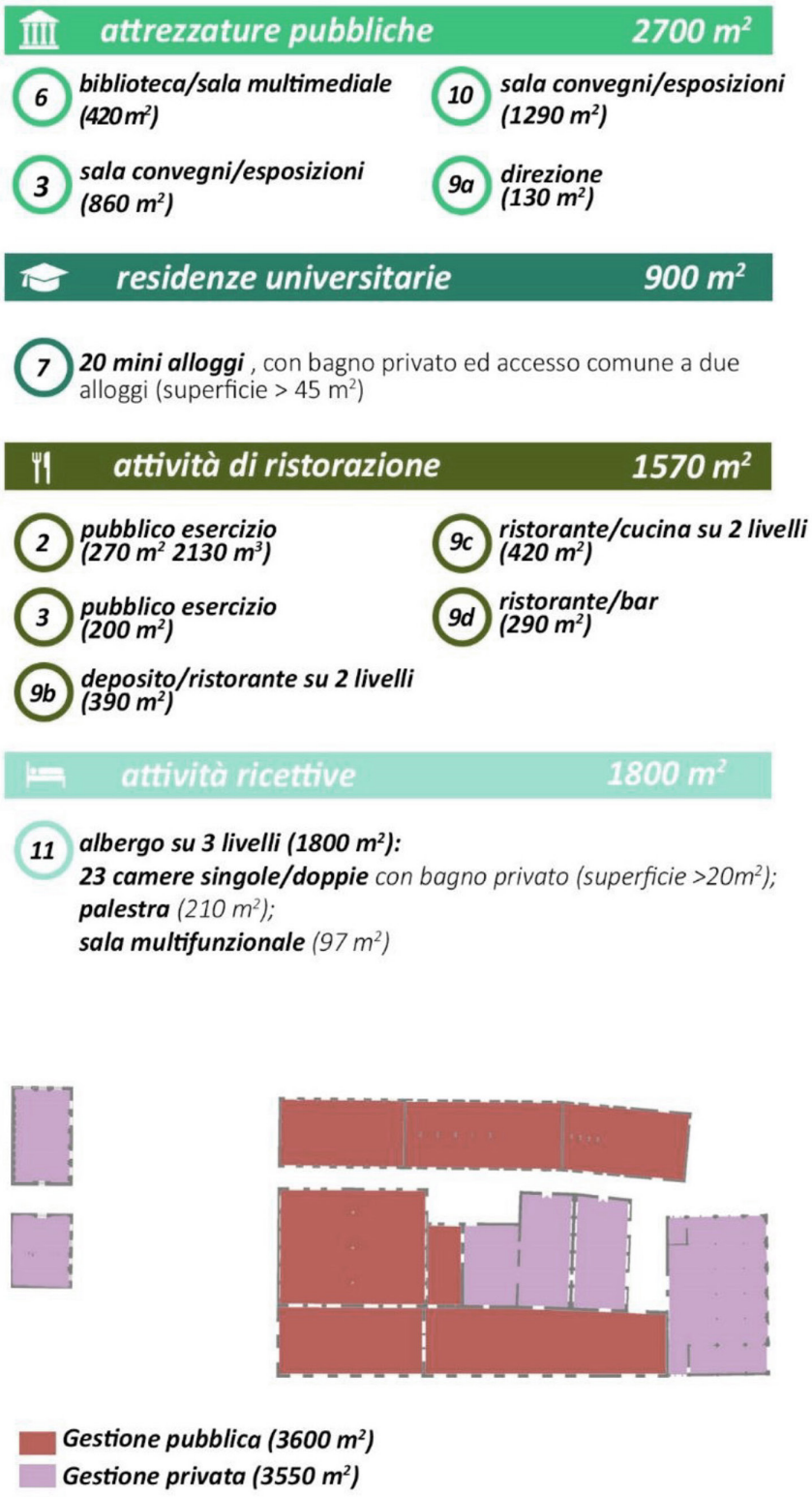
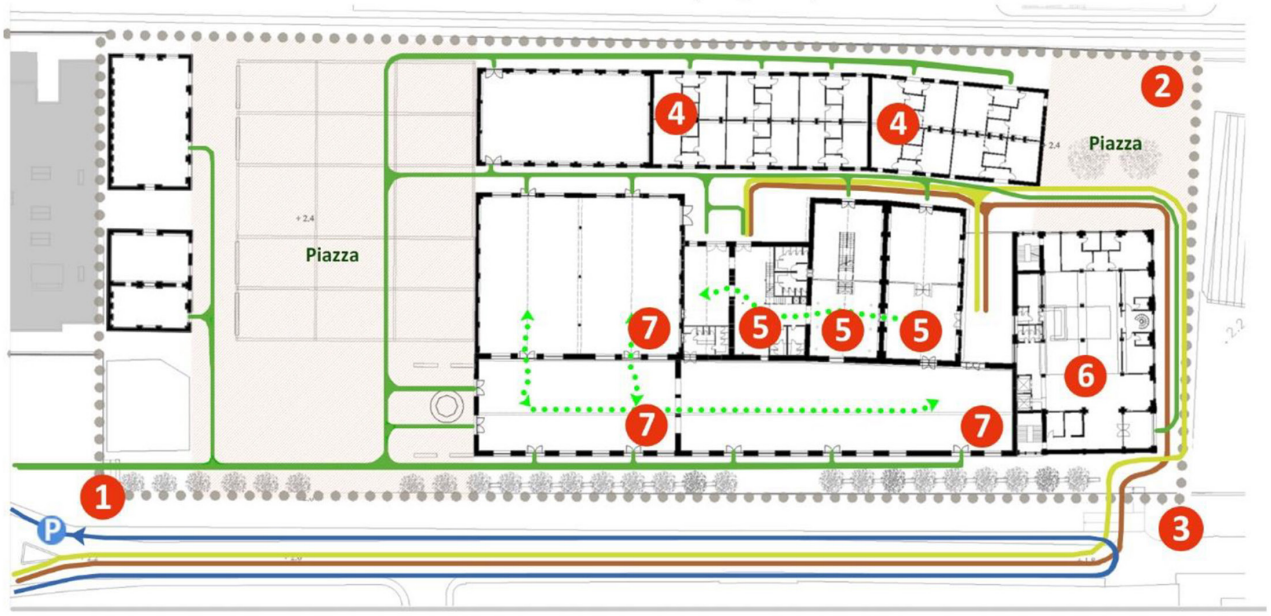


Fig. 85 - Scenario 0. Analisi dimensionale delle funzioni. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

Area di intervento_ Ex-Corradini

Distribuzione dei flussi e delle funzioni come da progetto preliminare - scenario 0



Legenda - ***flussi***

- Percorso **pedonale**
- Percorso **carrabile**
- Percorso **rifiuti**
- Percorso **carico/scarico merci**
- Percorsi **interni**

Legenda - ***edifici***

2- Pubblico esercizio
3- Pubblico esercizio
6 - Biblioteca/sala multimediale
7a/b - Residenze universitarie
8a/b- Sala convegni/esposizioni
9a- Direzione
9b- Ristorante/deposito
9c - Ristorante/cucina
9d - Ristorante/bar
10a/b- Sala convegni/ esposizioni
11- Albergo

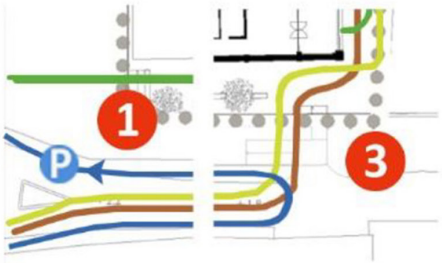
Fig. 86 - Scenario 0. Analisi dei flussi. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

Criticità emerse

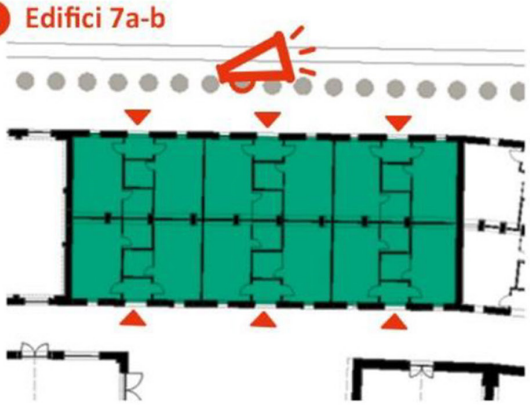
Accessi, flussi, parcheggi

1 2 3

L'accesso al lotto avviene da soli due punti, di cui uno carrabile (esistente, ma da riconfigurare) **(1)** e uno pedonale **(2)** (da sottopasso ferroviario). I parcheggi previsti dal piano sono posti al limite estremo del lotto, lontani quindi dalle funzioni previste e in numero esiguo.
Il percorso delle merci e di raccolta dei rifiuti prosegue dalla strada carrabile al limite inferiore del lotto, sull'area pavimenta su cui insistono gli edifici nel punto **(3)**, dopo superamento di un dislivello.



4 Edifici 7a-b



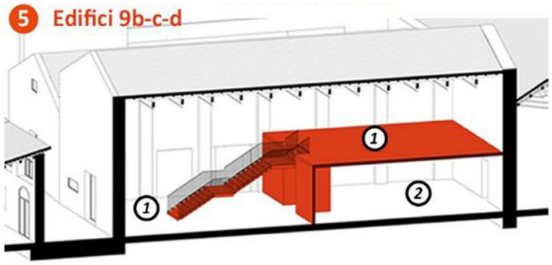
L'edificio destinato a residenza universitaria si trova a ridosso dell'infrastruttura ferroviaria, "sorgente fissa" di rumore.
Non sono previsti spazi di controllo degli ingressi e di distribuzione comuni.
Gli accessi, multipli, avvengono anche da aree marginali sul limite superiore del lotto.
Non sono previsti spazi per servizi alle residenze.
Gli alloggi si sviluppano su un unico livello a quota stradale.

Non conformità alla legge n. 936/2016 ✕

Criticità emerse

Distribuzione funzionale: aspetti tipologici, dimensionali, normativi

5 Edifici 9b-c-d

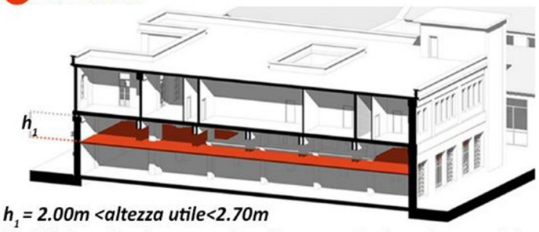


① Sala ristorante ② Locale cucina

Gli edifici destinati ad attività di ristorazione sono in posizione baricentrica all'interno del lotto: le attività di carico/scarico merci e raccolta rifiuti avvengono sull'asse principale, ad alto flusso pedonale.
Il locale cucina non presenta aperture su pareti esterne, nè confina con uno spazio esterno. L'accesso avviene dal locale di consumazione pasti.
Data la posizione dei locali deposito e cucina, non sono adeguatamente distinti i percorsi utenza - personale di servizio.
Parte delle aree destinate alla consumazione dei pasti è su piano soppalcato (quota 3 m).

Non conformità al D.M. 12 aprile 1996
Non conformità alle direttive dell'ASL
Non conformità al Regolamento di igiene e salute ✕

6 Edificio 11



h_1 = 2.00m <altezza utile<2.70m

L'edificio destinato ad albergo risulta in posizione marginale rispetto all'area destinata a piazza e parcheggio. La scelta di disporre delle camere al piano terra determina problemi di privacy e sicurezza
Il progetto preliminare, inoltre, prevede l'inserimento di un piano ammezzato per alloggiare camere, centro benessere, sala polifunzionale. L'**altezza utile risulta inadeguata alle funzioni previste**. La sala polifunzionale, servita solo dal blocco scale, risulta inaccessibile per utenti con disabilità motoria.

Non conformità al Regolamento edilizio e di igiene ✕

7 Edifici 8a-b, 10a-b

Il progetto preliminare prevede che gli edifici 8a-b 10 a-b siano destinati a sala per convegni ed esposizioni. Tale funzione risulta: già presente nell'area limitrofa del Complesso Universitario di San Giovanni a Teduccio e possibile causa di sottoutilizzo degli immobili, non prevedendone un uso continuativo.

Fig. 87 - Scenario 0. Analisi delle criticità normative e funzionali. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

Area di intervento_ Ex-Corradini

Nuova distribuzione delle funzioni insediabili - *scenario 1*

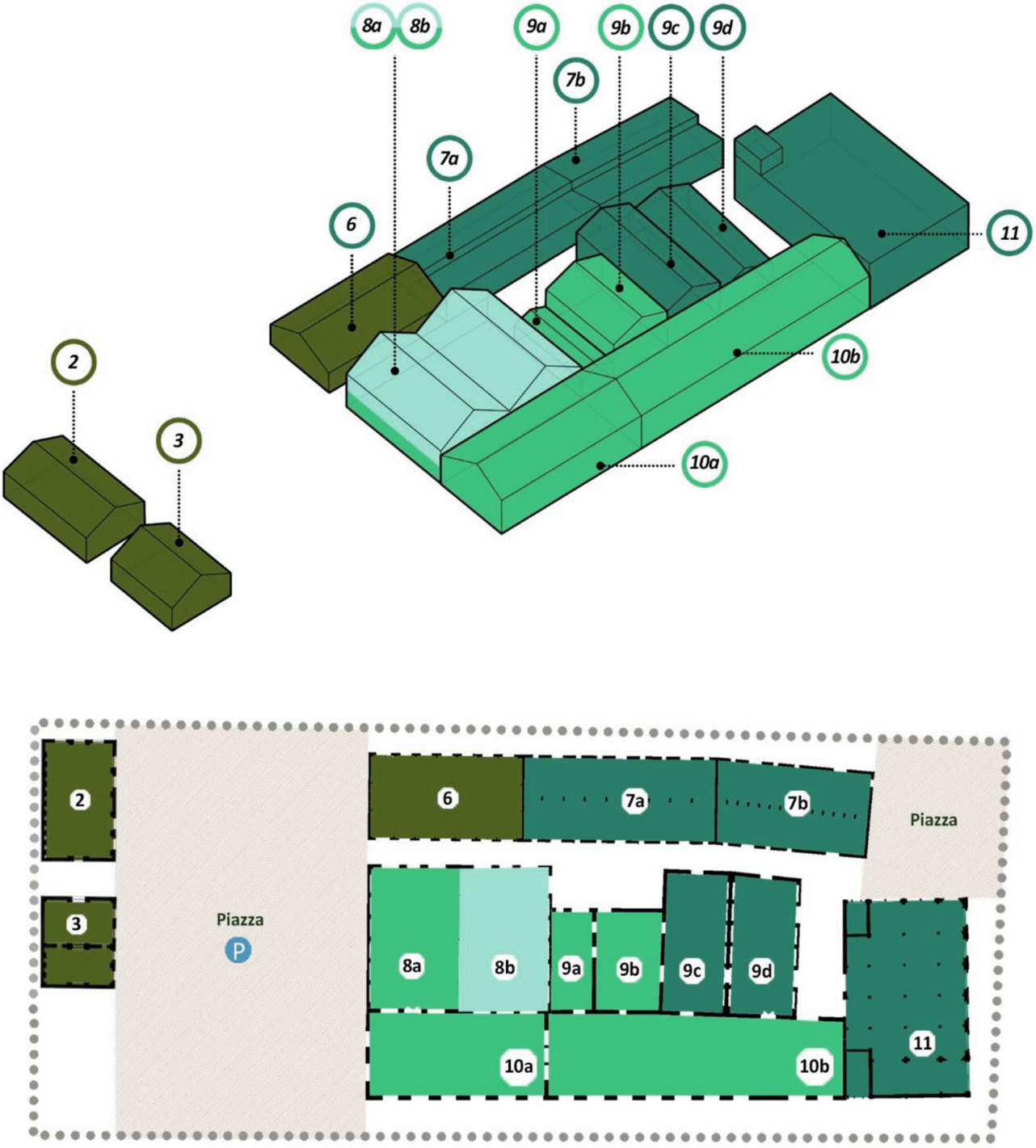


Figura 88 - Scenario 1. Schema funzionale. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

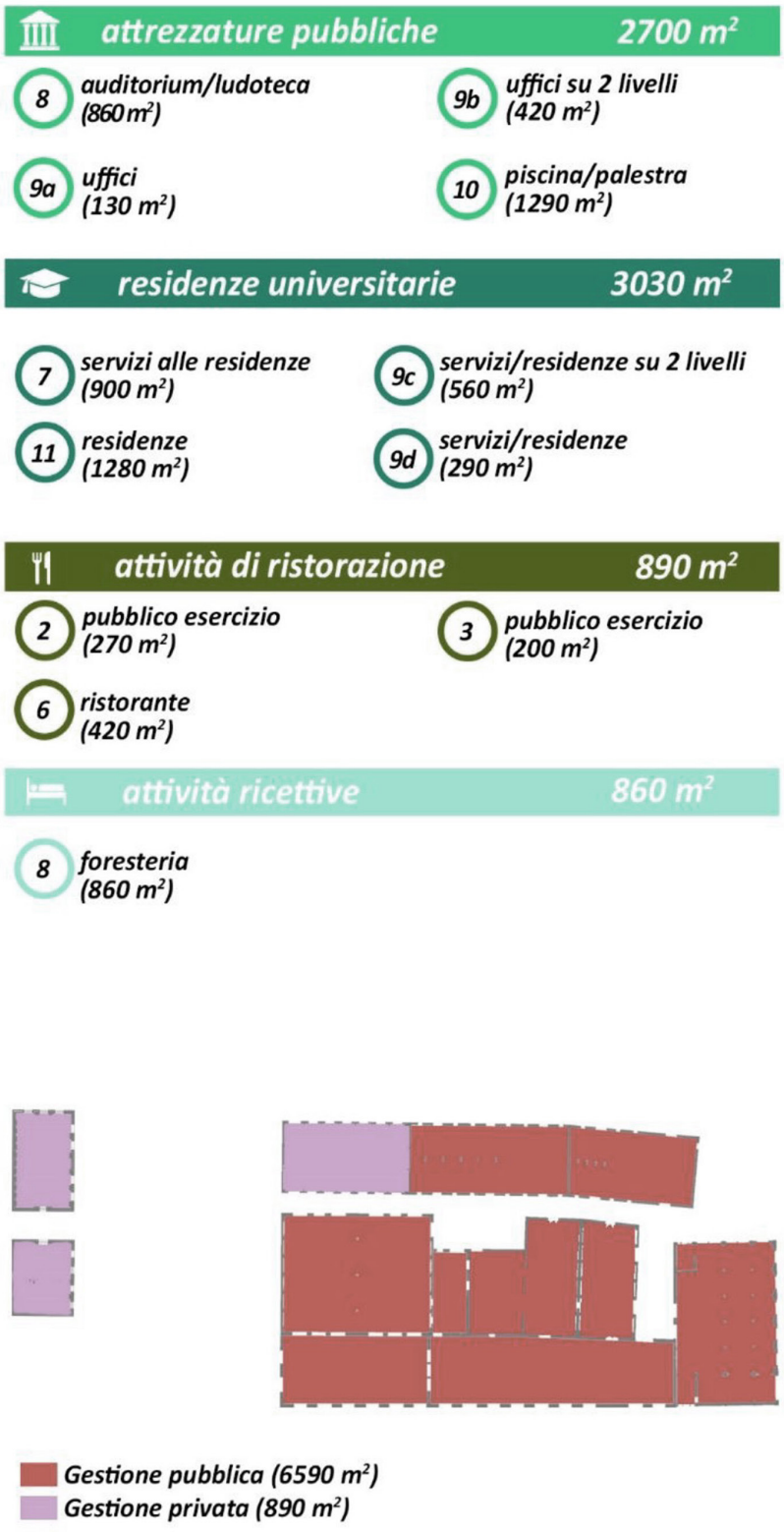


Figura 89 - Scenario 1. Analisi dimensionale delle funzioni. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

Fig. 90 - Scenario 1. Analisi dei flussi. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

Proposte

Accessi, flussi, parcheggi

1

La piazza centrale (area di sedime dell'edificio 5) viene momentaneamente adibita a parcheggio e area di circolazione interna al lotto. I flussi carrabili (di utenza, merci, rifiuti) avvengono quindi sulla piazza e sui bordi inferiore e orientale del lotto, senza intercettare i flussi pedonali principali.

I parcheggi, in numero maggiore, saranno a servizio diretto delle funzioni previste.

Continuità con il PFTE

5 Edifici 7a-b

Si propone di destinare gli edifici 7a e 7b a residenza universitaria che, però, ospitano unicamente i **servizi** ad essa correlati.

Conformità al D.M. n.936/2016

6 Edificio 11

Si propone di destinare l'edificio 11 a residenza universitaria.
Gli alloggi (camere singole e doppie secondo la tipologia ad albergo) sono distribuite al livello superiore.
Si prevedono spazi di distribuzione ed aree comuni di servizio al piano terra direttamente collegati con le altre funzioni pubbliche previste.
L'accesso all'edificio (degli utenti) avviene in corrispondenza della piazza minore, area di accesso al sottopasso pedonale dove quindi convogliano i principali flussi pedonali, in particolare degli studenti.
Non è previsto l'inserimento del piano ammezzato.

Conformità al D.M. n.936/2016
Conformità al Regolamento edilizio e di igiene e salute

Proposte

Nuovi aspetti tipologici, dimensionali e normativi

2 Edificio 6

Si propone di destinare l'edificio 6 a ristorante in continuità funzionale con gli edifici 2 e 3.
Le attività di scarico/carico merci e raccolta dei rifiuti avvengono sulla piazza principale, in continuità con quelle relative agli edifici 2 e 3.

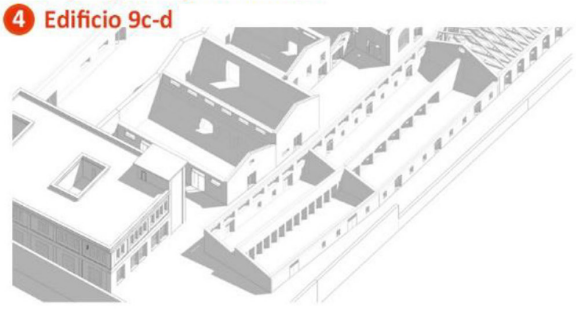
3 Edificio 8a-b, 10a-b

Si propone di inserire negli edifici 10a e 10b funzioni con bacino d'utenza esteso all'intero quartiere e con basso rischio di innescare fenomeni di sottoutilizzo: attività di tipo espressivo – culturale (ed.8 al piano terra) ed attività per lo sport e il tempo libero (ed. 10a-b).

Tali edifici sono nelle immediate vicinanze della piazza (adibita anche a parcheggio) e della strada carrabile.

Inoltre, si propone di destinare il livello superiore dell'edificio 8 a Foresteria, direttamente collegata a tutte le funzioni pubbliche presenti sul lotto.

4 Edificio 9c-d



SI propone di destinare gli edifici 9c e 9d a residenza universitaria. Gli alloggi (camere singole e doppie secondo la tipologia ad albergo) sono distribuite al livello superiore per una corretta illuminazione e ventilazione degli ambienti.
Si prevedono spazi di distribuzione ed aree comuni di servizio al piano terra direttamente collegati con gli edifici 11 e 7, aventi funzioni simili.
L'edificio risulta in posizione prossima alla piazza minore, area di accesso al sottopasso pedonale, dove quindi convogliano i principali flussi pedonali, in particolare degli studenti.

Conformità al D.M. n.936/2016

Fig. 91 - Scenario 0. Analisi delle proposte di rifunzionalizzazione. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

Area di intervento_ Ex-Corradini

Nuova distribuzione dell funzioni insediabili - *scenario 2*

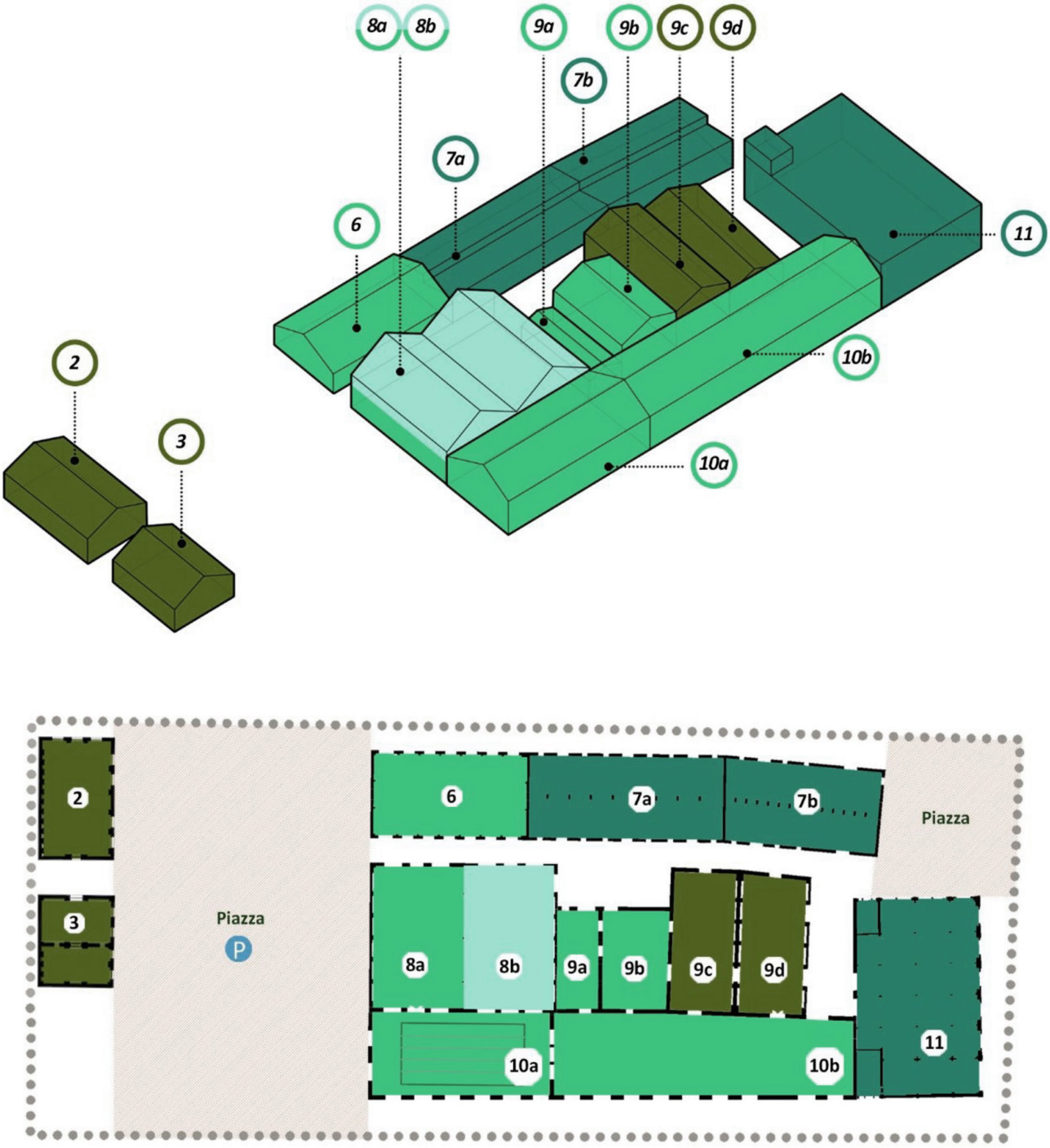


Fig. 92 - Scenario 2. Schema funzionale. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

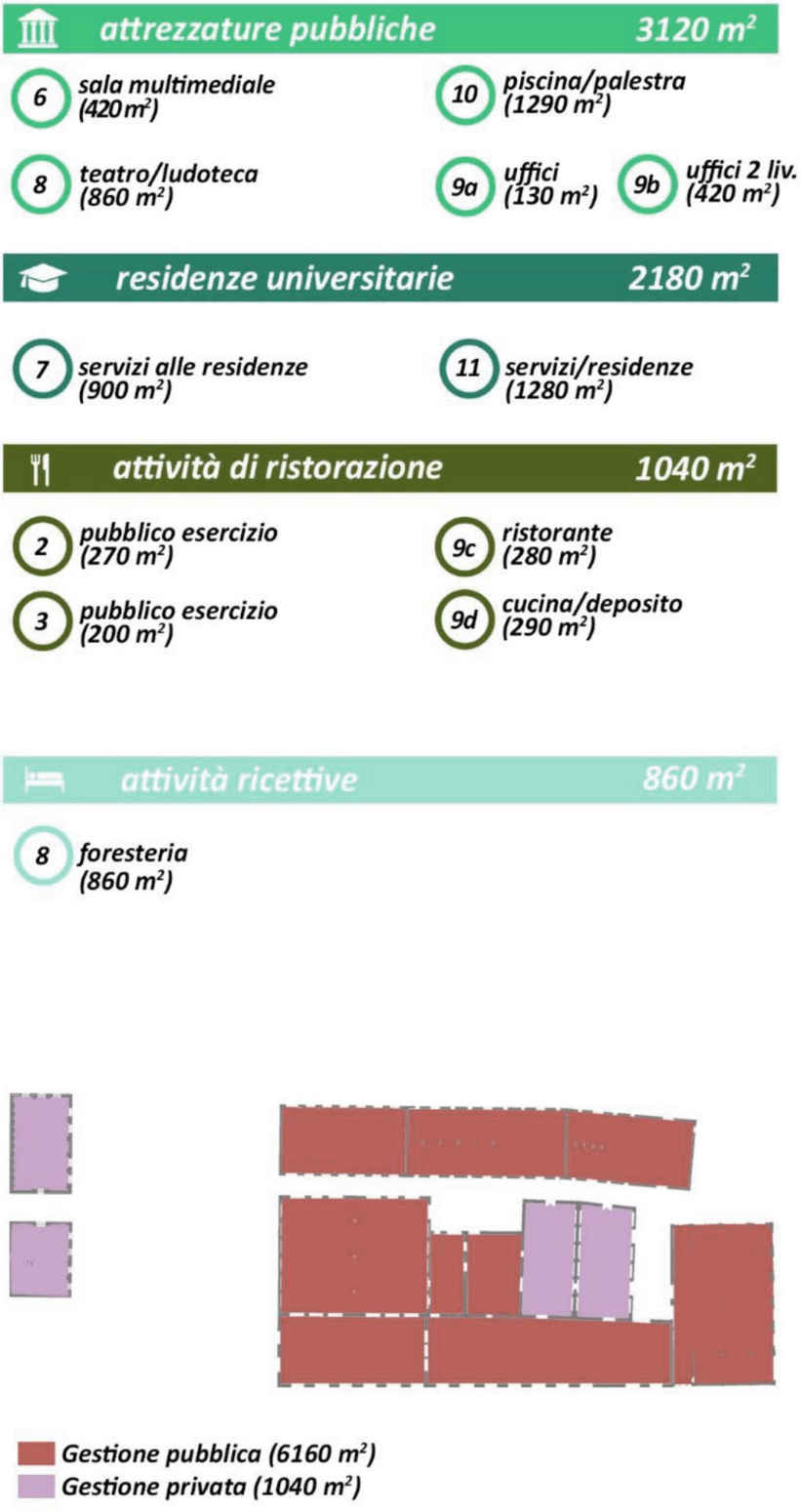
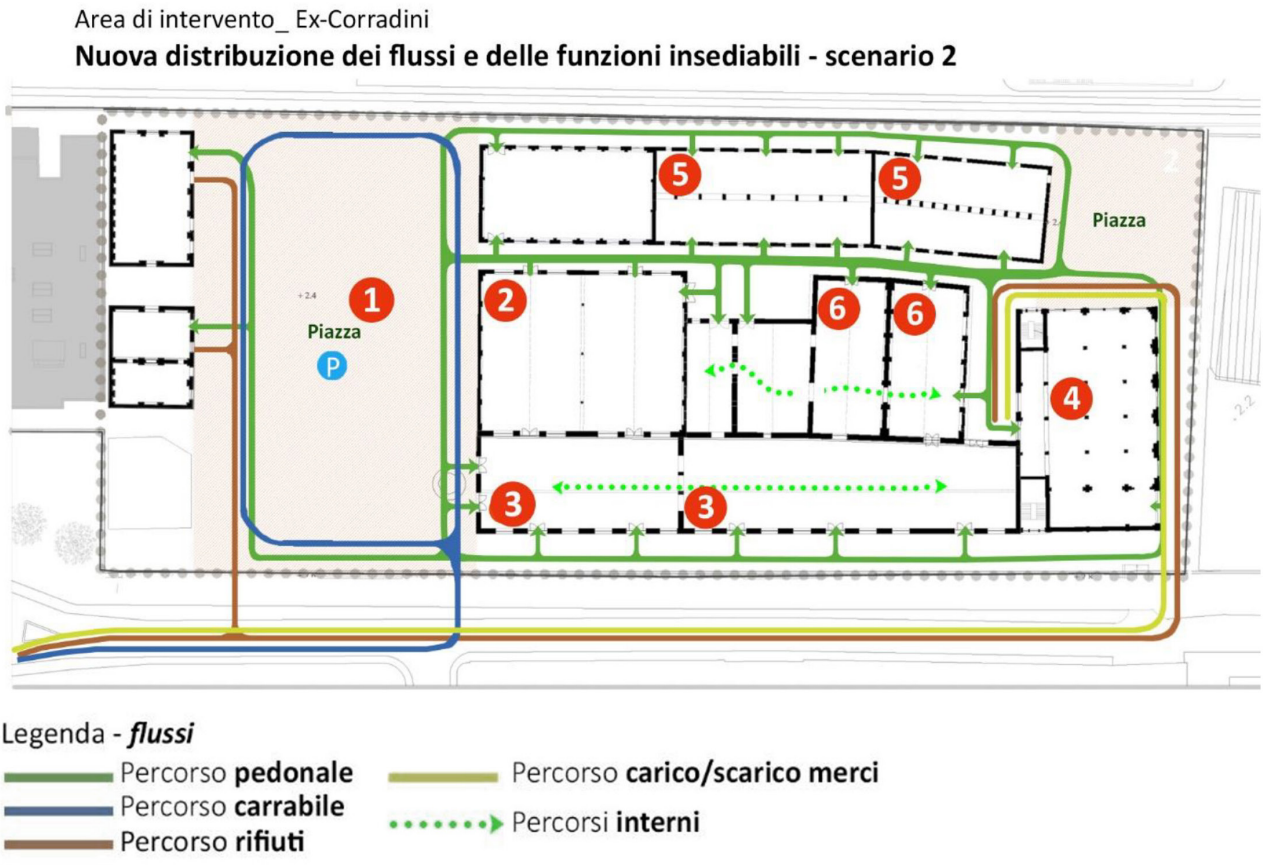


Fig. 93 - Scenario 2. Analisi dimensionale delle funzioni. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.



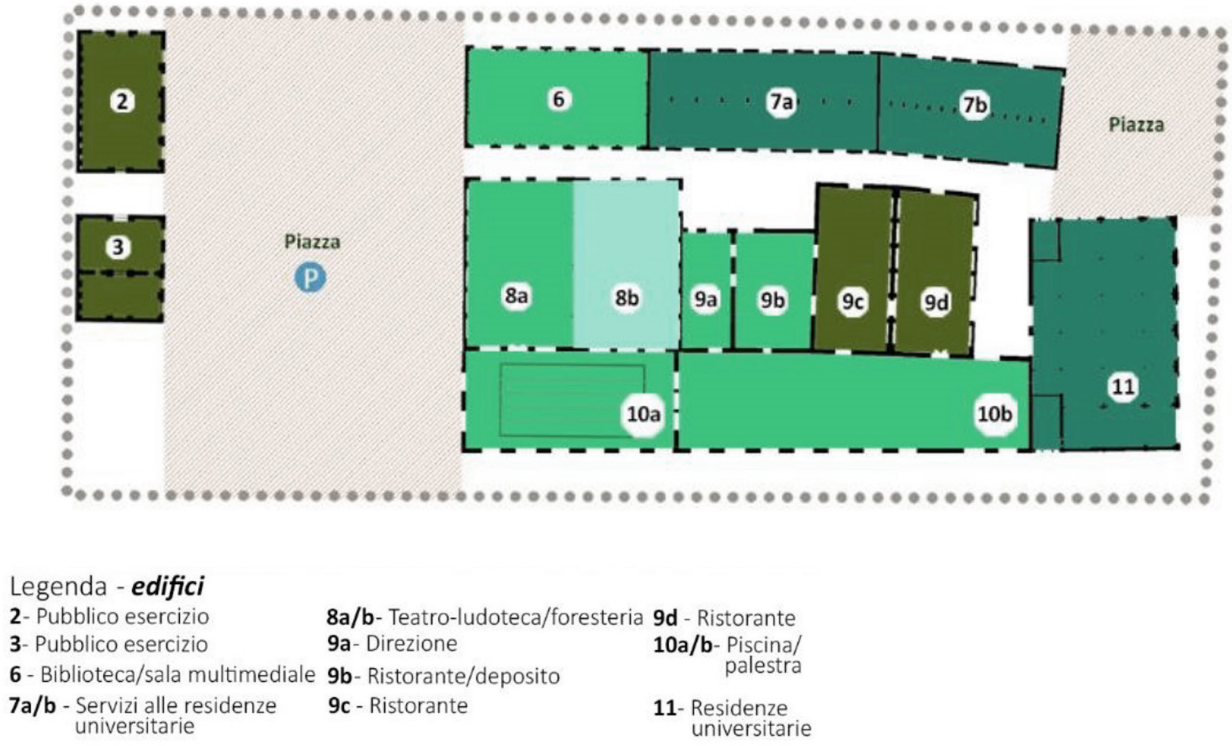


Fig. 94 - Scenario 2. Analisi dei flussi. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

Proposte
Accessi, flussi, parcheggi

1

La piazza centrale (area di sedime dell'edificio 5) viene momentaneamente adibita a parcheggio e area di circolazione interna al lotto. I flussi carrabili (di utenza, merci, rifiuti) avvengono quindi sulla piazza e sui bordi inferiore e orientale del lotto, senza intercettare i flussi pedonali principali.

I parcheggi, in numero maggiore, saranno a servizio diretto delle funzioni previste.

Continuità con il PFTE

Continuità rispetto al progetto preliminare

5 Edifici 7a-b

Si propone di destinare gli edifici 7a-b a residenza universitaria, ma ospitano unicamente i servizi ad essa correlati. Gli edifici 7 e 11, pur separati, costituiscono un continuum funzionale imperniato sulla piazza minore, luogo di raccolta dei principali flussi pedonali.

6 Edifici 9c - 9d

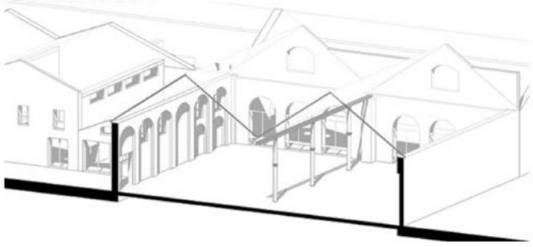
Si propone di destinare gli edifici 9c e 9d ad attività di ristorazione, con ridistribuzione degli spazi, rispetto al progetto preliminare:
- nell'edificio 9d vengono inseriti i locali destinati a cucina, deposito, spogliatoi del personale;
- l'edificio 9c è destinato alla consumazione dei pasti, con sala ristorante su unico livello.

Questa riconfigurazione prevede che:
- **la cucina abbia aperture dirette su spazio esterno**;
- le attività di carico/scarico merci avvengano in corrispondenza dello spazio scoperto adiacente;
- **risultino distinti i percorsi sporco-pulito, utenza - personale di servizio**.

Conformità al D.M. 12 aprile 1996
Conformità alle direttive dell'ASL
Conformità al Regolamento di igiene e salute

Proposte
Nuovi aspetti tipologici, dimensionali e normativi

2 Edificio 8



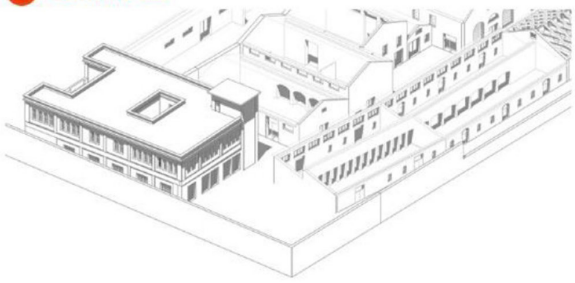
Si propone di destinare l'edificio 8 a duplice funzione:
- spazio per attività di tipo espressivo – culturale (auditorium, teatro, ludoteca) al piano terra;
- foresteria al piano superiore.

Tutti gli spazi risultano adeguamente serviti dalla strada carribile e dal parcheggio adiacente. Gli spazi al piano terra sono direttamente collegati con le altre funzioni pubbliche presenti sul lotto e a ridosso dell'asse principale di distribuzione pedonale

3 Edificio 10a - b

Si propone di inserire negli edifici 10a e 10b funzioni con bacino d'utenza esteso all'intero quartiere e con basso rischio di innescare fenomeni di sottoutilizzo: attività per lo sport e il tempo libero.

4 Edificio 11



Si propone di destinare l'edificio 11 a residenza universitaria.
Gli alloggi (camere singole e doppie secondo la tipologia ad albergo) sono distribuite al livello superiore.
Si prevedono spazi di distribuzione ed aree comuni di servizio al piano terra direttamente collegati con le altre funzioni pubbliche previste.
L'edificio risulta in posizione ottimale rispetto alla piazza minore, area di accesso al sottopasso pedonale dove quindi convogliano i principali flussi pedonali, in particolare degli studenti.
Non è previsto l'inserimento del piano ammezzato.

Conformità al D.M. n.936/2016
Conformità al Regolamento edilizio

Figura 95 - Scenario 2. Analisi delle proposte di rifunzionalizzazione. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

Area di intervento_ Ex-Corradini

Nuova distribuzione delle funzioni insediabili - *scenario 3*

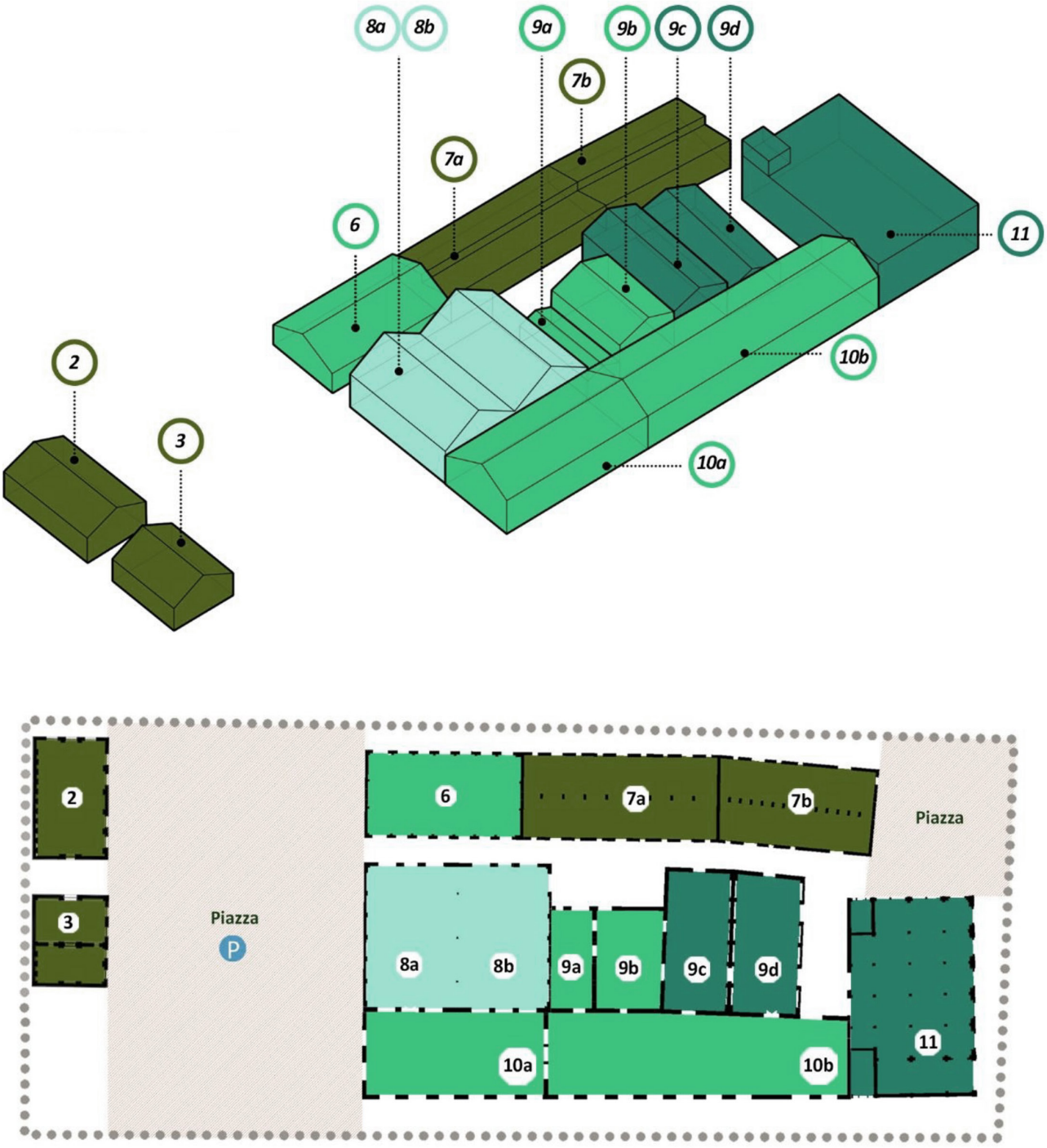


Fig. 96 - Scenario 3. Schema funzionale. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

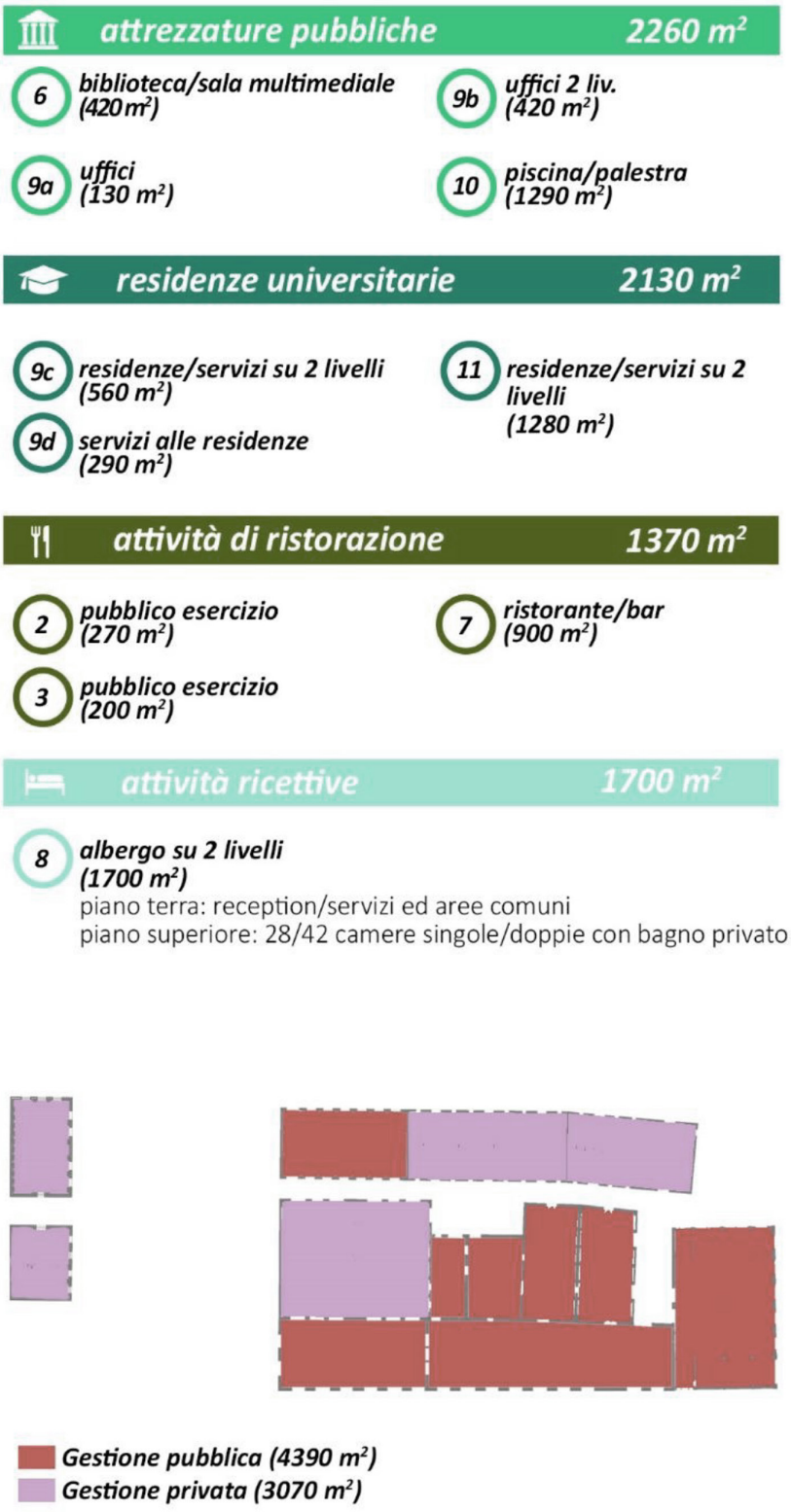
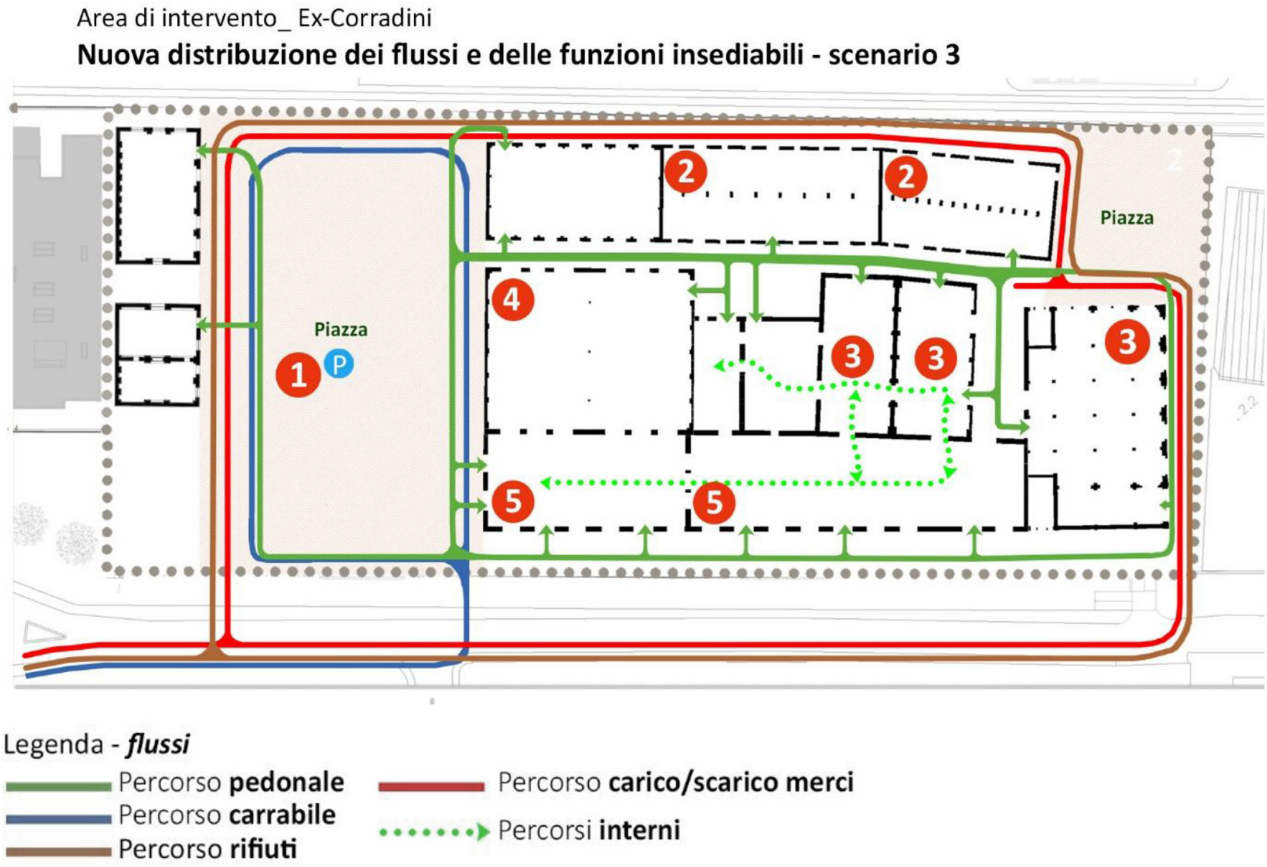


Fig. 97 - Scenario 3. Analisi dimensionale delle funzioni. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.



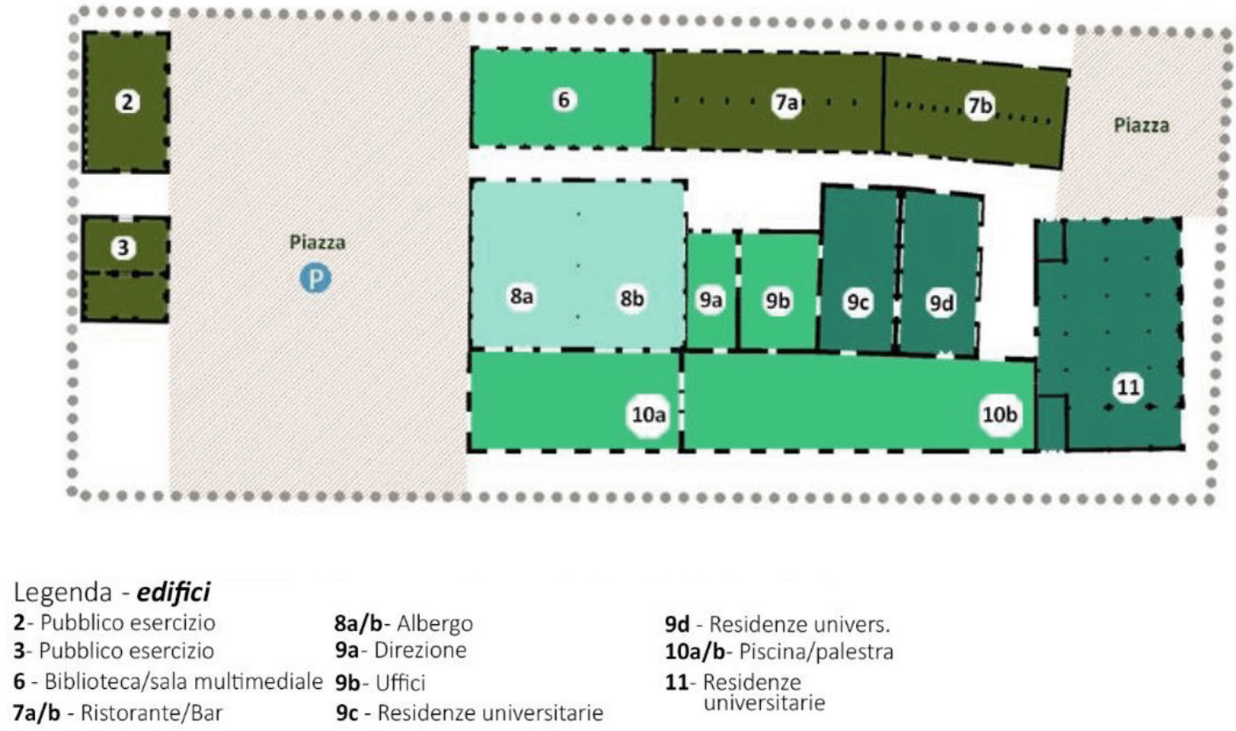


Figura 98 - Scenario 3. Analisi dei flussi. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

Proposte

Accessi, flussi, parcheggi

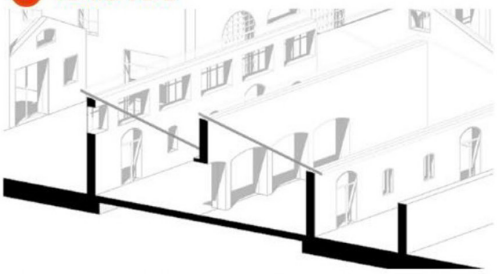
1

La piazza centrale (area di sedime dell'edificio 5) viene momentaneamente adibita a parcheggio e area di circolazione interna al lotto. I flussi carrabili (di utenza, merci, rifiuti) avvengono, quindi, sulla piazza e sui bordi del lotto, senza intercettare i flussi pedonali principali.

I parcheggi, in numero maggiore, sono a servizio diretto delle funzioni previste.

Nuova collocazione del ristorante

2 Edifici 7a-b



Si propone di detinare gli edifici 7a e 7b ad attività di ristorazione.
Tale scelta comporta che:
- tutti i locali sono distribuiti su un unico livello e risultano ben ventilati ed areati;
- **il locale cucina ha accesso diretto dall'esterno e pareti su spazi esterni**;
- **i percorsi dell'utenza sono separati da quelli del personale di servizio**;
- **i flussi sporco/pulito risultano distinti;**
- le attività di scarico e carico merci avvengono su un asse marginale di servizio.

Conformità al D.M. 12 aprile 1996
Conformità alle direttive dell'ASL
Conformità al Regolamento di igiene e salute

Proposte

Nuovi aspetti tipologici, dimensionali e normativi

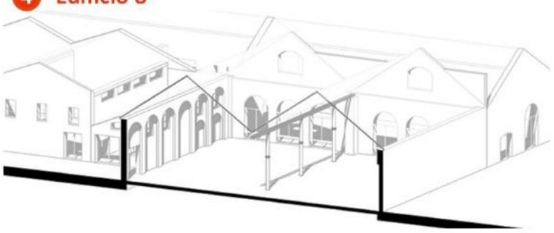
3 Edifiici 9c-d, 11

Si propone di destinare gli edifici 9c, 9d ed 11 a residenze universitarie.
In tale proposta:
- gli alloggi (camere singole e doppie secondo la tipologia ad albergo) sono tutti al livello superiore;
- **si prevedono spazi di accoglienza/controllo degli ingressi e i relativi servizi (alle residenze) al piano terra di ciascun edificio**;

Gli edifici, pur separati, costituiscono un continuum funzionale grazie ad un collegamento diretto che avviene al piano terra.

Conformità al D.M. n.936/2016

4 Edificio 8



Si propone di destinare l'edificio 8 ad Albergo, in posizione tale da permettere accesso diretto dall'asse principale dei percorsi e dalla piazza (parcheggio) e baricentrica rispetto alle funzioni previste negli altri edifici. Si prevede una distribuzione degli ambienti su due livelli.

5 Edifici 10a-b

Si propone di inserire negli edifici 10a e 10b funzioni con bacino d'utenza esteso all'intero quartiere e con basso rischio di innescare fenomeni di sottoutilizzo: attività per lo sport e il tempo libero.
Tali edifici sono nelle immediate vicinanze dell'area adibita a parcheggio e della strada carrabile.

Fig. 99 - Scenario 3. Analisi delle proposte di rifunzionalizzazione. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

Area di intervento_ Ex-Corradini

Distribuzione delle funzioni - confronto

Scenario 0

attrezzature pubbliche 2700 m²

- 6 biblioteca/sala multimediale (420 m²)
- 8 sala convegni/esposizioni (860 m²)
- 10 sala convegni/esposizioni (1290 m²)
- 9a direzione (130 m²)

residenze universitarie 900 m²

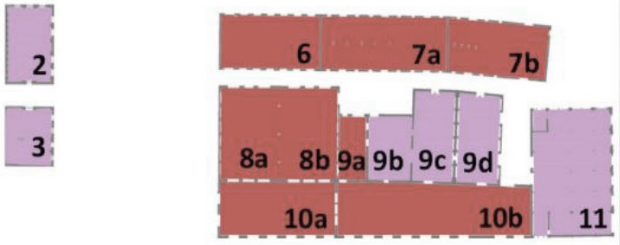
- 7 mini alloggi di superficie > 45 m², con bagno privato ed accesso comune a due alloggi

attività di ristorazione 1570 m²

- 2 pubblico esercizio (270 m²)
- 3 pubblico esercizio (200 m²)
- 9b deposito/ristorante su 2 livelli (390 m²)
- 9c ristorante/cucina su 2 livelli (420 m²)
- 9d ristorante/bar (290 m²)

attività ricettive 1800 m²

- 11 albergo su 3 livelli (1800 m²): **23 camere singole/doppie** con bagno privato (superficie >20m²); **palestra** (210 m²); **sala multifunzionale** (97 m²)



Gestione pubblica (3600 m²)
Gestione privata (3550 m²)

Scenario 1

attrezzature pubbliche 2700 m²

- 8 teatro/ludoteca (860 m²)
- 9a uffici (130 m²)
- 9b uffici su 2 livelli (420 m²)
- 10 piscina/palestra (1290 m²)

residenze universitarie 3030 m²

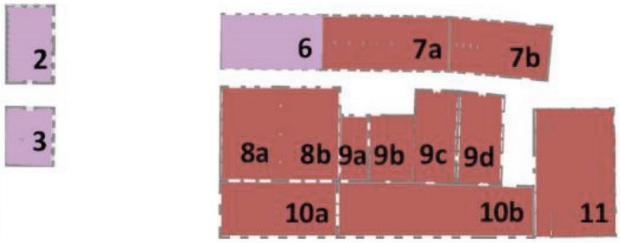
- 7 residenze (900 m²)
- 11 residenze (1270 m²)
- 9c servizi/residenze su 2 livelli (560 m²)
- 9d servizi/residenze (290 m²)

attività di ristorazione 890 m²

- 2 pubblico esercizio (270 m²)
- 3 pubblico esercizio (200 m²)
- 6 ristorante (420 m²)

attività ricettive 860 m²

- 8 foresteria (860 m²)



Gestione pubblica (6590 m²)
Gestione privata (890 m²)

Fig. 100 - Tabelle comparative degli scenari. Credits: Archh. E. Guarino, L. Pierni.

Scenario 2

attrezzature pubbliche 3120 m²

- 6 biblioteca/sala multimediale (420 m²)
- 10 piscina/palestra (1290 m²)
- 8 teatro/ludoteca (860 m²)
- 9a uffici (130 m²)
- 9b uffici (420 m²)

residenze universitarie 2180 m²

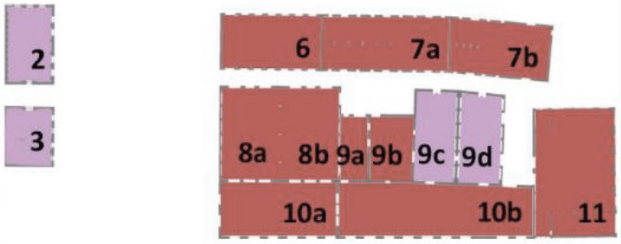
- 7 servizi/ residenze (900 m2)
- 11 servizi/residenze (1280 m²)

attività di ristorazione 1040 m²

- 2 pubblico esercizio (270 m²)
- 3 pubblico esercizio (200 m²)
- 9c ristorante (280 m²)
- 9d cucina/deposito (290 m²)

attività ricettive 860 m²

- 8 foresteria (860 m²)



Gestione pubblica (6160 m²)
Gestione privata (1040 m²)

Scenario 3

attrezzature pubbliche 2260 m²

- 6 sala multimediale (420 m²)
- 9b uffici 2 liv. (420 m²)
- 9a uffici (130 m²)
- 10 piscina/palestra (1290 m²)

residenze universitarie 2130 m²

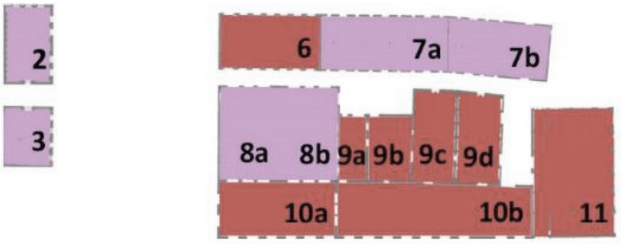
- 9c residenze/servizi su 2 livelli (560 m²)
- 9d servizi alle residenze (290 m²)
- 11 residenze/servizi su 2 livelli (1280 m²)

attività di ristorazione 1370 m²

- 2 pubblico esercizio (270 m²)
- 3 pubblico esercizio (200 m²)
- 7 ristorante/bar (900 m²)

attività ricettive 1700 m²

- 8 albergo su 2 livelli (1700 m²)
  piano terra: reception/servizi ed aree comuni
  piano superiore: 28/42 camere singole/doppie con bagno privato



Gestione pubblica (4390 m²)
Gestione privata (3070 m²)

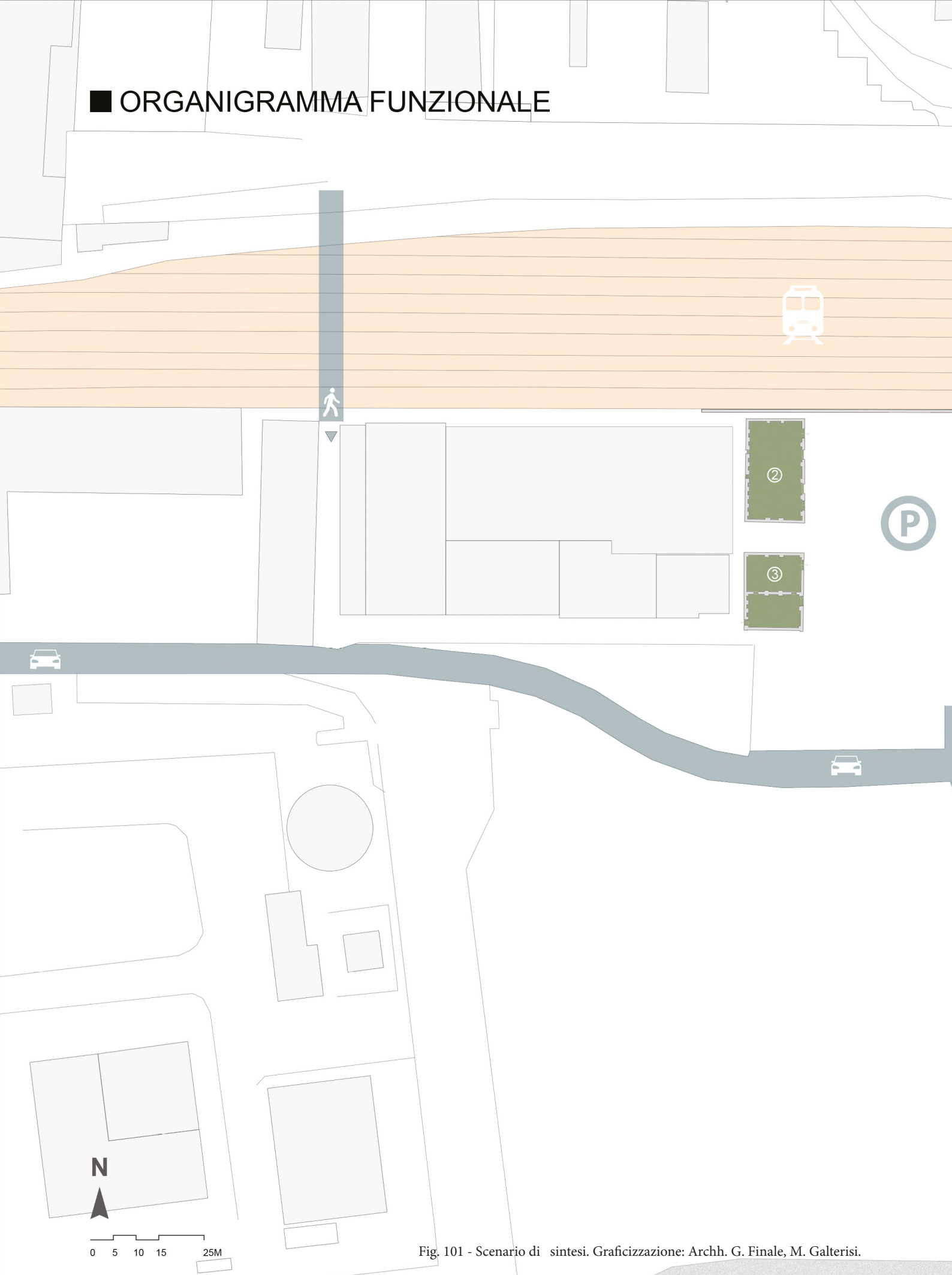


Fig. 101 - Scenario di sintesi. Graficizzazione: Archh. G. Finale, M. Galterisi.

6
7a
7b
8a
8b
9a
9b
9c
9d
10a
10b
11
Esercizio privato (ristorazione/bar)
Sala multimediale
Servizi alle residenze (ADISURC)
Ludoteca
Teatro
Palestra
Piscina
Residenze (ADISURC)
Uffici
LEGENDA

4.3 Processi computazionali per la generazione e verifica delle alternative progettuali

4.3.1 Elaborazione di scenari distributivi mediante procedure algoritmiche

La procedura di generazione automatizzata degli scenari distributivi per i fabbricati dell'area ex-industriale Corradini - Lotto 1 prevede una prima fase di impostazione, tramite foglio di calcolo, di alcuni requisiti che guidino gli algoritmi nelle operazioni di trial & error. Nello specifico, i parametri impostati riguardano dati dimensionali delle unità ambientali, coefficienti di illuminazione naturale e di adiacenza; questi ultimi, in particolare, fanno riferimento alla possibilità che gli ambienti siano preferibilmente posti vicini ad altri (ambienti con lo stesso valore saranno collocati in modo da essere contigui).
Lo script algoritmico che regola la generazione degli scenari è implementato in ambiente VPL Dynamo/Revit, ed è strutturato in due algoritmi distinti, ma connessi: generatore e valutatore. L'input dell'algoritmo, essenziale al suo avviamento, è determinato dai dati definiti manualmente nella tabella di calcolo in Fig. 79. Il compito dell'algoritmo generatore è quello di elaborare le opzioni progettuali, in un tempo stimato di 45 minuti per circa 3600 alternative. Il lavoro generativo è essenzialmente un lavoro combinatorio, vincolato dai parametri immessi dall'utente in fase di input: maggiori sono i vincoli, minore è il numero di opzioni generate.
L'algoritmo valutatore confronta i risultati elaborati in fase di generazione con i coefficienti di illuminazione e di adiacenza, perfezionando il processo di formulazione degli scenari all'interno del sistema e fornendo gli output del lavoro computazionale.
Per supportare il lavoro di selezione delle alternative, in considerazione della loro numerosità a fronte della generale corrispondenza degli output ai parametri di input impostati, lo strumento Refinery consente di quantificare il grado di compatibilità delle opzioni ai requisiti. Se l'algoritmo è infatti in grado di offrire soluzioni tutte compatibili con gli input, Refinery permette di valutare "quanto" esse lo siano, in modo tale da effettuare dei ranking.
Refinery offre quindi al progettista la possibilità di restringere il campo delle possibili opzioni in maniera semi-automatizzata, ossia comunicando con l'utente attraverso tre tipologie di interfaccia: una prima per la valutazione visiva delle soluzioni, in cui le opzioni sono "filtrate" e singolarmente osservabili; una seconda per la valutazione parametrica, che mostra in termini quantitativi le caratteristiche degli scenari rispetto ai requisiti di input; una terza mista, che associa la graficizzazione dell'opzione alle sue proprietà.

S20

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1										
2	Name	Length (m)	Width (m)	Height	Area (m²)	Number if items	Total Area(m²)	Daylight/Visibility	Adjacency	
3	Meeting room	4	3	2,5	12	1	12	1	0	
4	Open space	8	4	2,5	32	1	32	1	1	
5	Laboratory	2	2	2,5	4	4	16	1	2	
6	Relax room	3	0,9	2,5	2,7	1	2,7	0	0	
7	Phone room	2	0,9	2,5	1,8	1	1,8	0	0	
8	Service spaces	3	0,9	2,5	2,7	2	5,4	0	0	
9										
10						Total area	69,9	0 = no, 1=yes	0-no, 1 = 1 group, 2 = 2 group	
11										

Fig. 102 - Definizione dei requisiti per la generazione automatizzata degli scenari distributivi.
Credits: Arch. Roberta Riviello.

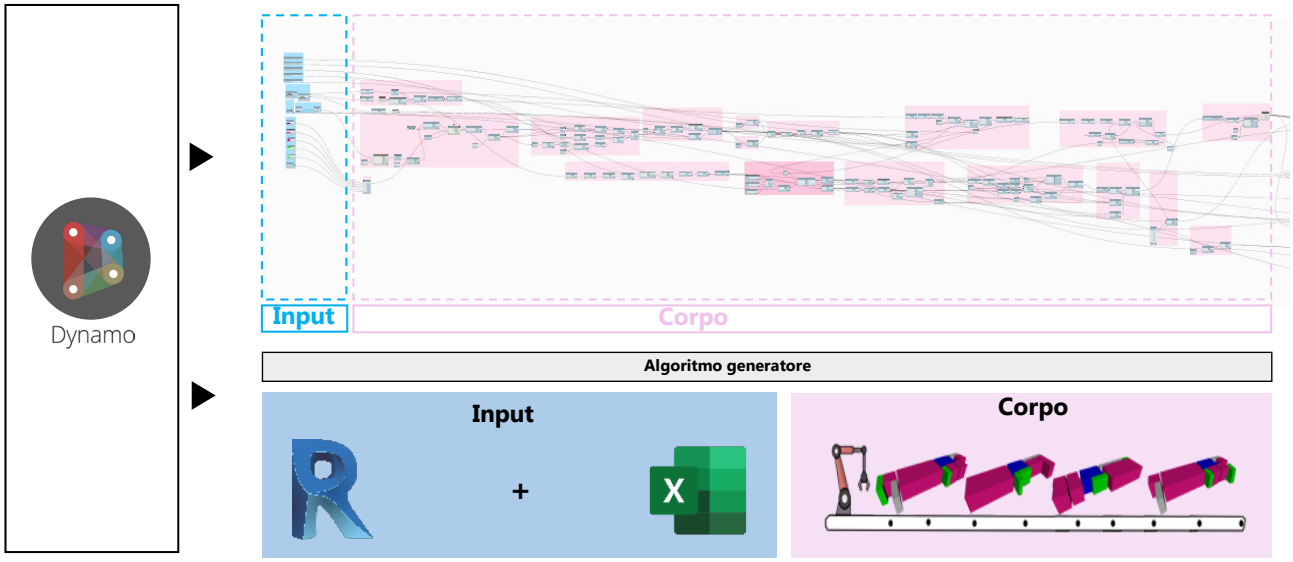


Fig. 103 - Algoritmo generatore in ambiente VPL Dynamo/Revit. Credits: Arch. Roberta Riviello.

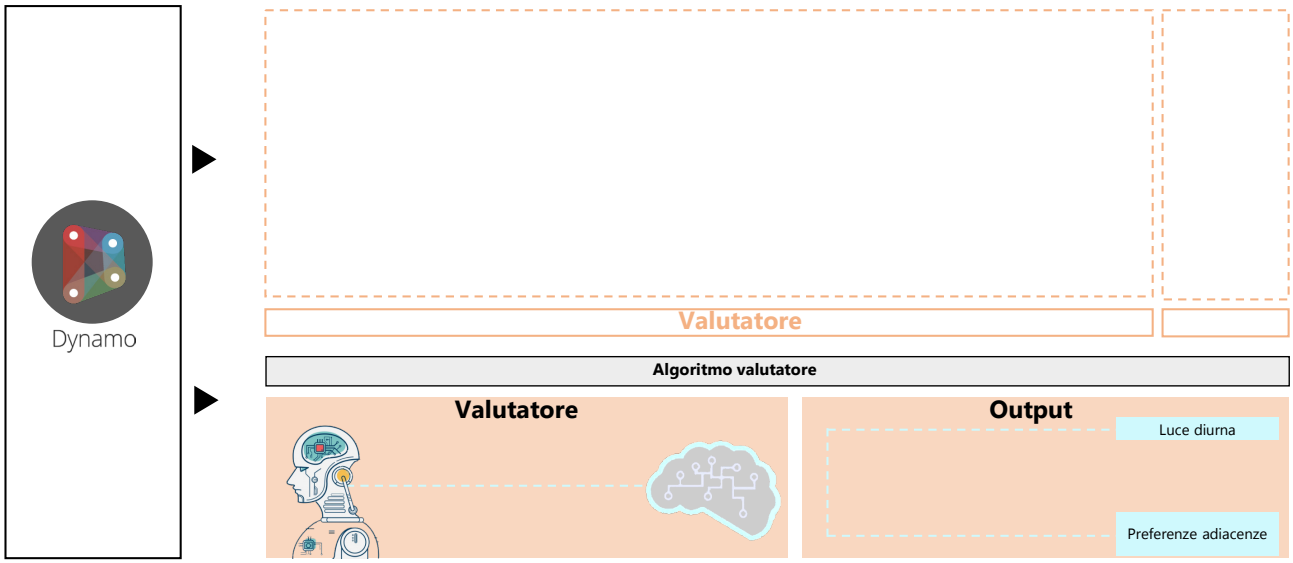


Fig. 104 - Algoritmo valutatore in ambiente VPL Dynamo/Revit. Credits: Arch. Roberta Riviello.

Fig. 105 - Algoritmo valutatore in ambiente VPL Dynamo/Revit. Credits: Arch. Roberta Riviello.

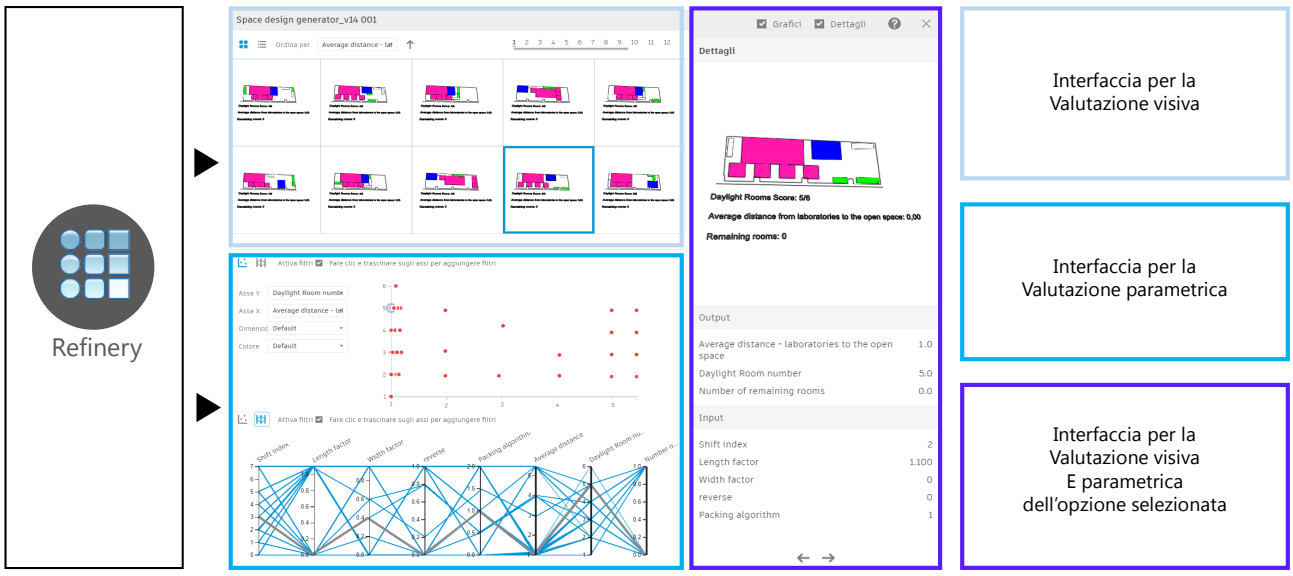


Fig. 106 - Valutazione delle alternative progettuali in Refinery. Credits: Arch. Roberta Riviello.

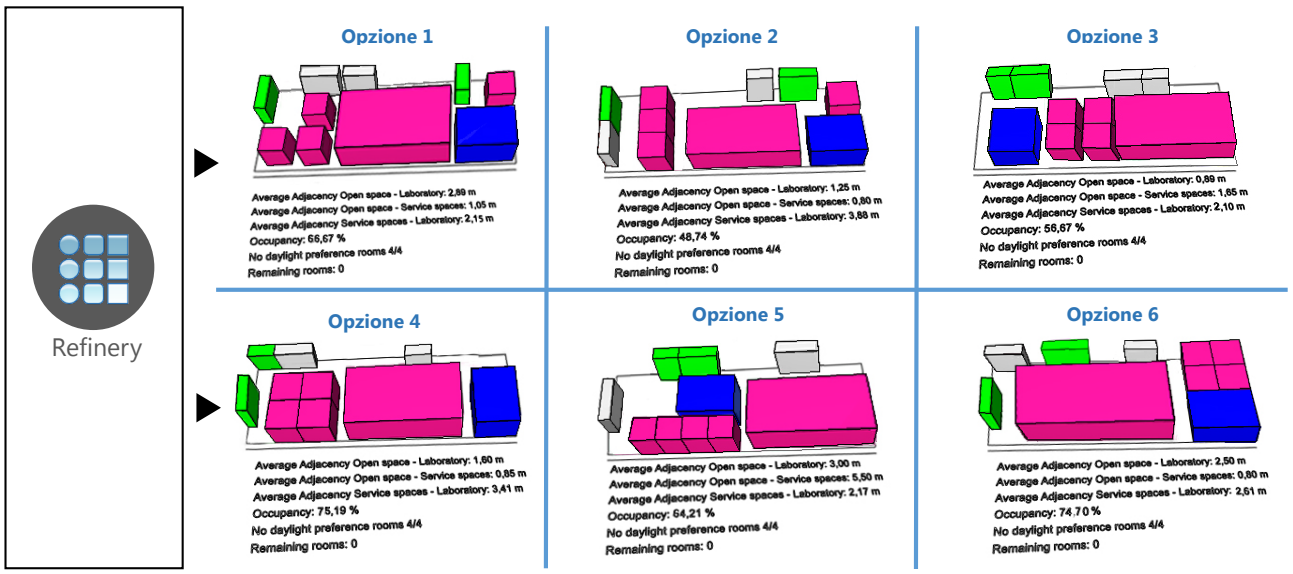


Fig. 107 - Selezione degli scenari distributivi da portare a sviluppo successivo. Credits: Arch. Roberta Riviello.

4.3.2 Verifica di Code e Model Checking del progetto in ambiente BIM

La generazione di scenari distributivi svolti mediante il sistema computazionale offre al progettista una serie di layout potenzialmente sviluppabili dal punto di vista progettuale. Successivi approfondimenti del progetto in ambiente di modellazione informativa BIM richiedono pertanto l'implementazione di ulteriori sistemi di verifica, che riguardano sia la coerenza interna e interdisciplinare del modello (Model Checking) che l'effettiva compatibilità con dei sistemi di regole desunte dal quadro normativo vigente e relativo alla specifica destinazione funzionale (Code Checking).

Nel primo caso, ad esempio, il modello informativo può essere esportato in software per il coordinamento BIM, come Autodesk Navisworks, deputati alla verifica delle interferenze (Clash Detection). Tale operazione consiste nella comparazione tra due o più modelli (afferenti o meno alle medesima disciplina) al fine di individuare, secondo tolleranze prestabilite dall'utente, le "collisioni" tra oggetti digitali.

In particolare, possono essere valutate collisioni di tipo hard (compenetrazioni tra elementi digitali) o di tipo soft (mancato rispetto di determinate distanze tra gli elementi digitali).

I report di interferenza possono essere esportati in diversi formati, e riportano un'immagine ravvicinata dell'evento (issue) di interferenza, la misura della compenetrazione o del mancato distanziamento, il nome dei file comparati, il nome, l'ID univoco e la tipologia degli elementi oggetto di interferenza.

La comparazione lavora per coppie di oggetti: nel caso di un oggetto che interferisce con più elementi, lo stesso elemento comparirà più volte all'interno dell'elenco insieme all'oggetto con cui collide.

Per facilitare la condivisione degli esiti delle Clash Detection è possibile usufruire di servizi web-based come BIMCollab, che si integrano sia a Navisworks che, ad esempio, a Revit. L'elenco delle clash riportate in Navisworks può essere esportato in BIMCollab, che a sua volta genera un file interoperabile in formato .BCF (BIM Collaboration Format).

Installando nel software di BIM Authoring il plug-in BIMCollab è possibile importare il file .BCF contenente le issues riscontrate in Navisworks. All'interno dell'interfaccia Revit, BIMCollab consente di visualizzare le interferenze e di inserire o rispondere a commenti riferiti a ogni singola clash.

Il modello può essere quindi sottoposto a verifica di Code Checking, analogamente a quanto fatto per la verifica degli scenari funzionali. In questo caso, avendo specificato attraverso la modellazione informativa le caratteristiche spaziali dei fabbricati, la verifica di compliance può essere applicata per verificare le condizioni di sicurezza e accessibilità dei locali, la loro compatibilità agli usi previsti in termini di altezze minime dei locali o di superfici minime.

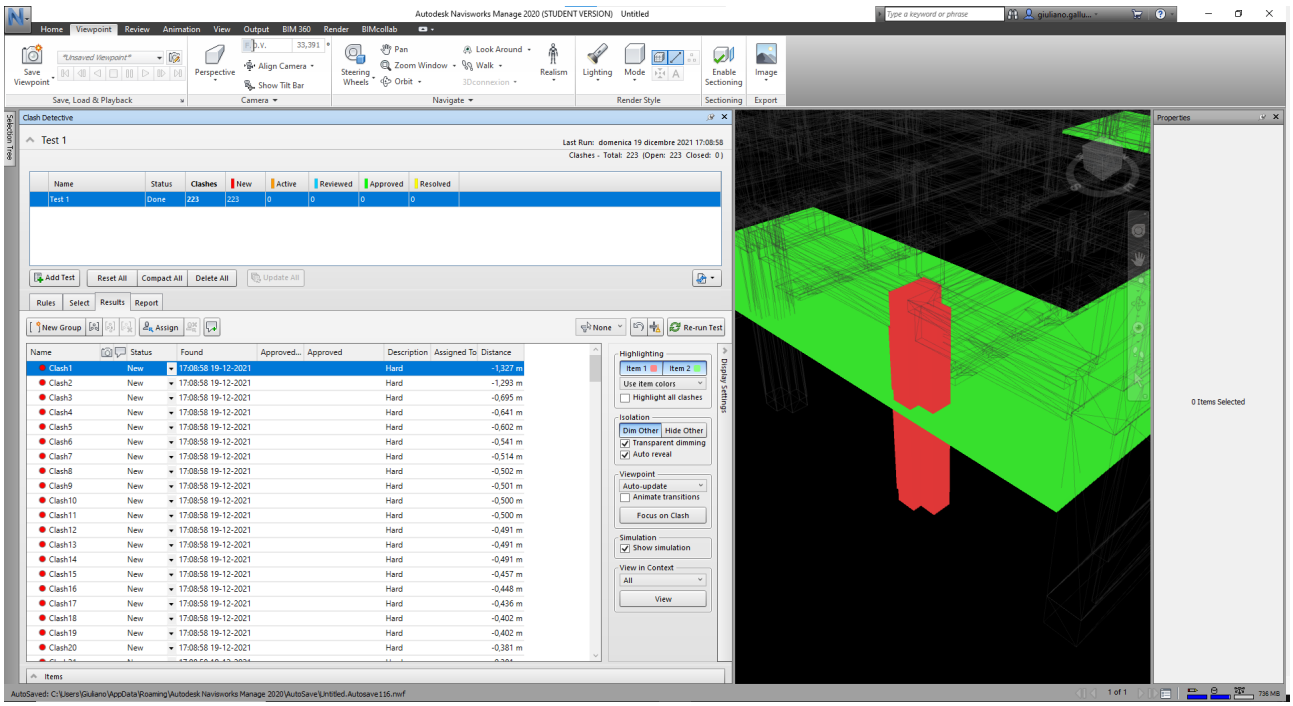


Fig. 108 - Interfaccia di Clash Detection in Autodesk Navisworks.

AUTODESK® NAVISWORKS®

Clash Report

Test 1	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.020m	223	223	0	0	0	0	Hard	OK

							Item 1					Item 2				
Image	Clash Name	Status	Distance	Description	Date Found	Clash Point	Item ID	Layer	Path	Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Path	Item Name	Item Type
	Clash1	New	-1.327	Hard	2021/12/19 16:08	x:-12.077, y:-61.014, z:5.530	:	Livello 0	File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 0 > Structural Columns > Pilatro a croce in tufo 2 > Pilatro a croce in tufo 2 > Pilatro a croce in tufo 2 > Solid	Pilatro a croce in tufo 2	Solid	*Element ID:* 1373460	Livello 0	File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 0 > Floors > Floor > solaio ristorante > Floor	Floor	Floors: Floor: solaio ristorante
	Clash2	New	-1.293	Hard	2021/12/19 16:08	x:-18.548, y:-60.980, z:5.530	:	Livello 0	File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 0 > Structural Columns > Pilatro a croce in tufo > Pilatro a croce in tufo > Pilatro a croce in tufo > Solid	Pilatro a croce in tufo	Solid	*Element ID:* 1373460	Livello 0	File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 0 > Floors > Floor > solaio ristorante > Floor	Floor	Floors: Floor: solaio ristorante
	Clash3	New	-0.695	Hard	2021/12/19 16:08	x:-51.203, y:-28.773, z:7.371	*Element ID:* 142158	Livello 0	File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 0 > Walls > Basic Wall > Muro tufo giallo 80 cm > Basic Wall	Basic Wall	Walls: Basic Wall: Muro tufo giallo 80 cm	*Element ID:* 942633	Livello 0	File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 0 > Rooms > Direzione Edificio 9a	Direzione Edificio 9a	Rooms
	Clash4	New	-0.641	Hard	2021/12/19 16:08	x:-51.148, y:-28.776, z:7.371	*Element ID:* 162727	Livello 0	File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 0 > Structural Framing > Cordolo in c.a > dimensioni 80x38 > Cordolo in c.a > dimensioni 80x38	dimensioni 80x38	Structural Framing	*Element ID:* 942633	Livello 0	File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 0 > Rooms > Direzione Edificio 9a	Direzione Edificio 9a	Rooms
	Clash5	New	-0.602	Hard	2021/12/19 16:08	x:-33.477, y:-15.278, z:8.223	*Element ID:* 1331063	Livello 0	File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 0 > Rooms > Bar Edificio 7b - 1	Bar Edificio 7b - 1	Rooms	*Element ID:* 1213094	Livello 0	File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 0 > Walls > Basic Wall > Muro tufo giallo 60.21 cm > Basic Wall	Basic Wall	Walls: Basic Wall: Muro tufo giallo 60.21 cm
	Clash6	New	-0.541	Hard	2021/12/19 16:08	x:-18.903, y:-38.071, z:5.530	*Element ID:* 1229431	Livello 0	File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 0 > Structural Columns > Pilastro in calcestruzzo - Rettangolare1 > Pilastro cls 60x50 cm 2 > Pilastro in calcestruzzo - Rettangolare1	Pilastro in calcestruzzo - Rettangolare1	Structural Columns: Pilastro in calcestruzzo - Rettangolare1: Pilastro cls 60x50 cm 2	*Element ID:* 1373460	Livello 0	File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 0 > Floors > Floor > solaio ristorante > Floor	Floor	Floors: Floor: solaio ristorante
	Clash7	New	-0.514	Hard	2021/12/19 16:08	x:-12.459, y:-38.044, z:5.530	*Element ID:* 1229433	Livello 0	File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 0 > Structural Columns > Pilastro in calcestruzzo - Rettangolare1 > Pilastro cls 60x50 cm 2 > Pilastro in calcestruzzo - Rettangolare1	Pilastro in calcestruzzo - Rettangolare1	Structural Columns: Pilastro in calcestruzzo - Rettangolare1: Pilastro cls 60x50 cm 2	*Element ID:* 1373460	Livello 0	File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 0 > Floors > Floor > solaio ristorante > Floor	Floor	Floors: Floor: solaio ristorante
									File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 1 >					File > ARCH_ RILIEVO.rvt > Livello 1		

Fig. 109 - Clash Report generato da Autodesk Navisworks

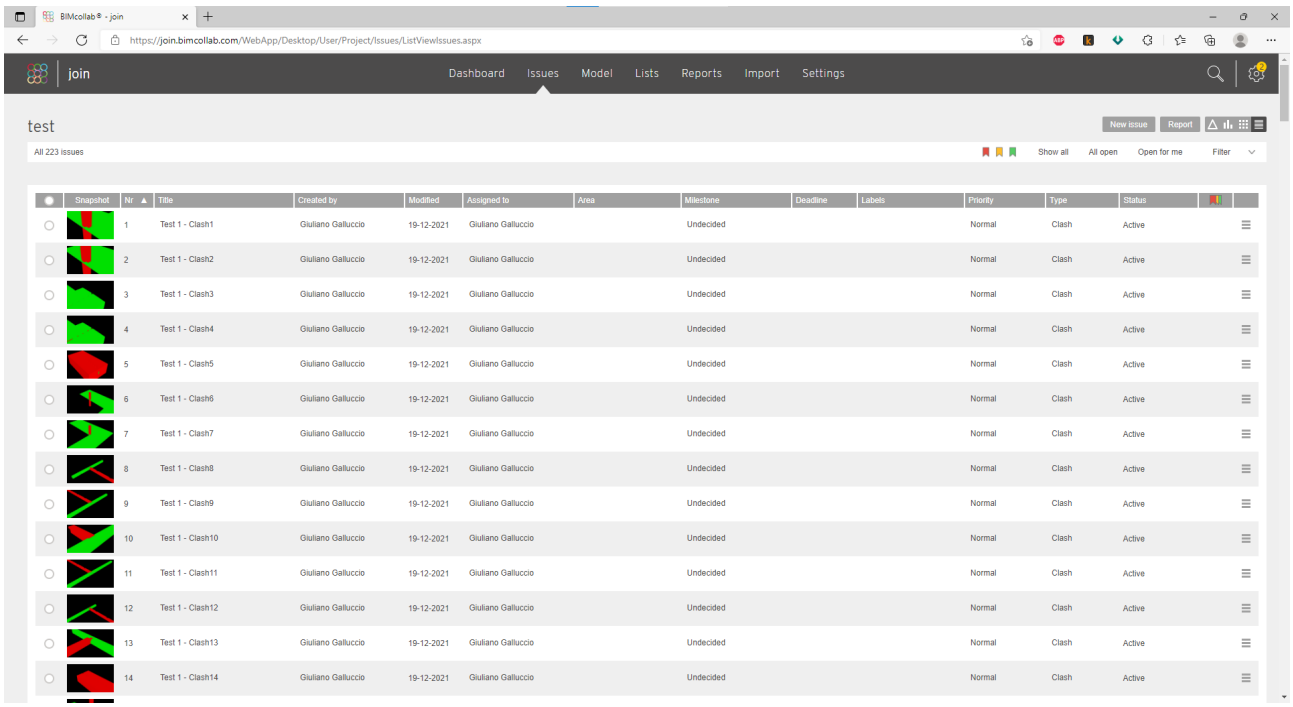


Fig. 110 - Elenco delle issues nell'interfaccia web di BIMCollab.

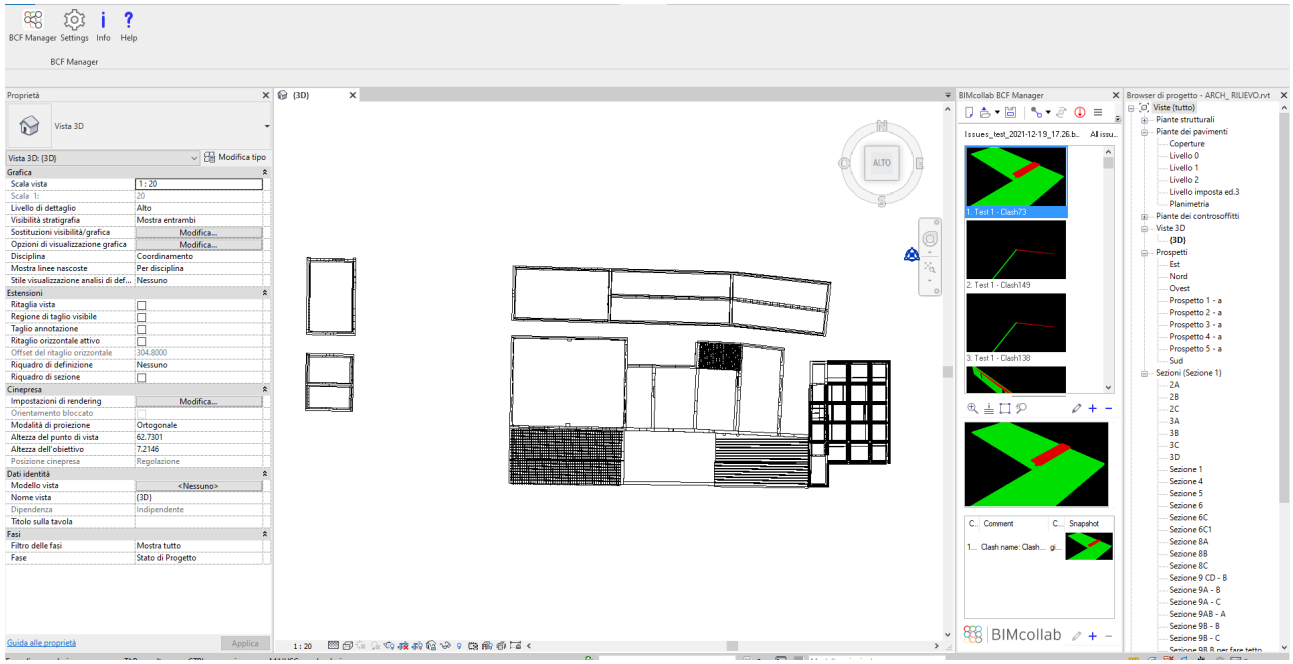


Fig. 111 - Apertura, in ambiente Revit, delle issues importate tramite plug-in BIMCollab.

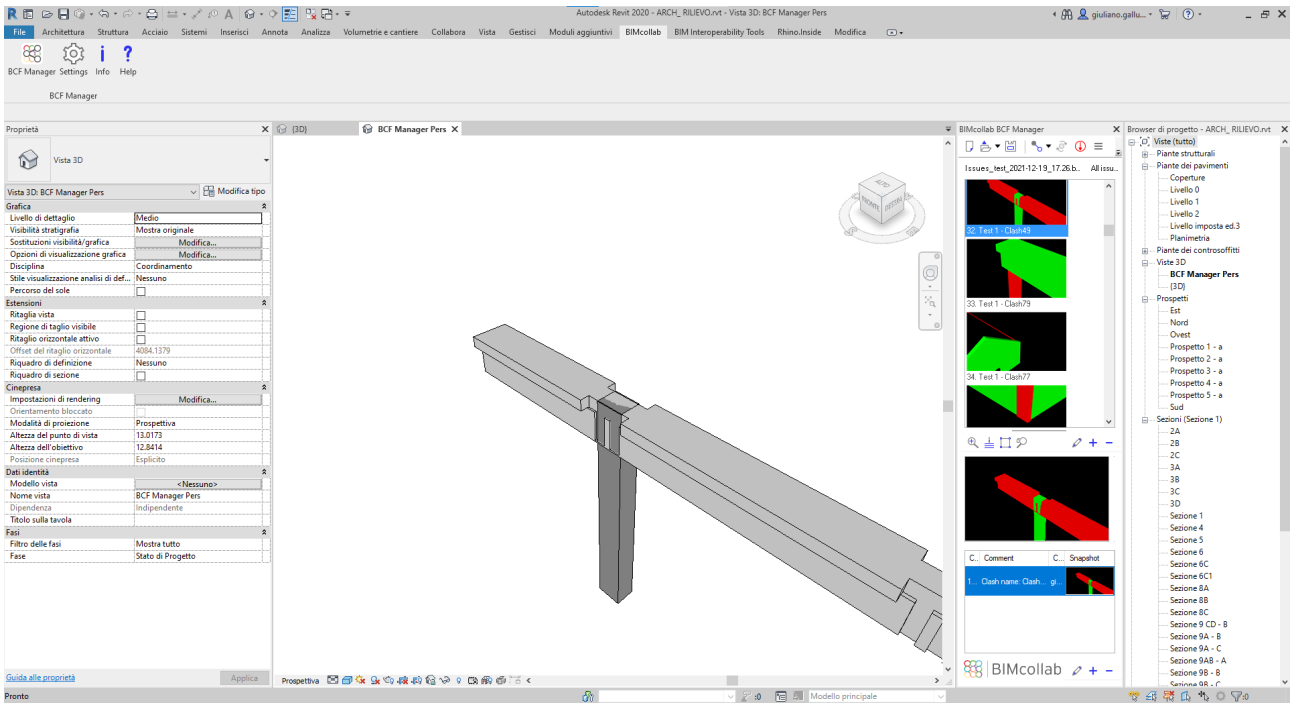


Fig. 112 - Inquadramento specifico della clash selezionata in Revit tramite plug-in BIMCollab.

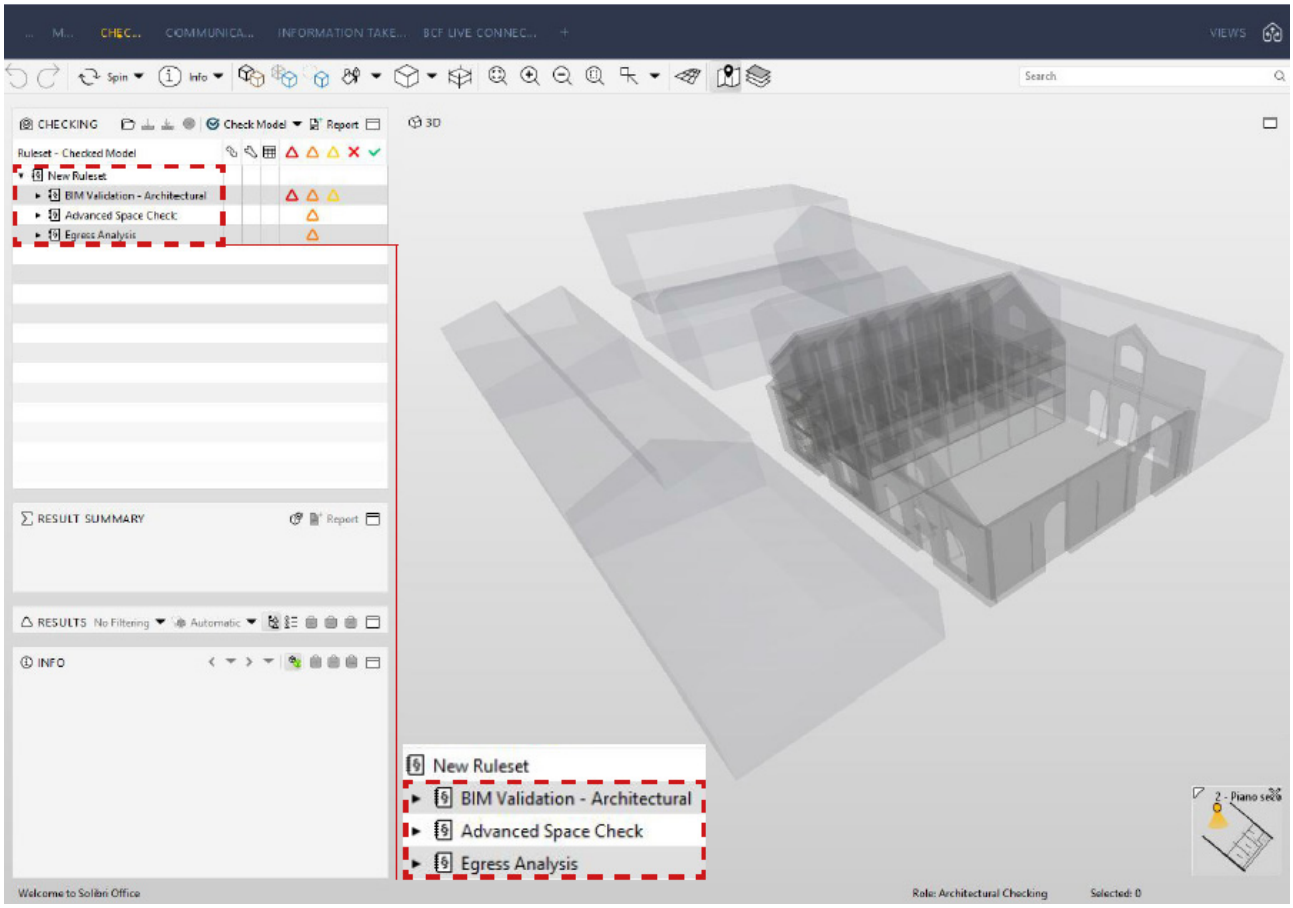
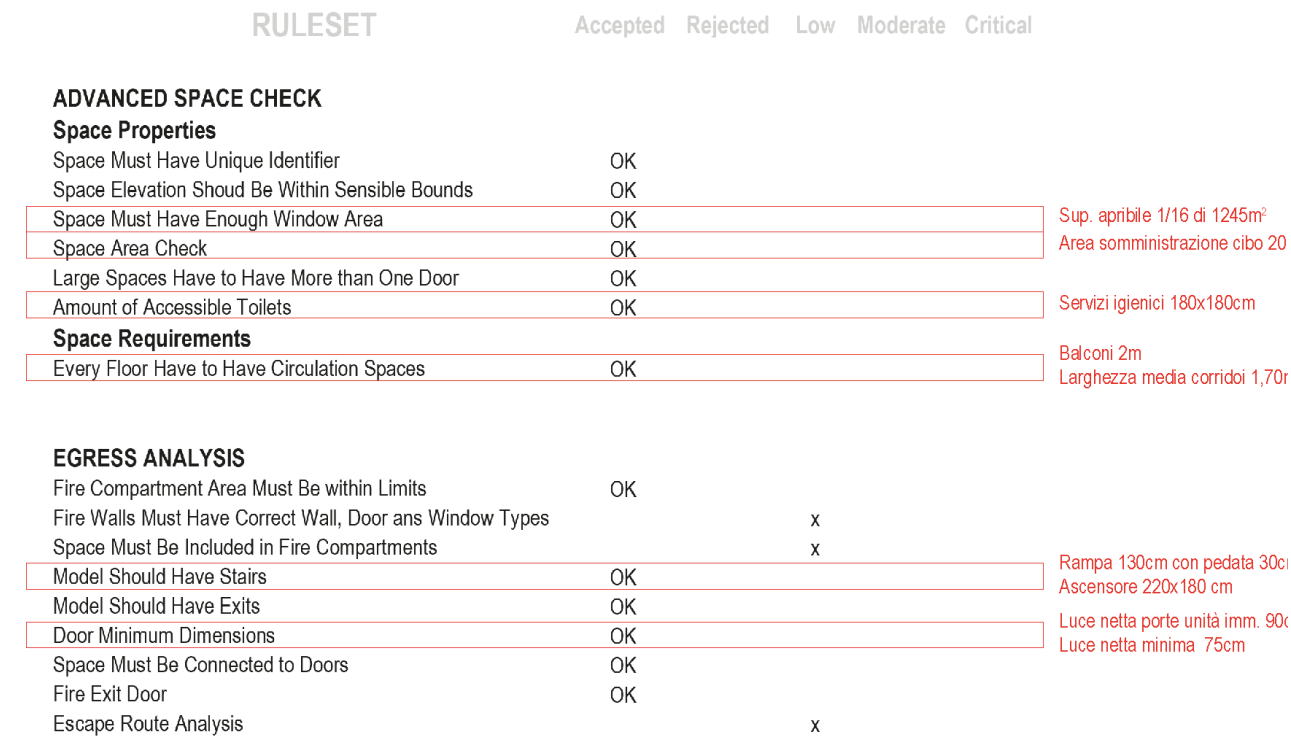
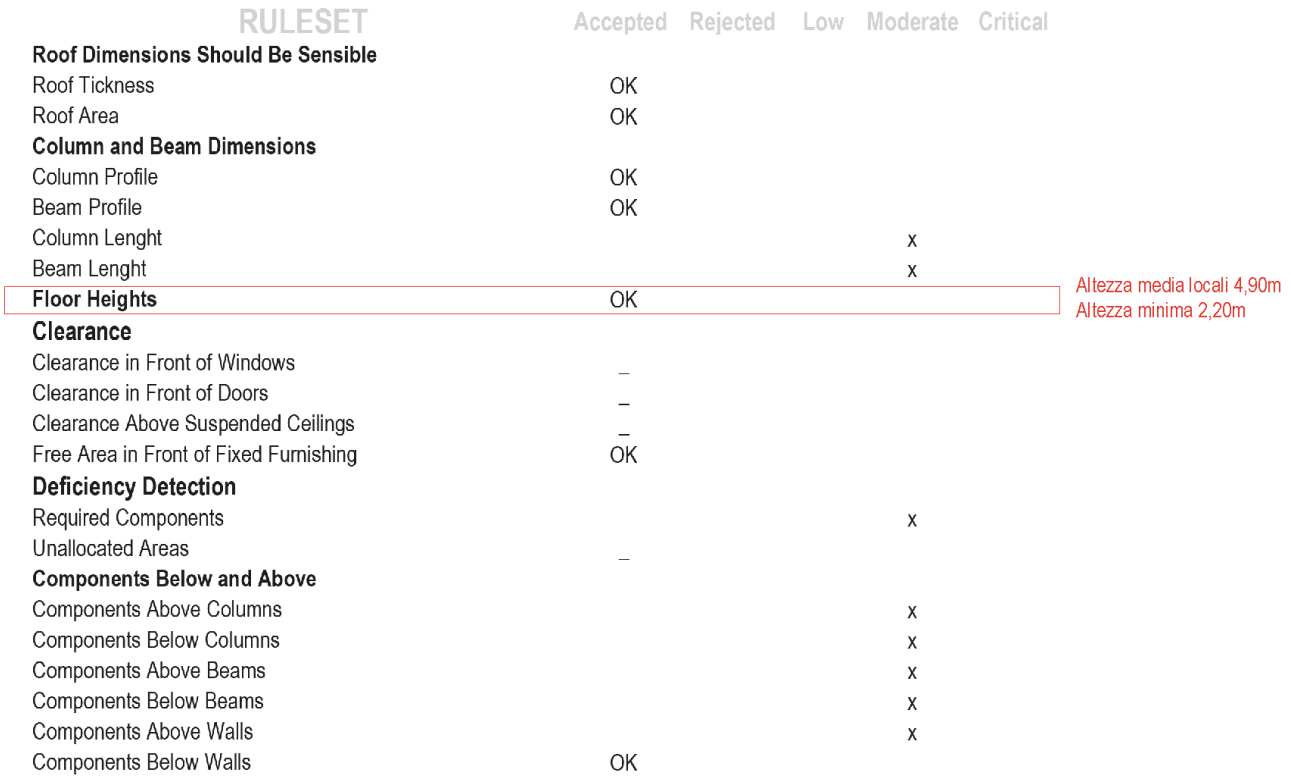


Fig. 113 - Interfaccia di Solibri Model Checker. Credits: Arch. Martina Costanzo.



RULESET	Accepted	Rejected	Low	Moderate	Critical	
ADVANCED SPACE CHECK						
Space Properties						
Space Must Have Unique Identifier	OK					
Space Elevation Shoud Be Within Sensible Bounds	OK					
Space Must Have Enough Window Area	OK					Sup. apribile 1/16 di 1245m²
Space Area Check	OK					Area somministrazione cibo 20
Large Spaces Have to Have More than One Door	OK					
Amount of Accessible Toilets	OK					Servizi igienici 180x180cm
Space Requirements						
Every Floor Have to Have Circulation Spaces	OK					Balconi 2m Larghezza media corridoi 1,70r
EGRESS ANALYSIS						
Fire Compartment Area Must Be within Limits	OK					
Fire Walls Must Have Correct Wall, Door ans Window Types			x			
Space Must Be Included in Fire Compartments			x			
Model Should Have Stairs	OK					Rampa 130cm con pedata 30c Ascensore 220x180 cm
Model Should Have Exits	OK					
Door Minimum Dimensions	OK					Luce netta porte unità imm. 90 Luce netta minima 75cm
Space Must Be Connected to Doors	OK					
Fire Exit Door	OK					
Escape Route Analysis			x			

Figura 114 - Esiti dell'analisi di *compliance* BIM: verifica delle superifici e dell'accessibilità.
Credits: Arch. Martina Costanzo.



RULESET	Accepted	Rejected	Low	Moderate	Critical	
Roof Dimensions Should Be Sensible						
Roof Tickness	OK					
Roof Area	OK					
Column and Beam Dimensions						
Column Profile	OK					
Beam Profile	OK					
Column Lenght				x		
Beam Lenght				x		
Floor Heights	OK					Altezza media locali 4,90m Altezza minima 2,20m
Clearance						
Clearance in Front of Windows	–					
Clearance in Front of Doors	–					
Clearance Above Suspended Ceilings	–					
Free Area in Front of Fixed Furnishing	OK					
Deficiency Detection						
Required Components				x		
Unallocated Areas	–					
Components Below and Above						
Components Above Columns				x		
Components Below Columns				x		
Components Above Beams				x		
Components Below Beams				x		
Components Above Walls				x		
Components Below Walls	OK					

Figura 115 - Esiti dell'analisi di *compliance* BIM: verifica delle altezze. Credits: Arch. Martina Costanzo.

4.3.3 Prospettive per la verifica CAM delle soluzioni tecnologiche attraverso VPL in ambiente BIM

Secondo il medesimo approccio per scenari adoperato sia in termini funzionali che distributivi, la metodologia prevede l'implementazione di procedure di verifica di compliance per le opzioni di soluzioni tecnologiche, nelle quali la discriminante è rappresentata dai Criteri Ambientali Minimi. Nel caso in esame si è scelto di concentrarsi, così come per gli scenari di prodotto, sulle coperture, per le quali l'unico intervento possibile è di ricostruzione.
La definizione del ruleset, pertanto, è effettuata a partire dal DM 10/11/17 e comprende la verifica delle specifiche tecniche dell'edificio, dei componenti, dei componenti edilizi e del cantiere.
Le specifiche tecniche dell'edificio riguardano parametri relativi all'avvenuta redazione della diagnosi energetica del fabbricato, della verifica della prestazione energetica dello stesso, di strategie per il risparmio idrico e il comfort ambientale interno, la redazione del piano di manutenzione dell'opera e gli indirizzi di progetto per il fine vita.
Le specifiche tecniche dei componenti edilizi sono sia generali che specifici per le diverse categorie di materiali e componenti previste dal decreto: calcestruzzi confezionati in cantiere e preconfezionati; elementi prefabbricati in calcestruzzo; laterizi; legno; ghisa, ferro e acciaio; componenti in materie plastiche; tramezzature e controsoffitti; isolanti termici e acustici; pitture e vernici.
Le specifiche tecniche del cantiere riguardano gli indirizzi inerenti alle operazioni di demolizione e rimozione dei materiali, ai materiali usati nel cantiere, alle distanze di approvvigionamento dei prodotti da costruzione e delle condizioni e garanzie di esecuzione.
Per ognuna di queste categorie è stata predisposta una parametrizzazione degli elementi digitali in ambiente di modellazione informativa, che ha rappresentato il LOIN degli oggetti virtualizzati per lo specifico utilizzo del BIM.
Tali parametri sono utilizzabili per caratterizzare dal punto di vista informativo gli oggetti digitali nel modello. Adottata a monte della progettazione, tale metodologia consente di prevedere momenti intermedi di verifica di compliance rispetto ai CAM, supportando perciò i processi decisionali stessi del progetto. In tempo reale, tramite esportazione delle informazioni mediante VPL Dynamo/Revit in un foglio di calcolo, è infatti possibile visualizzare un vero e proprio report degli impatti del progetto in fieri.

SINTESI PARAMETRI REVIT PER VERIFICA CAM SU NUOVA COPERTURA		
DIAGNOSI ENERGETICA		
	PARAMETRI REVIT	
ELEMENTO	***Nome PARAMETRO***	**Unità di misura**
informazione progetto	*tipo di intervento*	*testo*
pavimento o locale	*superficie utile di pavimento*	*mq*
informazione progetto	*esistenza APE*	*si/no*
PRESTAZIONE ENERGETICA		
	PARAMETRI REVIT	
ELEMENTO	***Nome PARAMETRO***	**Unità di misura**
informazione progetto	*tipo di intervento*	*testo*
locale/vano	*volume lordo climatizzato*	*mc*
locale	*volume esistente*	*mc*
tetto	*area*	*mq*
tetto	*trasmittanza*	*w/mqk*
tetto	*H't (Coefficiente Medio Globale di Scambio Termico)*	
tetto	*Asol,est/Asup (Area Solare Equivalente Estiva)*	
tetto	*EPH,nd, EPC,nd, EPgl,tot*	
locale	*Capacità termica areica interna*	
QUALITA' AMBIENTALE INTERNA		
	PARAMETRI REVIT	
ELEMENTO	***Nome PARAMETRO***	**Unità di misura**
locale	*RAI*	*-*
schermature	*Gtot*	*-*
	Classe	*-*
locale	*FLDm*	*-*
materiali	*Indice emissioni*	

FINE VITA		
	PARAMETRI REVIT	
ELEMENTO	***Nome PARAMETRO***	**Unità di misura**
materiali	*riutilizzabile*	*si/no*
	riciclabile	*si/no*
	peso	*kg*
DISASSEMBLABILITA'		
	PARAMETRI REVIT	
ELEMENTO	***Nome PARAMETRO***	**Unità di misura**
materiali	*demolizione selettiva*	*si/no*
	riciclabile	*si/no*
	riutilizzabile	*si/no*
	strutturale	*si/no*
	peso	*kg*
MATERIA RECUPERATA/RICICLATA		
	PARAMETRI REVIT	
ELEMENTO	***Nome PARAMETRO***	**Unità di misura**
materiali	*recuperato*	*%*
	riciclato	*%*
	recuperato non strutturale	*%*
	riciclato non strutturale	*%*
	peso	*kg*
MATERIALI (CLS, laterizio, legno, ferro, plastiche, controsoffitti e tramezzi, isolanti, pitture)		
	PARAMETRI REVIT	
ELEMENTO	***Nome PARAMETRO***	**Unità di misura**
materiali (e eventuali sottocomponenti)	*riciclato*	*%*
	recuperato	*%*
	sottoprodotto	*%*
	strutturale	*si/no*
	peso	*kg*
CANTIERE		
	PARAMETRI REVIT	
ELEMENTO	***Nome PARAMETRO***	**Unità di misura**
materiali e componenti	*distanza sito produzione*	*km*

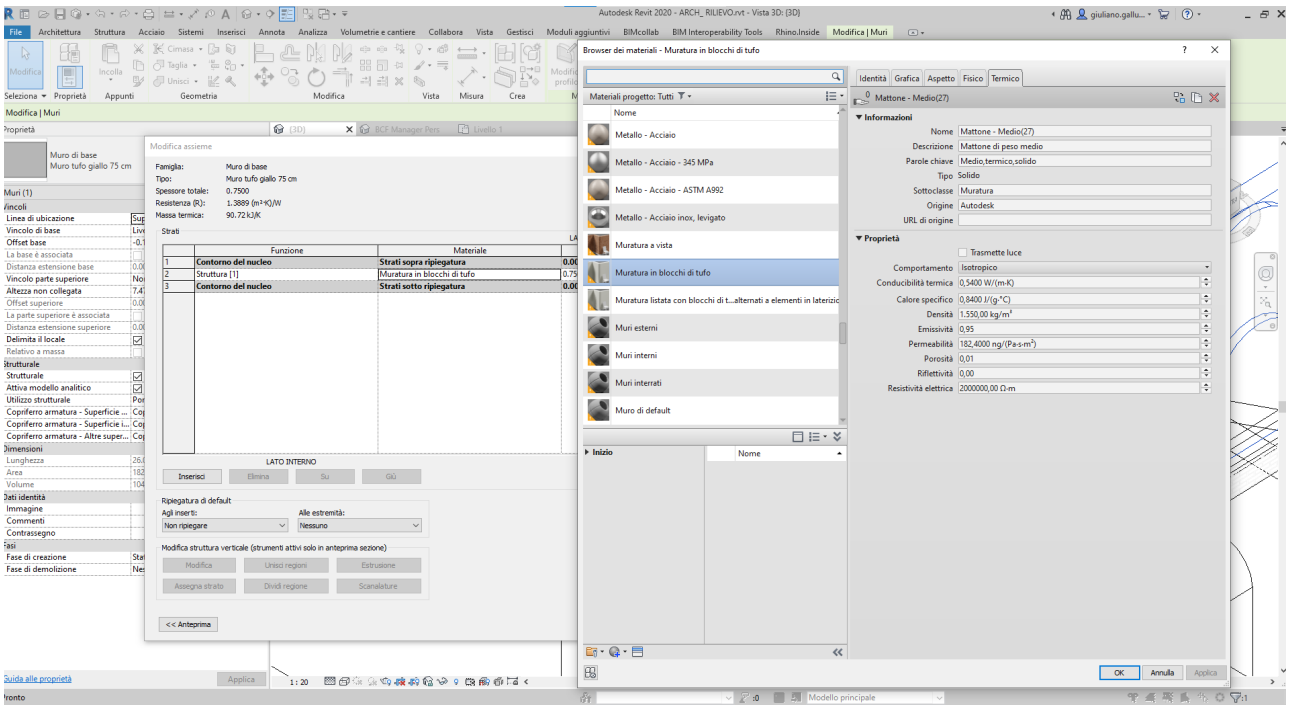


Fig. 116 - Caratterizzazione informativa di elementi e materiali in ambiente Revit.

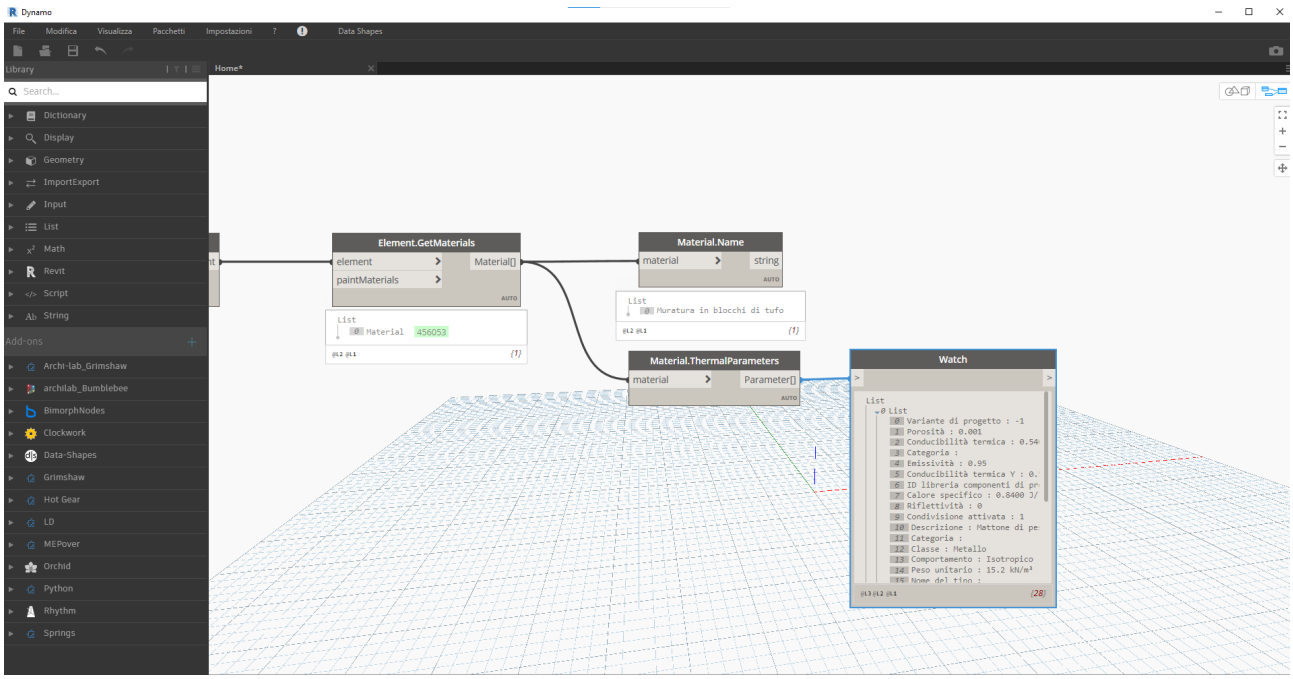


Fig. 117 - Estrazione delle informazioni dal modello informativo per l'esportazione nel foglio di calcolo.

4.4 Valutazione data-driven del ciclo di vita alla scala del prodotto in ambiente BIM

4.4.1 Integrazione tra software di modellazione informativa e strumenti digitali LC-oriented

L'associazione tra modellazione informativa e analisi sul ciclo di vita può garantire ai progettisti di valutare in tempo reale gli impatti che le scelte progettuali implicano sulla sostenibilità dell'edificio, con ricadute dirette sui processi decisionali di progetto. Tra le diverse possibilità, si è scelto di utilizzare come strumento LCA il plug-in di Revit, Tally, che consente di quantificare l'impatto ambientale dei materiali edili per l'analisi dell'edificio nel suo intero ciclo di vita, permettendo anche analisi comparative tra diverse scelte progettuali.
Tally nasce dalla collaborazione tra la società KT Innovations e Autodesk, ed è perciò uno dei primi applicativi LCA direttamente connessi ad un software di BIM authoring, in grado di calcolare gli impatti ambientali delle selezioni di materiali da costruzione direttamente in un modello BIM. Tally, inoltre, consente agli utenti di produrre dati grafici facilmente comprensibili. All'interno di Tally è possibile riproporre una scansione delle fasi del ciclo di vita di un prodotto tali da simulare l'intero ciclo di vita di un edificio, dall'acquisizione delle materie prime allo smaltimento finale. Per consentire ciò, Tally utilizza il database GaBi, uno dei più completi set di dati ambientali per LCA. Il software consente all'utente di eseguire, durante il processo di progettazione, diversi tipi di valutazione con diversi livelli di dettaglio, tra cui la produzione dei materiali, la manutenzione e la sostituzione e l'eventuale gestione del fine vita. Inoltre, gli impatti del processo di costruzione e l'energia operativa possono essere opzionalmente inclusi nell'ambito della verifica. La metodologia Tally è coerente con gli standard LCA ISO 14040-14044, ISO 21930: 2017, ISO 21931: 2010, EN 15804: 2012 e EN 15978: 2011 e durante il processo consente all'utente di adeguare in modo appropriato il valore di riferimento del ciclo di vita. Lo strumento utilizza un database LCA che combina attributi di materiali, dettagli di assemblaggio e specifiche architettoniche con i dati relativi agli impatti ambientali tratti dai database GaBi 2018.
Tally riporta gli impatti ambientali secondo lo schema di caratterizzazione e la metodologia TRACI 2.1, che rappresenta lo standard del settore per i modelli LCA in Nord America, adottati dalla certificazione LEED e accettati per il programma di certificazione Living Building Challenge. In particolare, i risultati del LCA sono riferibili alle seguenti categorie di impatto: riduzione dell'ozono, clima globale, acidificazione, eutrofizzazione, formazione di smog, eco-tossicità e domanda di energia primaria.
Dal momento che è conforme a LEED, Tally è comunemente utilizzato per acquisire crediti di riduzione dell'impatto sui cicli di vita dell'edificio LEED v4, ma anche per esaminare materiali e componenti di costruzione con una portata e una risoluzione maggiori di quanto richiesto dalle attuali linee guida LEED.
Ad oggi, il software esclude unicamente gli impatti relativi alle attrezzature meccaniche in cantiere, in quanto generalmente considerate fuori dal campo di applicazione per la LCA dell'intero edificio. Inoltre, i confronti effettuati dalle analisi LCA in Tally non prendono in considerazione i parametri di costo nella valutazione delle alternative, demandando perciò ad un ulteriore approfondimento da parte dell'utente.
Se un'applicazione integrata di BIM e LCA può apparire di più immediata implementazione in

un intervento di nuova costruzione, meno agevole, e quindi più interessante ai fini della ricerca, è una sua attuazione nel caso del recupero di un immobile, così come parte di esso. I motivi di ciò risiedono prevalentemente sia nella minore discrezionalità dell'intervento, che si muove in un contesto di vincoli determinati dalla necessità di garantire il rispetto dei valori riconosciuti al bene, sia per la difficoltà di reperire dai affidabili dei materiali e dei prodotti da costruzione impiegati.
Nel caso del PFTE del Comune di Napoli per la riqualificazione del complesso ex industriale "Corradini", l'attenzione è stata perciò rivolta a quegli elementi che, a causa della scarsità o incompletezza dei dati a disposizione, lasciavano una maggiore discrezionalità al progettista, al tempo stesso richiedendo perciò un'attenzione particolare.

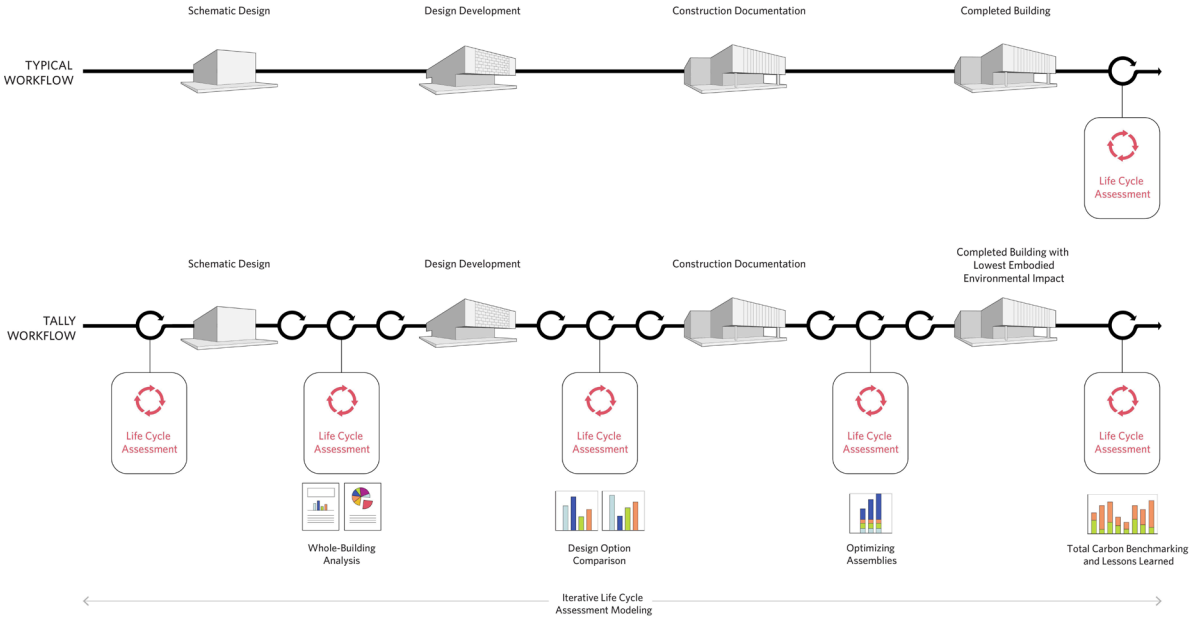


Fig. 118 - Applicazione integrata BIM-LCA. Fonte: KieranTimberlake.

Si è scelto, quindi, di intervenire sulla parte dell'involucro che il progetto prevede di ricostruire ex novo, cioè le chiusure orizzontali esterne. Da progetto, le coperture si presentano a doppia falda, con una stratigrafia poco dettagliata: manto di copertura in coppi, strato coibentato, doppio ordine di listelli, travi secondarie in legno. Per quanto riguarda la struttura portante, è previsto il restauro o la reintroduzione delle originarie capriate in acciaio tipo Polonceu, ma, nella maggior parte degli edifici, sono indicate genericamente delle capriate lignee a monaco singolo e con catena in acciaio. La scelta è perciò ricaduta su quest'ultima tipologia strutturale.

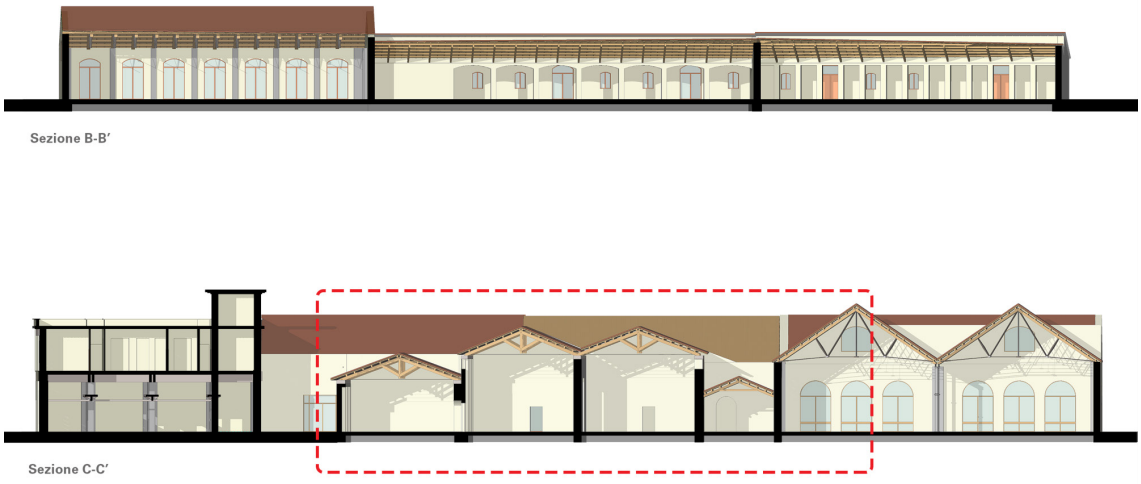


Fig. 119 - Inquadramento del fabbricato oggetto di sperimentazione. Credits: Arch. Mariella Tortora.

Prima di poter iniziare l'analisi LCA, è stato necessario uno studio preliminare dell'oggetto edilizio rispetto ai requisiti normativi ambientali ed energetici.
In particolare, le norme in questione sono state:

- D.P.R. 412/1993 Allegato A "Zone Climatiche", in base al quale si è individuata la zona climatica in cui ricade il sito di interesse;
- D.M. 26/06/2015 "Requisiti minimi", dai cui ambiti di intervento si è individuato quello riguardante il caso studio, Ristrutturazione importante 2, in base al quale il decreto indica i requisiti specifici per le prestazioni delle coperture;
- D.M. 11/10/2017 conosciuto come Criteri Ambientali Minimi in Edilizia, che indica il valore di SRI (Indice di Riflettanza Solare), che il manto di copertura deve soddisfare in base alla pendenza, e le direttive da seguire in base all'ambito di intervento.

Apportando alcune revisioni a quella prevista del progetto comunale, è stata prevista una copertura isolata e ventilata, pur conservando le indicazioni espresse all'interno del progetto comunale.
Nello specifico, lo studio di integrazione tra BIM e LCA è stato svolto in due momenti, coincidenti con:

1. l'analisi comparativa dei materiali isolanti;
2. l'analisi della soluzione tecnologica con capriate lignee.

Nello studio proposto, è stato effettuato un confronto tra materiali differenti ma con la stessa funzione di isolante termico, valutando l'impatto ambientale del prodotto nella soluzione conforme di isolamento termico per coperture inclinate.
In base all'oggetto edilizio su cui intervenire e alla destinazione d'uso prevista, sono stati individuati sei tipi di materiali isolanti:

- lana di roccia;
- lana di vetro;
- legno mineralizzato;
- sughero;
- EPS;
- XPS.

La scelta dei produttori è stata svolta secondo i principi guida dei CAM-Edilizia, preferendo quindi stabilimenti in ambito nazionale. Inoltre, al fine di poter disporre dei dati necessari all'applicazione della metodologia attraverso gli strumenti individuati, sono stati scelti solo prodotti dotati di certificazione EPD.
La verifica preliminare effettuata ha riguardato la trasmittanza termica limite Ulim, che nella zona C è di 0,32 W/mqK, e la trasmittanza termica periodica Yie, pari a 0,18 W/mqK. Le sei varianti stratigrafiche sono state, quindi, progettate per assolvere le disposizioni normative e le verifiche di trasmittanza termica obbligatorie: la conformità normativa di ogni stratigrafia è stata, in seguito, confermata tramite l'utilizzo del software PAN 7.1 di ANIT.
Le sei varianti sono state modellate nel software BIM Autodesk REVIT, considerando un campione di 1 mq.

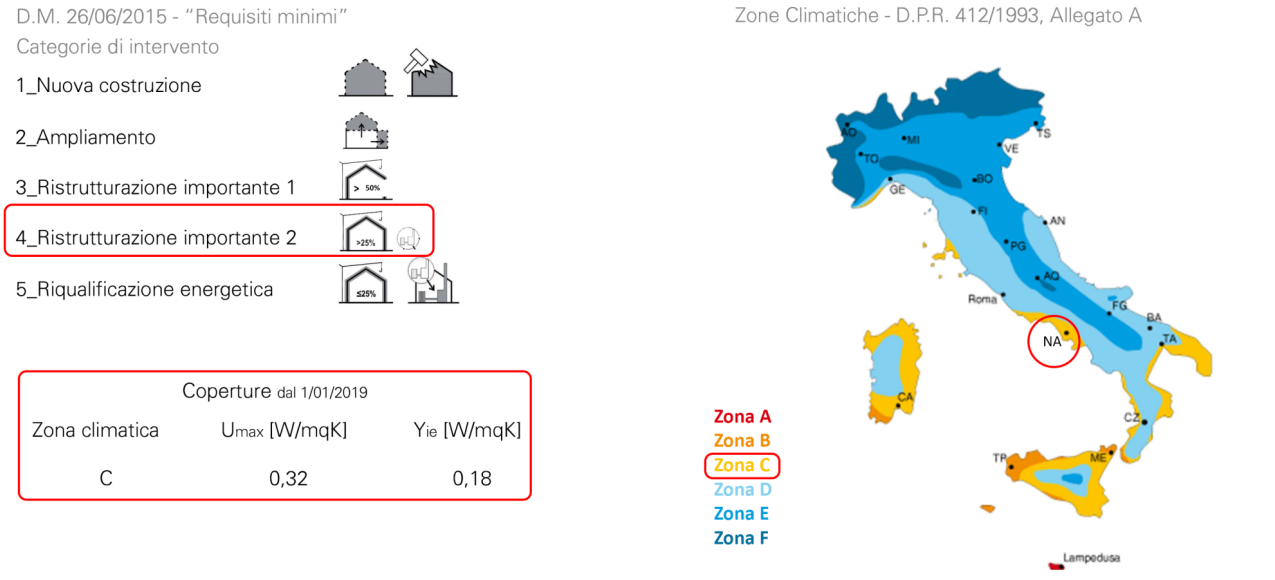


Fig. 120 - Individuazione delle caratteristiche energetiche rispetto alla zona climatica. Credits: Arch. Mariella Tortora.

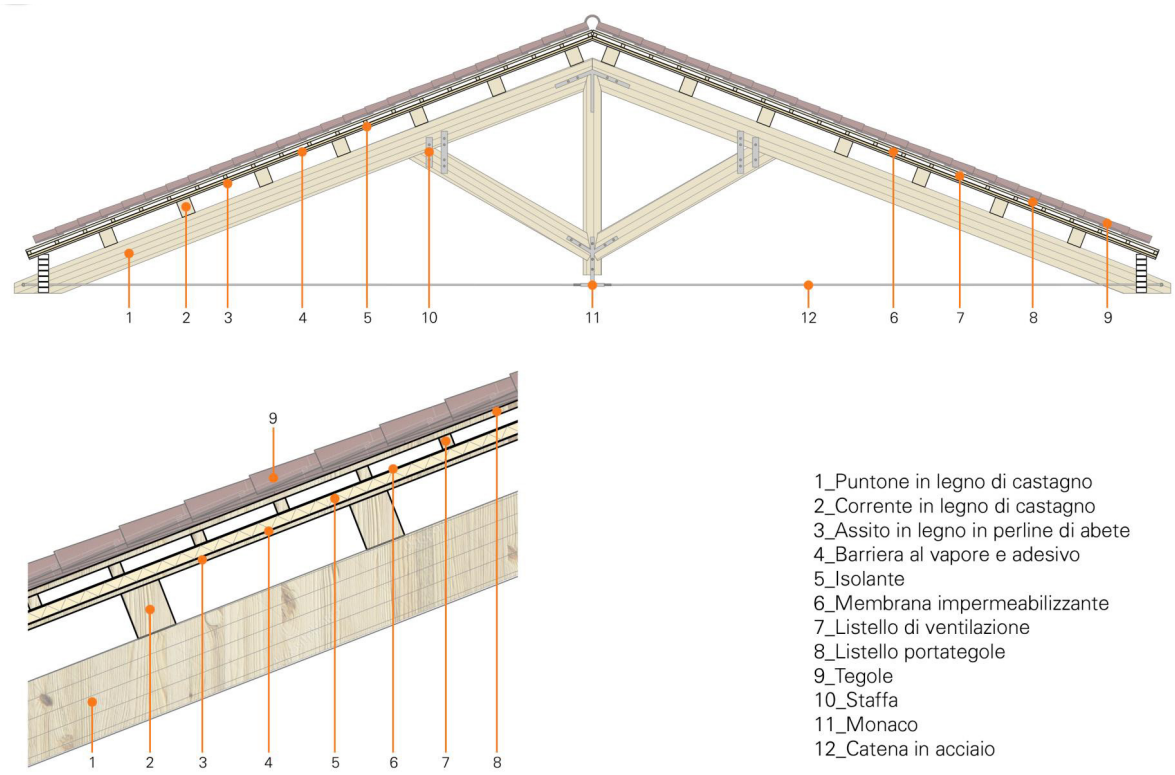


Fig. 121 - Dettaglio tipo della copertura in struttura lignea. Credits: Mariella Tortora.

Fig. 122 - Prodotti candidati all'analisi e relativa distanza degli stabilimenti dal sito. Credits: Arch. Mariella Tortora.

4.4.2 Verifiche di conformità alla scala del prodotto

La prima analisi ha riguardato la scelta dei materiali isolanti. Di seguito vengono elencate le fasi dell'analisi.

Unità funzionale e flusso di riferimento	L'unità funzionale, a cui legare i flussi in entrata e uscita, è 1 mc. Il flusso di riferimento è la quantità di materiale necessario per la produzione del materiale isolante, per assolvere alla funzione stabilita.
Confini del sistema	Determinano quali processi sono inclusi nella valutazione. L'analisi si basa su un approccio dalla "culla alla tomba", secondo le impostazioni del software Tally.
Categoria di dati	Sono stati innanzitutto selezionati dati secondari, tra quelli che il software proponeva; in seguito, sono stati inseriti manualmente dati primari, ricavati dagli studi LCA delle aziende selezionate, per la certificazione EPD.
Criteri di esclusione degli input	Tally esclude dall'analisi gli input legati ai beni strumentali.
Requisiti di qualità dei dati	Tally utilizza la banca dati GaBi, sviluppata da PE International, che racchiude specifiche sugli attributi dei materiali, dettagli di assemblaggio e informazioni ingegneristiche e architettoniche, con i rispettivi dati di impatto ambientale.
Analisi di inventario	Per ogni materiale, si è scelto all'interno della banca dati, quello più simile. Tally permette di effettuare poche personalizzazioni, pertanto è stato difficile individuare materiali conformi al territorio nazionale.
Analisi dei risultati	Lo strumento usato per la quantificazione degli impatti ambientali è TRACI 2, un sistema di caratterizzazione e una metodologia sviluppati dalla U.S. EPA (Environmental Protection Agency). Questo strumento permette la quantificazione di otto impatti ambientali: • Potenziale di Acidificazione (AP) • Potenziale di Eutrofizzazione (EP) • Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP) • Potenziale di Formazione di Smog (SFP) • Potenziale di Riduzione dello strato di Ozono (ODP) • Domanda di Energia Primaria (PED) • Energia Rinnovabile (RE) • Energia Non-Rinnovabile (NRE).

Adoperati i dovuti settaggi, Tally ha generato un report contenente una serie di grafici, riportanti i potenziali di impatto ambientale suddivisi secondo: Life Cycle Stage, Categorie di Revit, Categorie di Tally, Materiali di Revit, Materiali di Tally.
La seconda analisi è stata effettuata sulla soluzione tecnico-costruttiva individuata, svolta modificando di volta in volta i materiali che risultavano avere un impatto maggiore sull'intero pacchetto.
Di seguito vengono elencate le fasi dell'analisi.

Unità funzionale e flusso di riferimento	L'unità funzionale, a cui legare i flussi in entrata e uscita, è 344 mq. Il flusso di riferimento è la quantità di materiale necessario per la produzione del materiale isolante, per assolvere alla funzione stabilita.
Confini del sistema	Determinano quali processi sono inclusi nella valutazione. L'analisi si basa su un approccio dalla "culla alla tomba", secondo le impostazioni del software Tally.
Categoria di dati	Sono stati selezionati dati secondari, tra quelli offerti dal software, eccetto i dati primari precedentemente raccolti per il materiale isolante scelto.
Criteri di esclusione degli input	Tally esclude dall'analisi gli input legati ai beni strumentali.
Requisiti di qualità dei dati	Tally utilizza la banca dati GaBi, sviluppata da PE International, che racchiude specifiche sugli attributi dei materiali, dettagli di assemblaggio e informazioni ingegneristiche e architettoniche, con i rispettivi dati di impatto ambientale.
Analisi di inventario	Per ogni materiale, si è scelto all'interno della banca dati, quello più simile. Tally permette di effettuare poche personalizzazioni, pertanto è stato difficile individuare materiali conformi al territorio nazionale.
Analisi dei risultati	Lo strumento usato per la quantificazione degli impatti ambientali è TRACI 2, un sistema di caratterizzazione e una metodologia sviluppati dalla U.S. EPA (Environmental Protection Agency). Questo strumento permette la quantificazione di otto impatti ambientali: • Potenziale di Acidificazione (AP) • Potenziale di Eutrofizzazione (EP) • Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP) • Potenziale di Formazione di Smog (SFP) • Potenziale di Riduzione dello strato di Ozono (ODP) • Domanda di Energia Primaria (PED) • Energia Rinnovabile (RE) • - Energia Non-Rinnovabile (NRE).

Adoperati i dovuti settaggi, Tally ha generato un report contenente una serie di grafici, riportanti i potenziali di impatto ambientale suddivisi secondo: Life Cycle Stage, Categorie di Revit, Categorie di Tally, Materiali di Revit, Materiali di Tally.
Dall'analisi dei risultati, è emersa un'alterazione dei valori legata a due materiali che, nel database, non figuravano nella categoria Insulation: la fibra di legno e il sughero.
Inoltre, nell'applicazione del database a categorie di prodotti provenienti dal contesto italiano sono state riscontrate le seguenti criticità:

- il database GaBi, utilizzato dal software Tally, contiene solo prodotti edilizi generici o stranieri;
- il software permette di personalizzare pochi aspetti riguardanti il ciclo di vita dei materiali selezionati, preimpostando altri di fondamentale importanza per l'adeguamento del prodotto al sito di costruzione;
- dal confronto tra i risultati ottenuti dall'analisi con il plug-in Tally e i risultati (tratti dalla letteratura) condotti tramite un software non integrabile in ambiente BIM, che però consente una LCA più rigorosa, è emersa una discordanza tra i valori, rivelando l'inadeguatezza dei primi.

Per superare i suddetti limiti, la soluzione proposta ha riguardato:

- analizzare i report LCA riguardanti i prodotti isolanti scelti (scaricabili, quando possibile, dal sito dell'azienda produttrice);
- di questi studi, selezionare soltanto quelli condotti sulla base degli stessi requisiti e delle stesse limitazioni, affinché potessero essere comparabili;
- eliminare dall'analisi i potenziali di impatto ambientale non comuni tra le analisi;
- mantenere, per le fasi di vita non analizzate dalle aziende, quelle offerte dal software;
- infine, modificare manualmente i parziali dati primari, così ottenuti, all'interno del foglio Excel, generato da Tally.

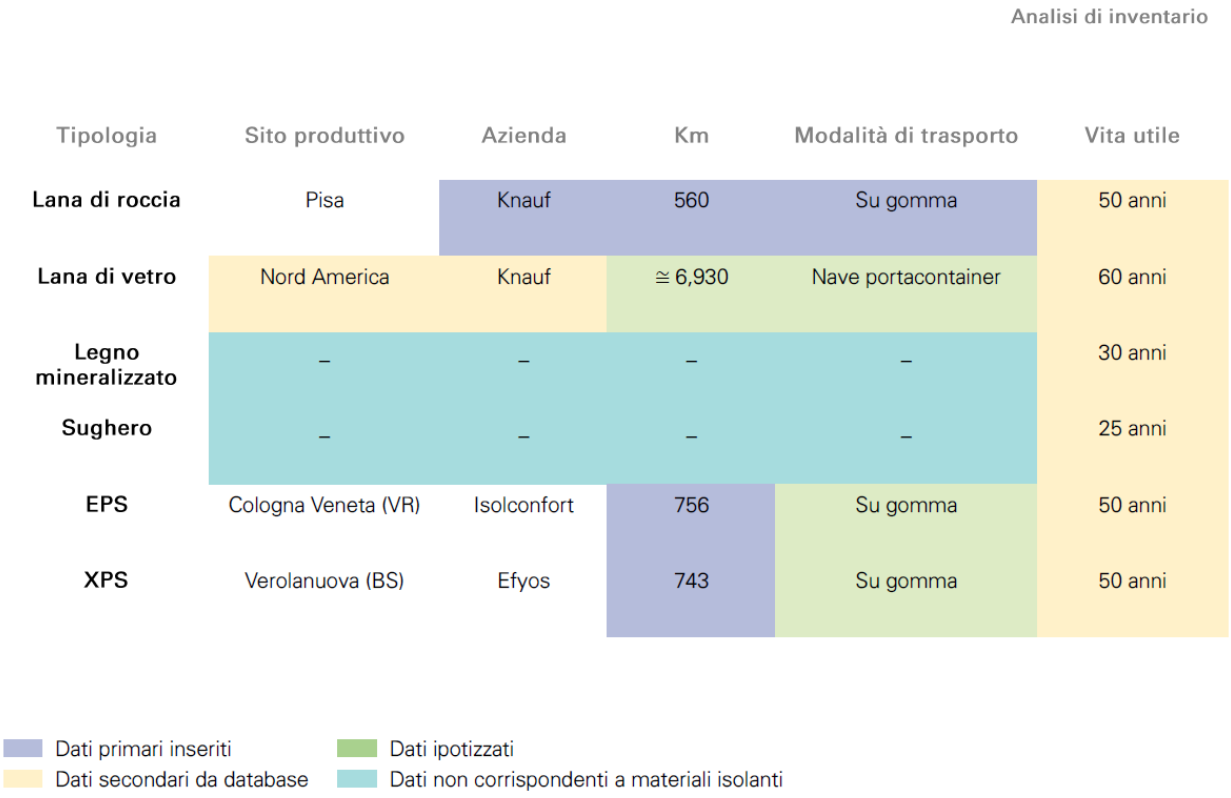
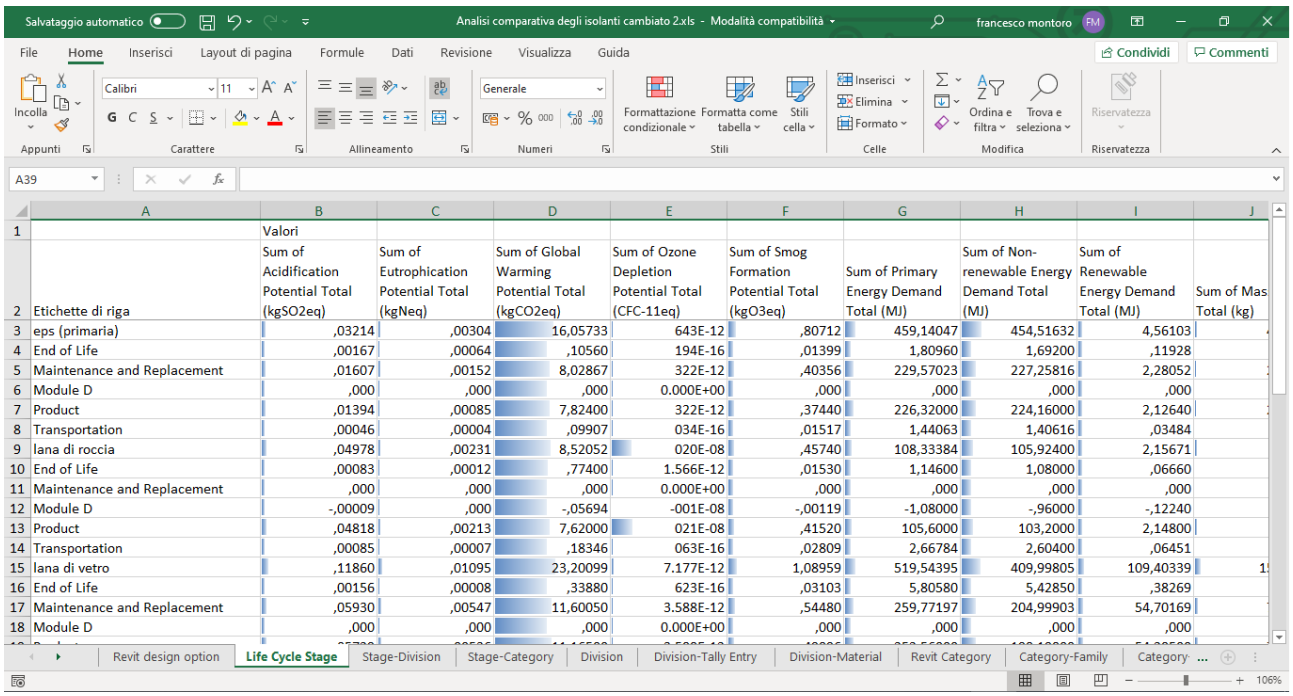


Fig. 123 - Analisi dei materiali isolanti all'interno del software Tally. Credits: Arch. Mariella Tortora.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Valori								
2	Etichette di riga	Sum of Acidification Potential Total (kgSO2eq)	Sum of Eutrophication Potential Total (kgNeq)	Sum of Global Warming Potential Total (kgCO2eq)	Sum of Ozone Depletion Potential Total (CFC-11eq)	Sum of Smog Formation Potential Total (kgO3eq)	Sum of Primary Energy Demand Total (MJ)	Sum of Non-renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Renewable Energy Demand Total (MJ)	Sum of Mas Total (kg)
3	eps (primaria)	,03214	,00304	16,05733	643E-12	,80712	459,14047	454,51632	4,56103	
4	End of Life	,00167	,00064	,10560	194E-16	,01399	1,80960	1,69200	,11928	
5	Maintenance and Replacement	,01607	,00152	8,02867	322E-12	,40356	229,57023	227,25816	2,28052	
6	Module D	,000	,000	,000	0.000E+00	,000	,000	,000	,000	
7	Product	,01394	,00085	7,82400	322E-12	,37440	226,32000	224,16000	2,12640	
8	Transportation	,00046	,00004	,09907	034E-16	,01517	1,44063	1,40616	,03484	
9	lana di roccia	,04978	,00231	8,52052	020E-08	,45740	108,33384	105,92400	2,15671	
10	End of Life	,00083	,00012	,77400	1.566E-12	,01530	1,14600	1,08000	,06660	
11	Maintenance and Replacement	,000	,000	,000	0.000E+00	,000	,000	,000	,000	
12	Module D	-,00009	,000	-,05694	-001E-08	-,00119	-1,08000	-,96000	-,12240	
13	Product	,04818	,00213	7,62000	021E-08	,41520	105,6000	103,2000	2,14800	
14	Transportation	,00085	,00007	,18346	063E-16	,02809	2,66784	2,60400	,06451	
15	lana di vetro	,11860	,01095	23,20099	7.177E-12	1,08959	519,54395	409,99805	109,40339	1
16	End of Life	,00156	,00008	,33880	623E-16	,03103	5,80580	5,42850	,38269	
17	Maintenance and Replacement	,05930	,00547	11,60050	3.588E-12	,54480	259,77197	204,99903	54,70169	
18	Module D	,000	,000	,000	0.000E+00	,000	,000	,000	,000	

Fig. 124 - Dati parziali primari ottenuti dall'analisi elaborata all'interno del software Tally.
Credits: Arch. Mariella Tortora.

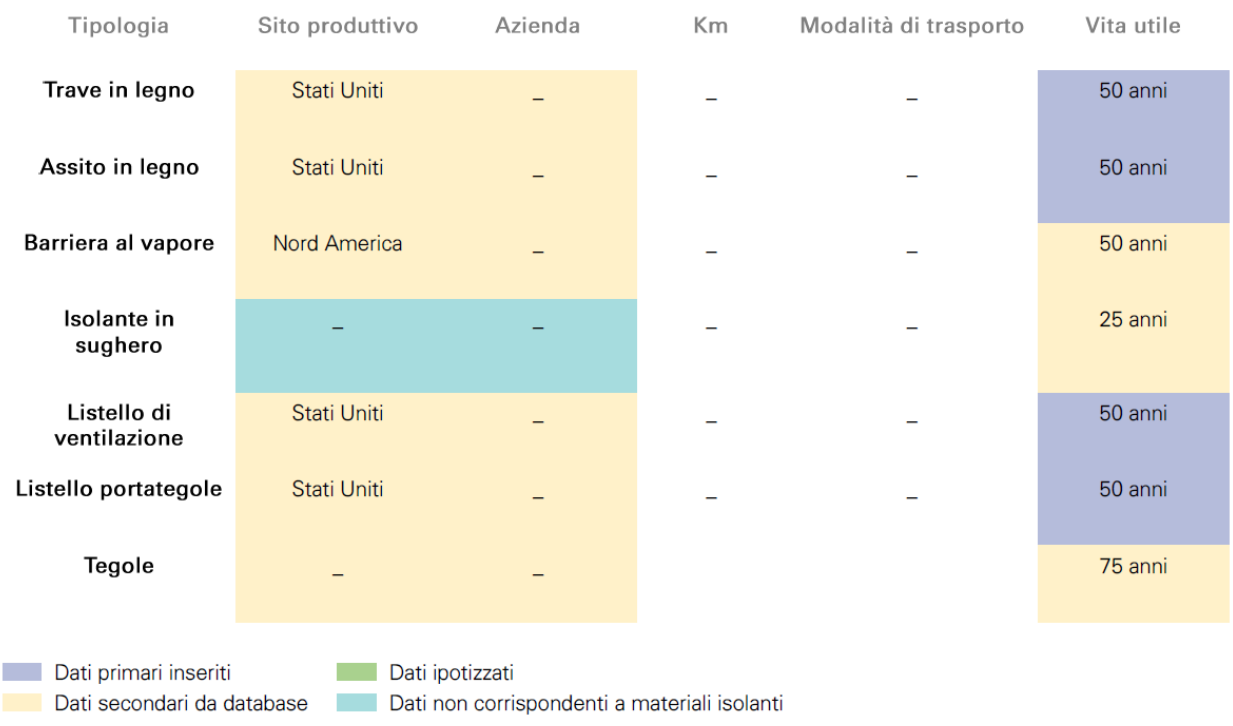


Fig. 125 - Analisi degli strati costituenti la soluzione tecnico-costruttiva con capriata lignea all'interno del software Tally.
Credits: Arch. Mariella Tortora.

Dai risultati così elaborati, emerge che proprio il sughero sia il materiale più idoneo rispetto ai parametri presi in esame.
Per quanto riguarda la soluzione tecnologica di copertura, emerge che la fase più impattante del ciclo di vita della copertura analizzata sia quella di Uso comprendente le fasi di Manutenzione e Sostituzione dei materiali).
Questo indica come, nel progetto alla scala dell'intero edificio, le scelte progettuali debbano vertere verso quelle che assicurino un abbattimento degli impatti in questa fase del ciclo di vita dell'intero edificio.
Dalle analisi ottenute, si è man mano potuto intervenire sui materiali e sulle fasi del ciclo di vita che presentavano i più alti potenziali di impatto ambientale. Quando i risultati dei vari potenziali differivano troppo, rendendo difficile l'orientamento delle scelte progettuali, si è deciso di considerare in primis il Potenziale di Surriscaldamento Globale. Si è infatti riscontrata una discordanza tra i risultati ottenuti con il software BIM-based selezionato per le analisi e altri software progettati esclusivamente per compiere analisi del ciclo di vita, ma con un livello di dettaglio superiore.

4.4.3 Criticità metodologiche e sperimentali riscontrate

Se in letteratura numerosi sono gli esempi recanti i numerosi vantaggi di un'integrazione tra piattaforme di progettazione e gestione BIM e metodologie di Life Cycle Assessment per attività di nuova costruzione, meno approfonditi sono i casi studio e le ricerche che si sono concentrate sull'applicazione di tali sistemi in contesti di riqualificazione dell'edilizia esistente, la quale presenta numerose criticità in termini di adozione di processualità innovative. Oltre alla carenza di casi analoghi, lo specifico tema di ricerca ha riscontrato incertezza informativa e lacunosità dei dati a disposizione, oltre che l'assenza o incompletezza di banche dati nazionali sui prodotti edilizi, le quali in un'ottica di progettazione data-driven risultano imprescindibili.
In tal senso, la possibilità di personalizzare gli strumenti operativi e di avviare operazioni di mappatura dei dati dell'ambiente costruito mediante tecnologie digitali lascia intendere interessanti scenari di sviluppo della ricerca, soprattutto per quanto riguarda l'estensione dell'ambito di studio a tutte le fasi del processo edilizio, con l'obiettivo di informare non solo gli aspetti decisionali e progettuali del processo, ma anche quelli produttivi, realizzativi e manutentivi-gestionali.
L'attività di ricerca si è posta l'obiettivo generale di approfondire ed estendere la riflessione teorica e operativa in merito alle possibilità offerte dai sistemi computazionali data-driven per il supporto alle decisioni, le quali determinano la necessità di adottare nuovi approcci cognitivi al progetto. A una logica sequenziale, basata sull'avanzamento per fasi secondo una progressione lineare tra operatori distinti e separati tra loro, il digitale infatti propone una logica progettuale basata sul costante e iterativo flusso di informazioni tra gli operatori coinvolti. All'interno di tale processualità, le decisioni sono risultato dell'interpolazione di dati, di verifiche ricorsive e istantanee e di feedback provenienti da tutti gli attori coinvolti, la cui integrazione consente di rendere maggiormente affidabili le azioni di intervento e più efficiente ed efficace l'intera filiera.
Dall'analisi effettuata, in particolare, emerge che la fase più impattante del ciclo di vita della copertura analizzata corrisponda a quella di Uso (comprendente le fasi di Manutenzione e Sostituzione dei materiali). Questo indica come, nel progetto alla scala dell'intero edificio, le scelte progettuali debbano soprattutto concentrarsi nella definizione di azioni che assicurino un abbattimento degli impatti in questa fase del ciclo di vita dell'intero edificio. L'utilizzo di Tally, sicuramente di utilizzo più agevole rispetto ad altre alternative sul mercato, presenta purtroppo il limite di non raccogliere dati relativi a prodotti del mercato italiano, ma soltanto di quello americano, del Nord Europa o generici; inoltre, il plug-in permette di effettuare poche personalizzazioni del proprio database.
Nonostante, inoltre, l'apparente automatizzazione e semplificazione delle procedure dovute all'interoperabilità di Tally con l'ambiente di modellazione BIM, occorrono competenze specifiche per indirizzare le analisi e interpretare, in maniera efficace, i risultati delle stesse.
In tal senso, va segnalato come proprio l'estrema semplificazione apportata dal sistema

sperimentato, senza gli interventi sulla procedura descritti precedentemente, rischi di invalidare l'analisi stessa. Ad ogni modo, l'applicazione condotta e la relativa complessità del caso preso in esame lasciano intendere interessanti possibilità di sviluppo, alle quali è auspicabile uno sforzo congiunto degli attori e delle istituzioni del settore delle costruzioni affinché dati e metodi siano diffusi tra gli operatori.

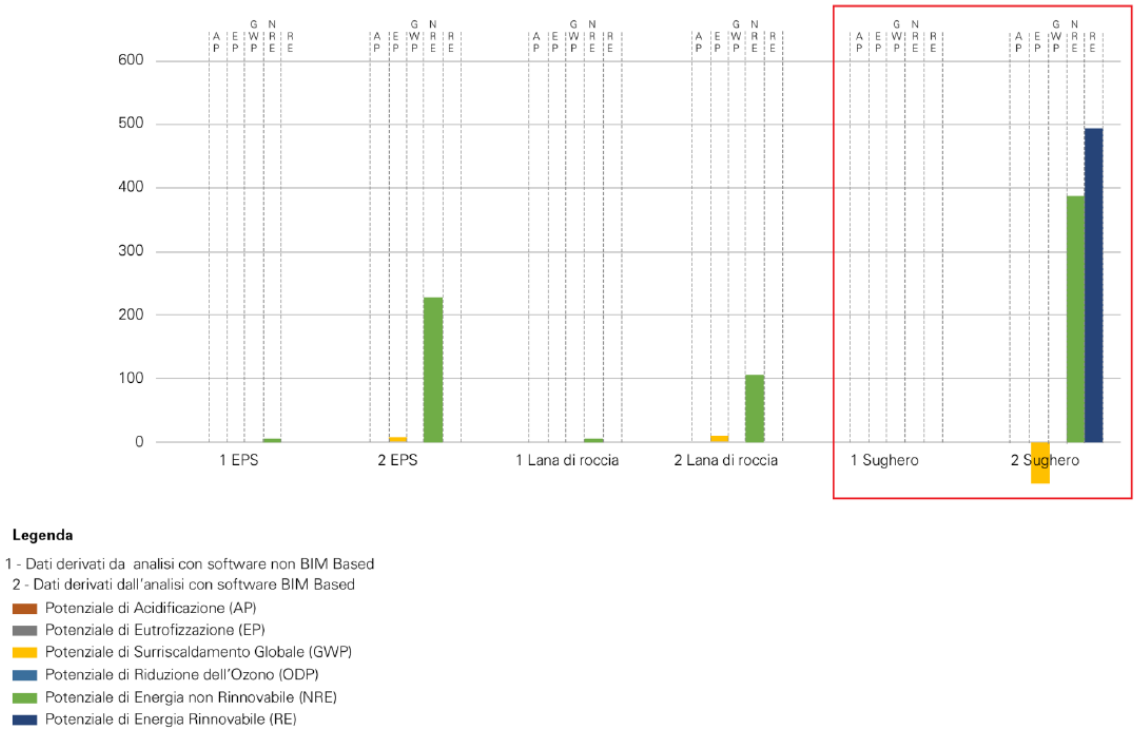


Fig. 126 - Analisi LCA sui materiali isolanti ottenuta confrontando risultati in letteratura eseguiti con software diversi da Tally. Credits: Arch. Mariella Tortora.

1 Trave in legno di castagno 160x180 mm
2 Assito in legno di abete 20 mm
3 Barriera al vapore 2 mm
4 Isolante in legno mineralizzato 200 mm
5 Membrana impermeabilizzante in bitume 4 mm
6 Listello di ventilazione 50x50 mm
7 Listello portategole
8 Tegole di copertura

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M_s [kg/m²]	R [m²K/W]	S_D [m]	a [m²/Ms]
							0,04		
1	0,015	2000,0	1,000	799,1	30,0	30,0	0,02	0,45	0,626
2	0,050	1,0	0,308	1004,2	1,0	0,1	0,16	0,05	0,000
3	0,040	1200,0	0,170	1000,0	50000,0	48,0	0,24	2000,00	0,142
4	0,200	500,0	0,065	1810,0	5,0	100,0	3,08	1,00	0,072
5	0,020	1200,0	0,170	1000,0	187520,0	24,0	0,12	3750,40	0,142
6	0,020	450,0	0,120	1598,3	208,0	9,0	0,17	4,16	0,167
							0,10		

Verifica trasmittanza

Verifica invernale

Trasmittanza	0,255 W/m²K
Trasmittanza di riferimento	0,36 W/m²K (0,33 W/m²K per edifici pubblici)
Trasmittanza limite per edifici esistenti	0,34 W/m²K

Verifica superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione	283,0 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

	Rischio condensa	Rischio formazione muffe
Mese critico	marzo	marzo
Fattore di temperatura	0,281	0,626
Resistenza minima accettabile	0,35 m²K/W	0,67 m²K/W
Resistenza dell'elemento	3,91 m²K/W	

Verifica superata

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

1 Trave in legno di castagno 160x180 mm
2 Assito in legno di abete 20 mm
3 Barriera al vapore 2 mm
4 Isolante in sughero 100 mm
5 Membrana impermeabilizzante in bitume 4 mm
6 Listello di ventilazione 50x50 mm
7 Listello portategole
8 Tegole di copertura

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M_s [kg/m²]	R [m²K/W]	S_D [m]	a [m²/Ms]
							0,04		
1	0,015	2000,0	1,000	799,1	30,0	30,0	0,02	0,45	0,626
2	0,050	1,0	0,308	1004,2	1,0	0,1	0,16	0,05	0,000
3	0,040	1200,0	0,170	1000,0	50000,0	48,0	0,24	2000,00	0,142
4	0,100	110,0	0,039	1900,0	20,0	11,0	2,56	2,00	0,187
5	0,020	1200,0	0,170	1000,0	187520,0	24,0	0,12	3750,40	0,142
6	0,020	450,0	0,120	1598,3	208,0	9,0	0,17	4,16	0,167
							0,10		

Verifica trasmittanza

Verifica invernale

Trasmittanza	0,294 W/m²K
Trasmittanza di riferimento	0,36 W/m²K (0,33 W/m²K per edifici pubblici)
Trasmittanza limite per edifici esistenti	0,34 W/m²K

Verifica superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione	283,0 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

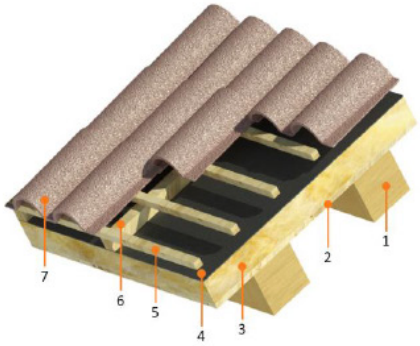
	Rischio condensa	Rischio formazione muffe
Mese critico	marzo	marzo
Fattore di temperatura	0,281	0,626
Resistenza minima accettabile	0,35 m²K/W	0,67 m²K/W
Resistenza dell'elemento	3,40 m²K/W	

Verifica superata

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Fig. 127 - Comparazione delle diverse stratigrafie di copertura risultanti dall'applicazione di un diverso materiale isolante. Credits: Arch. Mariella Tortora.



1 Trave in legno di castagno 160x180 mm
2 Assito in legno di abete 20 mm
3 Barriera al vapore 2 mm
4 Isolante in lana di vetro 100 mm
5 Membrana impermeabilizzante in bitume 4 mm
6 Listello di ventilazione 50x50 mm
7 Listello portategole
8 Tegole di copertura

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M_s [kg/m²]	R [m²K/W]	S_D [m]	a [m²/Ms]
							0,04		
1	0,015	2000,0	1,000	799,1	30,0	30,0	0,02	0,45	0,626
2	0,050	1,0	0,308	1004,2	1,0	0,1	0,16	0,05	0,000
3	0,040	1200,0	0,170	1000,0	50000,0	48,0	0,24	2000,00	0,142
4	0,100	75,0	0,036	1029,3	1,0	7,5	2,78	0,10	0,466
5	0,020	1200,0	0,170	1000,0	187520,0	24,0	0,12	3750,40	0,142
6	0,020	450,0	0,120	1598,3	208,0	9,0	0,17	4,16	0,167
							0,10		

Verifica trasmittanza

Verifica invernale

Trasmittanza	0,277 W/m²K	
Trasmittanza di riferimento	0,36 W/m²K	(0,33 W/m²K per edifici pubblici)
Trasmittanza limite per edifici esistenti	0,34 W/m²K	

Verifica superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione: 283,0 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

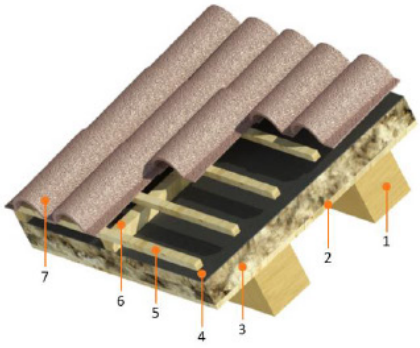
Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

	Rischio condensa	Rischio formazione muffe
Mese critico	marzo	marzo
Fattore di temperatura	0,281	0,626
Resistenza minima accettabile	0,35 m²K/W	0,67 m²K/W
Resistenza dell'elemento	3,61 m²K/W	

Verifica superata

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata



1 Trave in legno di castagno 160x180 mm
2 Assito in legno di abete 20 mm
3 Barriera al vapore 2 mm
4 Isolante in lana di roccia 100 mm
5 Membrana impermeabilizzante in bitume 4 mm
6 Listello di ventilazione 50x50 mm
7 Listello portategole
8 Tegole di copertura

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M_s [kg/m²]	R [m²K/W]	S_D [m]	a [m²/Ms]
							0,04		
1	0,015	2000,0	1,000	799,1	30,0	30,0	0,02	0,45	0,626
2	0,050	1,0	0,308	1004,2	1,0	0,1	0,16	0,05	0,000
3	0,040	1200,0	0,170	1000,0	50000,0	48,0	0,24	2000,00	0,142
4	0,100	40,0	0,035	1029,3	1,0	4,0	2,86	0,10	0,850
5	0,020	1200,0	0,170	1000,0	187520,0	24,0	0,12	3750,40	0,142
6	0,020	450,0	0,120	1598,3	208,0	9,0	0,17	4,16	0,167
							0,10		

Verifica trasmittanza

Verifica invernale

Trasmittanza	0,271 W/m²K	
Trasmittanza di riferimento	0,36 W/m²K	(0,33 W/m²K per edifici pubblici)
Trasmittanza limite per edifici esistenti	0,34 W/m²K	

Verifica superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione: 283,0 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

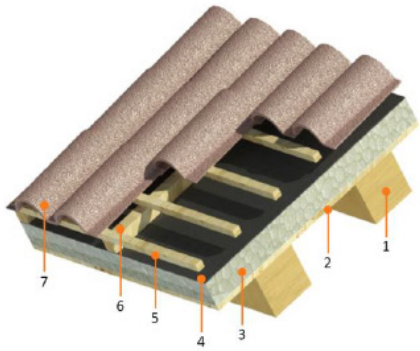
Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

	Rischio condensa	Rischio formazione muffe
Mese critico	marzo	marzo
Fattore di temperatura	0,281	0,626
Resistenza minima accettabile	0,35 m²K/W	0,67 m²K/W
Resistenza dell'elemento	3,69 m²K/W	

Verifica superata

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata



1 Trave in legno di castagno 160x180 mm
2 Assito in legno di abete 20 mm
3 Barriera al vapore 2 mm
4 Isolante in EPS 100 mm
5 Membrana impermeabilizzante in bitume 4 mm
6 Listello di ventilazione 50x50 mm
7 Listello portategole
8 Tegole di copertura

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M_s [kg/m²]	R [m²K/W]	S_D [m]	a [m²/Ms]
							0,04		
1	0,015	2000,0	1,000	799,1	30,0	30,0	0,02	0,45	0,626
2	0,050	1,0	0,308	1004,2	1,0	0,1	0,16	0,05	0,000
3	0,040	1200,0	0,170	1000,0	50000,0	48,0	0,24	2000,00	0,142
4	0,100	50,0	0,035	1451,8	60,0	5,0	2,86	6,00	0,482
5	0,020	1200,0	0,170	1000,0	187520,0	24,0	0,12	3750,40	0,142
6	0,020	450,0	0,120	1598,3	208,0	9,0	0,17	4,16	0,167
							0,10		

Verifica trasmittanza

Verifica invernale

Trasmittanza	0,271 W/m²K	
Trasmittanza di riferimento	0,36 W/m²K	(0,33 W/m²K per edifici pubblici)
Trasmittanza limite per edifici esistenti	0,34 W/m²K	

Verifica superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione: 283,0 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

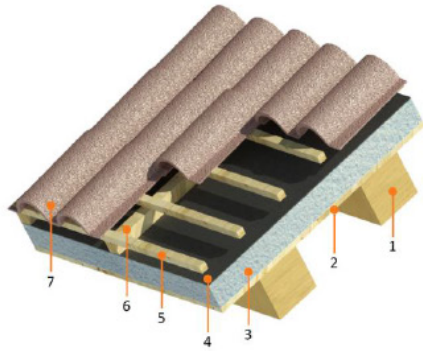
Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

	Rischio condensa	Rischio formazione muffe
Mese critico	marzo	marzo
Fattore di temperatura	0,281	0,626
Resistenza minima accettabile	0,35 m²K/W	0,67 m²K/W
Resistenza dell'elemento	3,60 m²K/W	

Verifica superata

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata



1 Trave in legno di castagno 160x180 mm
2 Assito in legno di abete 20 mm
3 Barriera al vapore 2 mm
4 Isolante in XPS 100 mm
5 Membrana impermeabilizzante in bitume 4 mm
6 Listello di ventilazione 50x50 mm
7 Listello portategole
8 Tegole di copertura

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M_s [kg/m²]	R [m²K/W]	S_D [m]	a [m²/Ms]
							0,04		
1	0,015	2000,0	1,000	799,1	30,0	30,0	0,02	0,45	0,626
2	0,050	1,0	0,308	1004,2	1,0	0,1	0,16	0,05	0,000
3	0,040	1200,0	0,170	1000,0	50000,0	48,0	0,24	2000,00	0,142
4	0,100	20,0	0,035	1451,8	150,0	2,0	2,86	15,00	1,205
5	0,020	1200,0	0,170	1000,0	187520,0	24,0	0,12	3750,40	0,142
6	0,020	450,0	0,120	1598,3	208,0	9,0	0,17	4,16	0,167
							0,10		

Verifica trasmittanza

Verifica invernale

Trasmittanza	0,271 W/m²K	
Trasmittanza di riferimento	0,36 W/m²K	(0,33 W/m²K per edifici pubblici)
Trasmittanza limite per edifici esistenti	0,34 W/m²K	

Verifica superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione: 283,0 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

I rischio di formazione di muffe superficiali

	Rischio condensa	Rischio formazione muffe
Mese critico	marzo	marzo
Fattore di temperatura	0,281	0,626
Resistenza minima accettabile	0,35 m²K/W	0,67 m²K/W
Resistenza dell'elemento	3,69 m²K/W	

Verifica superata

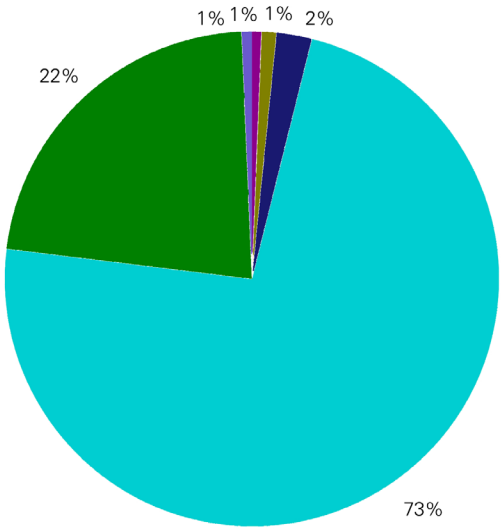
Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

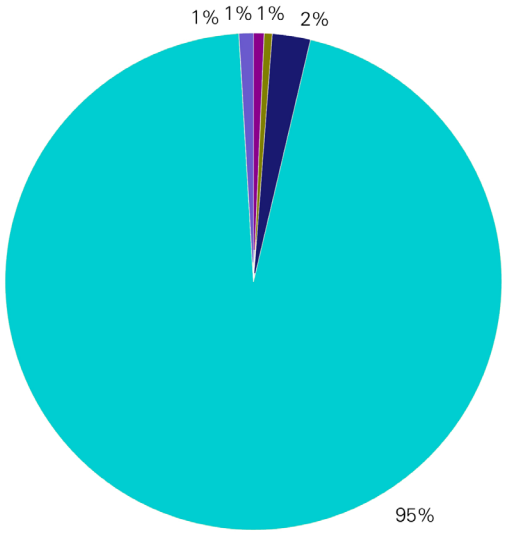
LANA DI VETRO
λ= 0,036 W/m*K
s= 0,11 m
ρ= 75 kg/mc
flusso di riferimento= 8,25 kg

LANA DI ROCCIA
λ= 0,034 W/m*K
s= 0,10 m
ρ= 200 kg/mc
flusso di riferimento= 20 kg

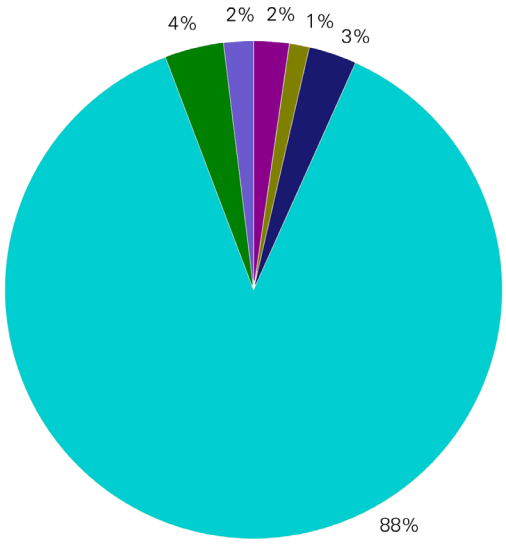
LEGNO MINERALIZZATO
λ= 0,065 W/m*K
s= 0,20 m
ρ= 500 kg/mc
flusso di riferimento= 100 kg



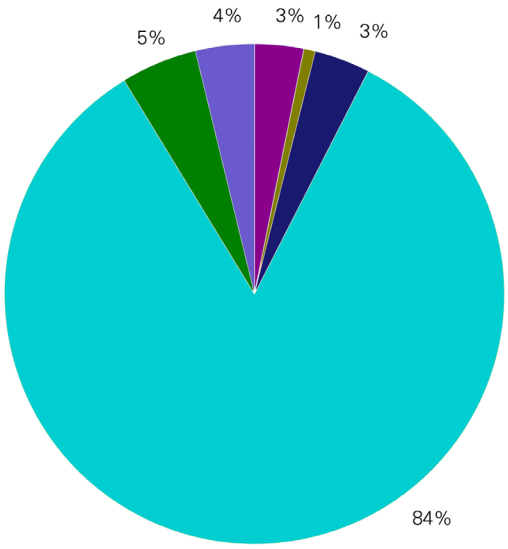
POTENZIALE DI ACIDIFICAZIONE



POTENZIALE DI EUTROFIZZAZIONE



POTENZIALE DI FORMAZIONE DI SMOG



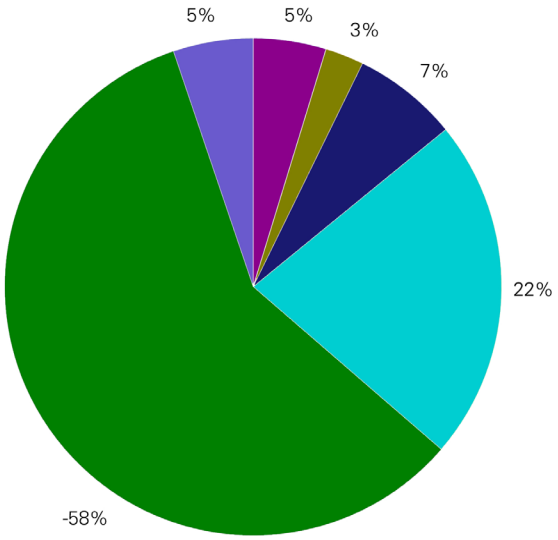
POTENZIALE DI DOMANDA DI ENERGIA PRIMARIA

Fig. 128 - Analisi degli impatti ambientali dei differenti materiali isolanti selezionati. Credits: Arch. Mariella Tortora.

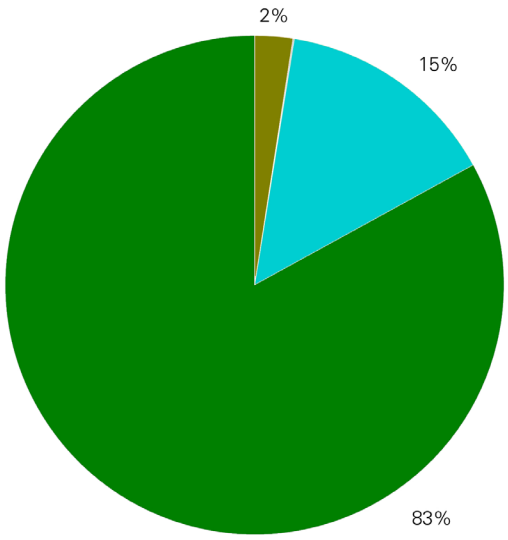
SUGHERO
λ= 0,040 W/m*K
s= 0,12 m
ρ= 110 kg/mc
flusso di riferimento= 13,20 kg

EPS
λ= 0,035 W/m*K
s= 0,11 m
ρ= 23 kg/mc
flusso di riferimento= 2,53 kg

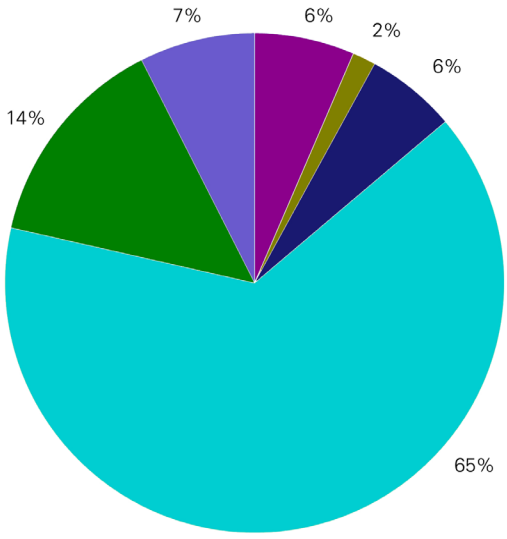
XPS
λ= 0,035 W/m*K
s= 0,11 m
ρ= 20 kg/mc
flusso di riferimento= 2,20 kg



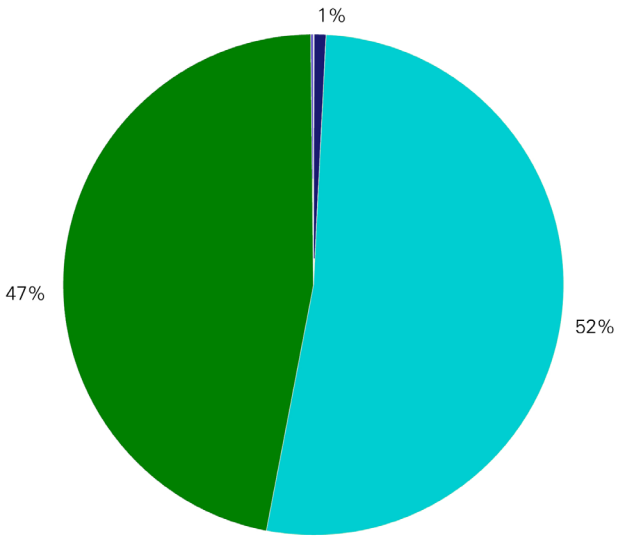
POTENZIALE DI SURRISCALDAMENTO GLOBALE



POTENZIALE DI ESAURIMENTO DELLO STRATO DI OZONO



POTENZIALE DI DOMANDA DI ENERGIA NON RINNOVABILE



POTENZIALE DI DOMANDA DI ENERGIA RINNOVABILE

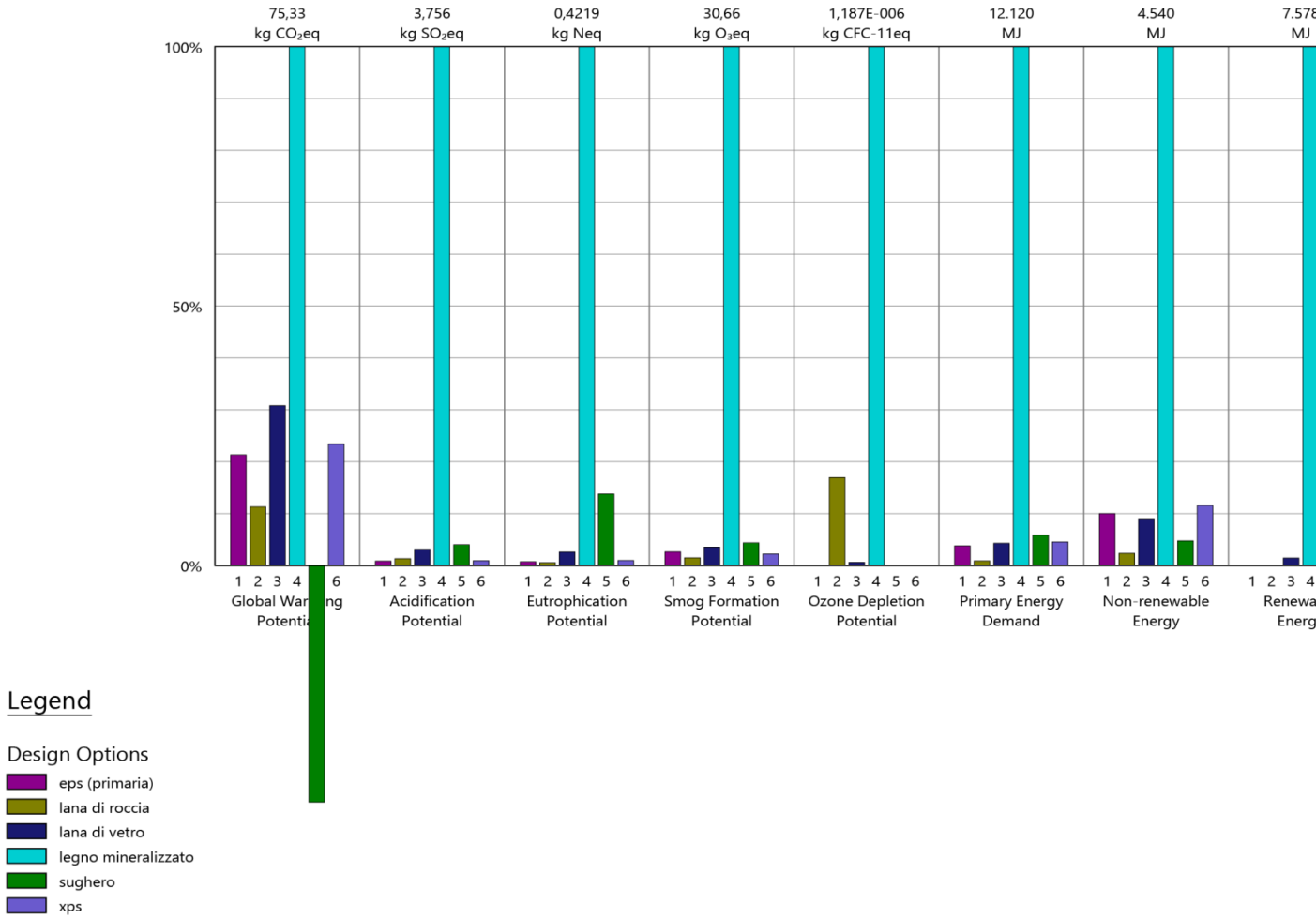
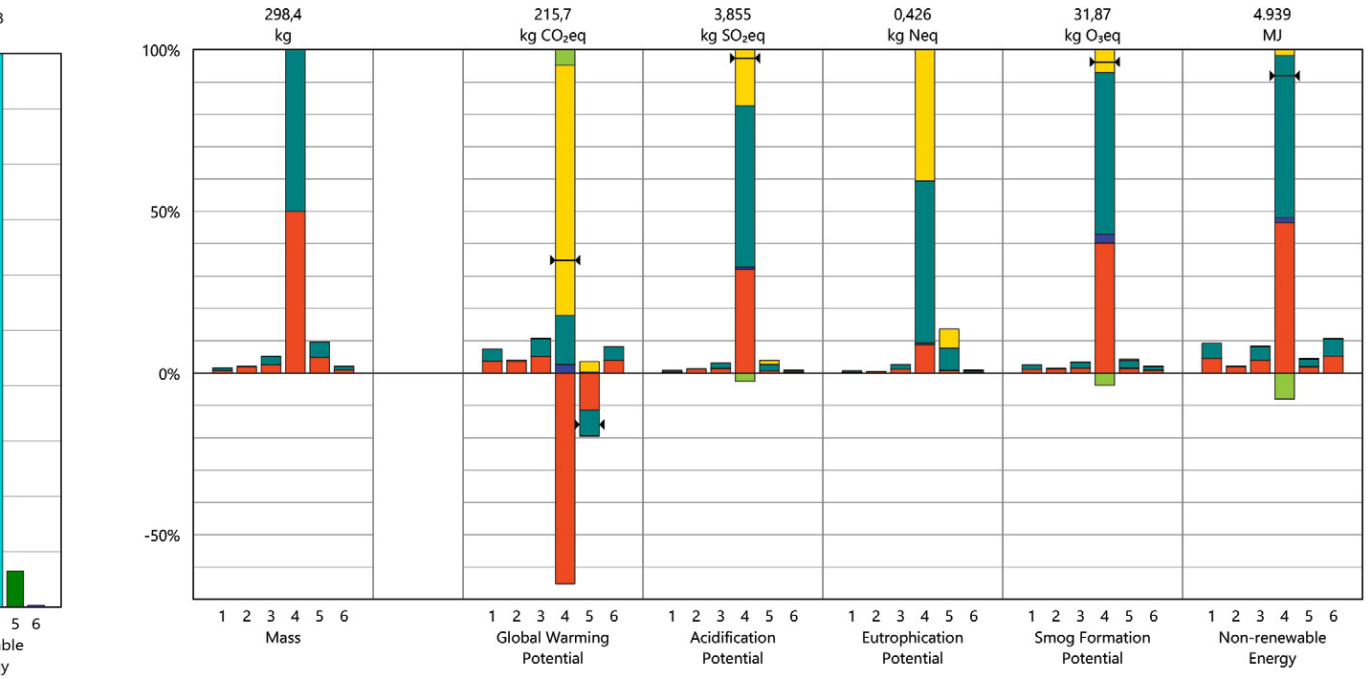


Fig. 129 - Comparazione dei risultati dell'analisi LCA rispetto alle categorie di impatto ambientale (a sinistra). Comparazione dei risultati dell'analisi LCA rispetto alle fasi del ciclo di vita (a destra). Credits: Arch. Mariella Tortora.



Legend

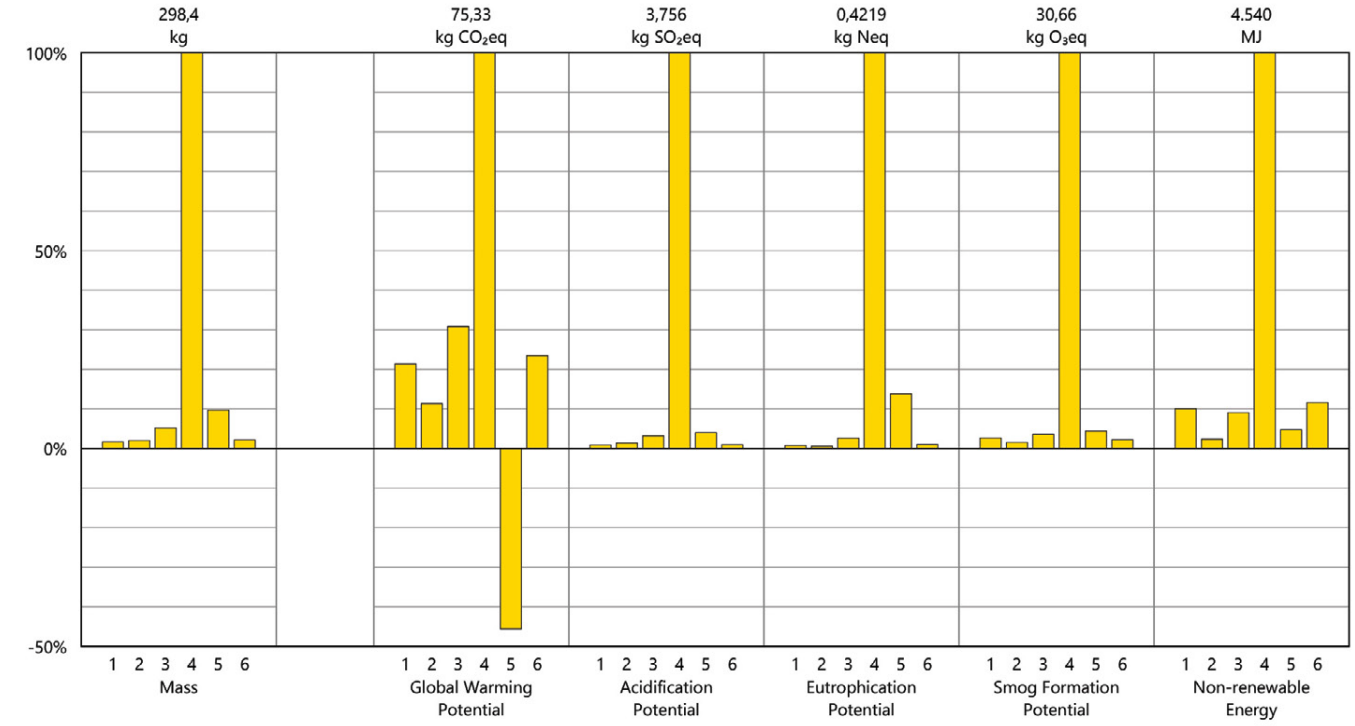
Net value (impacts + credits)

Design Options

Option 1 - eps (primaria)
Option 2 - lana di roccia
Option 3 - lana di vetro
Option 4 - legno mineralizzato
Option 5 - sughero
Option 6 - xps

Life Cycle Stages

Product [A1-A3]
Transportation [A4]
Maintenance and Replacement [B2-B5]
End of Life [C2-C4]
Module D [D]



Legend

Net value (impacts + credits)

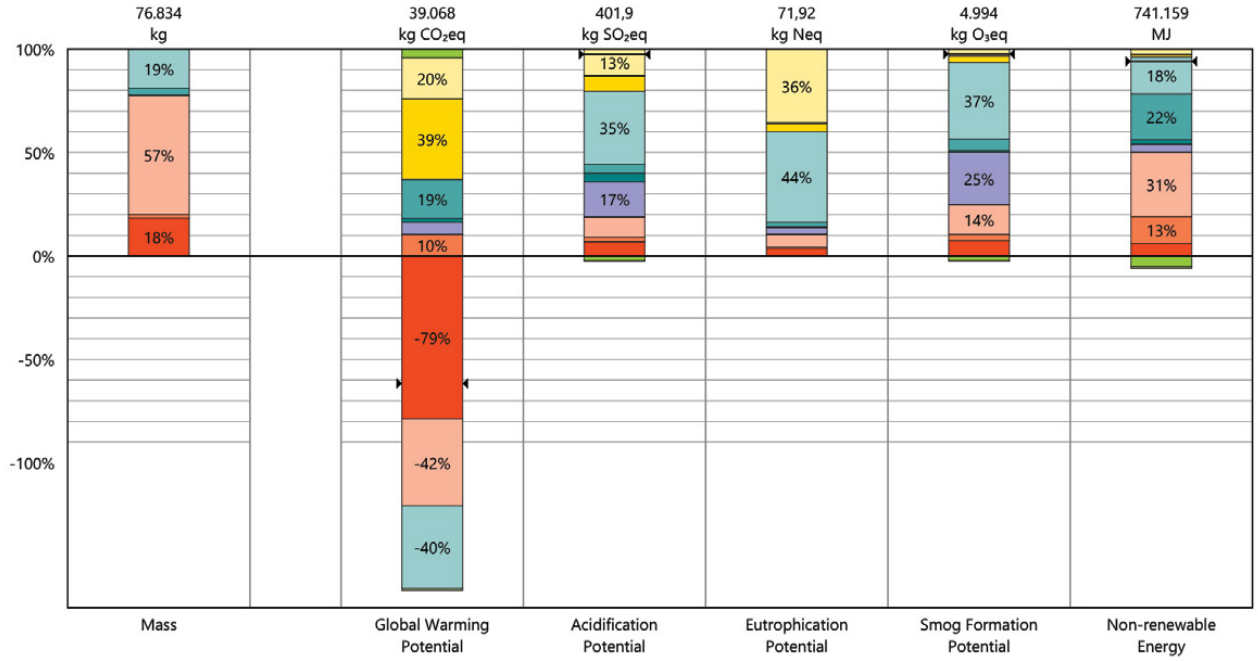
Design Options

Option 1 - eps (primaria)
Option 2 - lana di roccia
Option 3 - lana di vetro
Option 4 - legno mineralizzato
Option 5 - sughero
Option 6 - xps

Revit Categories

Roofs

Fig. 130 - Comparazione dei risultati dell'analisi LCA sui possibili tipi di copertura, distinti per isolante, rispetto alle categorie di impatto ambientale (a sinistra). Analisi LCA della tipologia di copertura selezionata, effettuata comparando la stratigrafia rispetto alle fasi del ciclo di vita e agli impatti ambientali (a destra). Credits: Arch. Mariella Tortora.



Legend

Net value (impacts + credits)

Product [A1-A3]
- 06 - Wood/Plastics/Composites
- 07 - Thermal and Moisture Protection
- 09 - Finishes

Transportation [A4]
- 06 - Wood/Plastics/Composites
- 07 - Thermal and Moisture Protection
- 09 - Finishes

Maintenance and Replacement [B2-B5]
- 06 - Wood/Plastics/Composites
- 07 - Thermal and Moisture Protection
- 09 - Finishes

End of Life [C2-C4]
- 06 - Wood/Plastics/Composites
- 07 - Thermal and Moisture Protection
- 09 - Finishes

Module D [D]
- 06 - Wood/Plastics/Composites
- 07 - Thermal and Moisture Protection
- 09 - Finishes

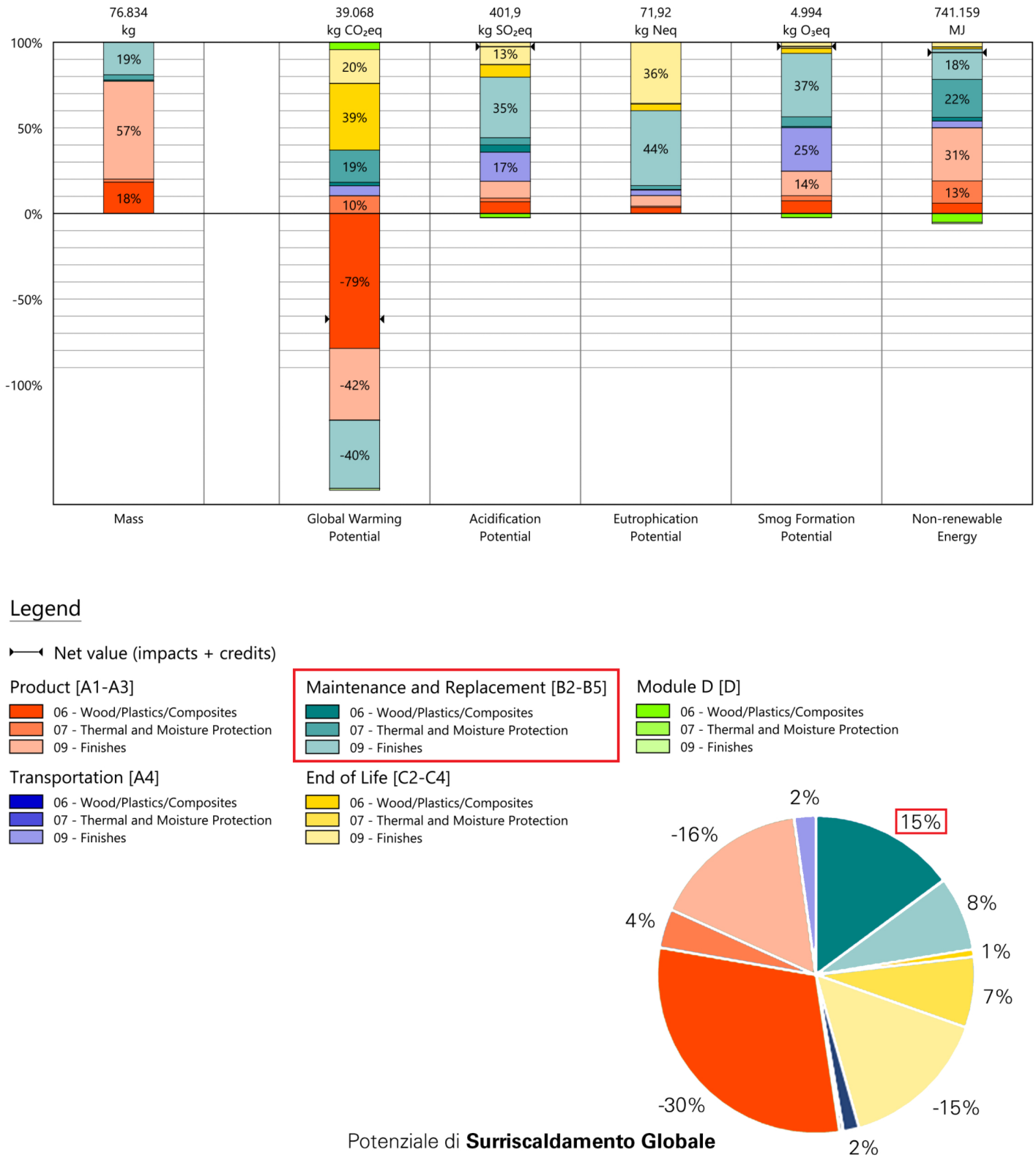
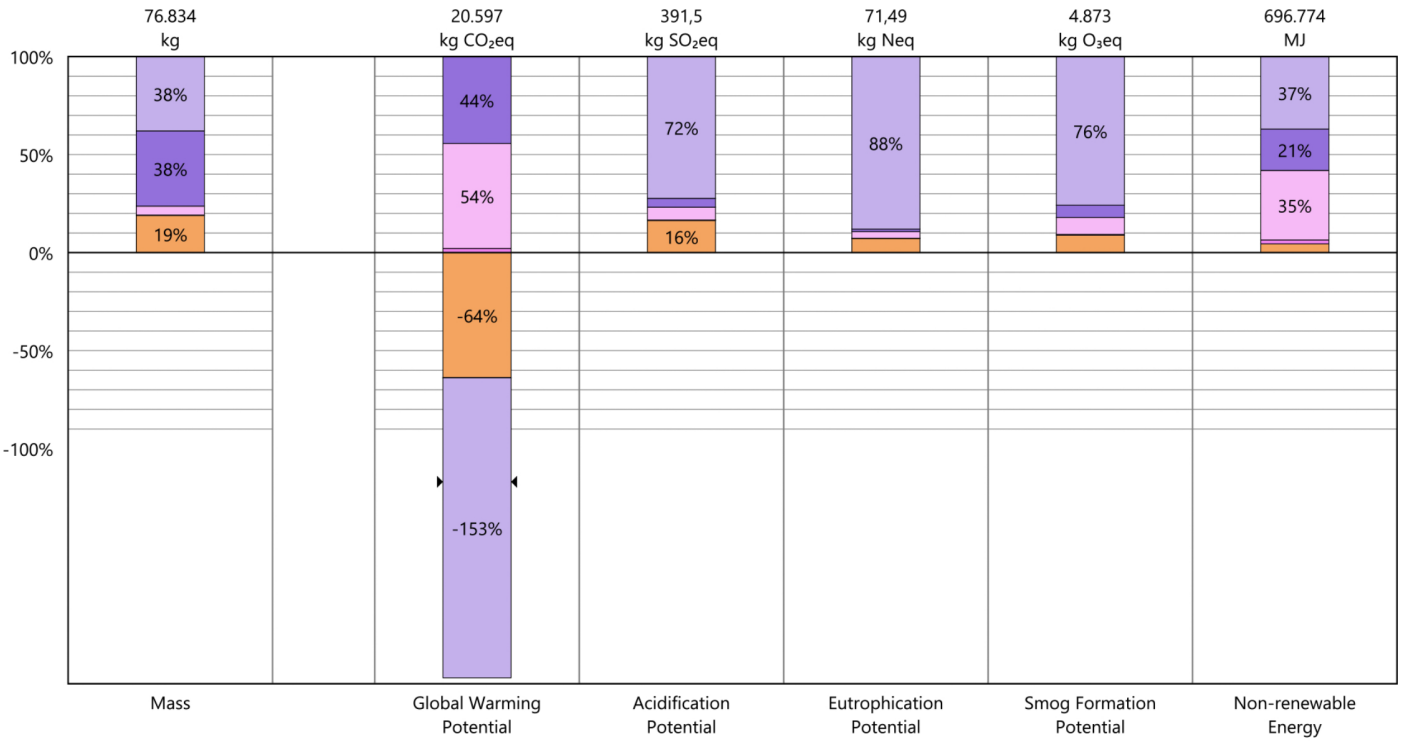


Fig. 131 - Risultati delle analisi LCA su tutto il sistema di copertura, tenendo conto soltanto del Potenziale di Surriscaldamento Globale. Credits: Arch. Mariella Tortora.

SOMMARIO DELL'ANALISI, APPROFONDITO PER MATERIALI



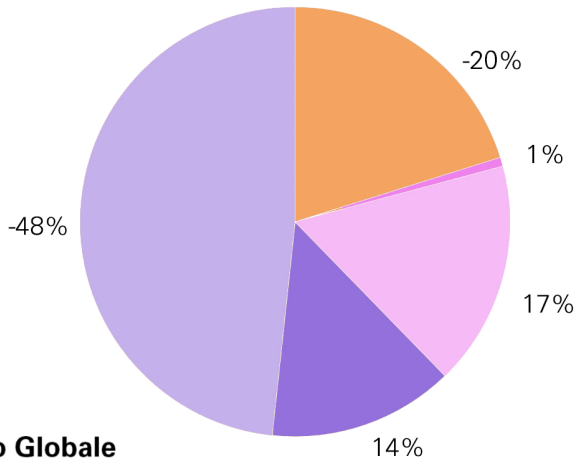
Legend

Net value (impacts + credits)

06 - Wood/Plastics/Composites
- Heavy timber

07 - Thermal and Moisture Protection
- Polyethelene sheet vapor barrier (HDPE)
- PVC roofing membrane, sheet

09 - Finishes
- Terracotta tile
- Wall covering, cork



Potenziale di **Surriscaldamento Globale**

Le parole del capitolo.
Network bibliometrico dei termini adoperati con maggiore frequenza realizzato mediante VosViewer

confi
software
materiale
inventario
lisi
gabi
orati

CONCLUSIONI

Un framework concettuale per la lettura dei processi decisionali data-driven

Se il progetto nella "società delle mangrovie" si pone come problema informativo, è urgente il bisogno di riconfigurare gli approcci a tecnologie e procedure data-driven in modo da consentire di elaborare decisioni a partire dalla definizione di modalità per decifrare e validare le procedure semiautomatiche algoritmiche e valorizzare i contributi derivanti dall'aumentata capacità collaborativa degli operatori coinvolti.
In questo scenario, approfondire il tema della "cultura del dato" per la gestione digitale dell'informazione rappresenta un elemento imprescindibile per interpretare la dimensione progettuale della trasformazione digitale, in quanto fondamentale per intercettare le implicazioni culturali dell'introduzione delle tecnologie emergenti nel settore delle costruzioni e per approfittare delle interazioni tra nuove professionalità, industria e intelligenze emergenti.
Traendo spunto da quanto Warren Weaver nel 1949 ha applicato alla teorizzazione matematica dell'informazione, al progettista si presentano questioni che, per la loro natura, richiedono l'analisi dei metodi di elaborazione e trasmissione informativa, dei problemi "semantici" legati all'affidabilità delle procedure nella generazione di conoscenza e degli aspetti inerenti all'influenza e al grado di efficacia che le informazioni determinano sui processi decisionali.
La cornice concettuale sviluppata nel lavoro di ricerca ha perciò provato a inquadrare il tema del rapporto tra informazione e decisione nell'ambito della digitalizzazione rispetto a questi tre aspetti, ricavandone una prima "mappatura" per orientarsi nella complessa trasformazione in corso.
Le tecnologie digitali possono configurarsi come dispositivi di virtualizzazione e di acquisizione e elaborazione delle informazioni per generare soluzioni formali (form-finding), per effettuare simulazioni e anticipazioni, per garantire un maggiore controllo quantitativo sugli elementi del progetto, attraverso la creazione di catene logiche di operazioni, che possono essere ripercorse retroattivamente (nel caso degli algoritmi) o semplicemente innescate a partire da set di parametri di input, restituendo perciò tipologie di output differenti.
La complessità e varietà di tali tecnologie rende necessaria l'impostazione di specifiche procedure di gestione di tali tecnologie, sia in fase di input, ossia nelle modalità di acquisizione dei dati (formato, tipologia, affidabilità), sia in fase di elaborazione (usi e obiettivi, connessioni logiche), sia, infine, in fase di trasmissione (formato, utilizzatore). Alcune di queste procedure rappresentano veri e propri protocolli di Information Management, normati da linee guida internazionali (come nel caso di BuildingSmart in merito ai formati interoperabili IFC - Industry Foundation Classes) e nazionali (PAS/BSI, ISO, UNI).
In tale contesto, nuove competenze e nuovi approcci sono richiesti per la gestione del processo, che in parte si sovrappongono e in parte si accompagnano a quelli tradizionali. In ogni caso, essi derivano da una diversa considerazione del rapporto tra progettista e tecnologie, in quanto esse non rappresentano soltanto strumenti, il cui utilizzo ha un'influenza limitata sulle capacità di approfondimento delle soluzioni progettuali, ma veri e propri dispositivi cognitivi del progetto, elementi interpretativi della realtà nella sua accezione informativa.

Diversi sono gli approcci possibili al processo decisionale data-driven, proprio in virtù della variabilità e diversità di tecnologie e procedure disponibili. Il digitale, infatti, non si configura come metodologia *tout court*, ma piuttosto rappresenta una dimensione progettuale che, come tale, può assumere contorni differenti.

Il digitale come ecosistema decisionale per il progetto

Dai casi studio esaminati è stato possibile mettere in luce elementi di riflessione sul rapporto tra tecnologie, procedure e modalità decisionali nel progetto decisionale.
Emerge, in primo luogo, una varietà di approcci che, sotto la comune egida del digitale, mostrano, laddove presente, una continuità con le metodologie consolidate all'interno delle prassi progettuali. Al contrario, nei casi più "avanzati", che vedono l'impiego di procedure computazionali, di programmazione algoritmica e di scripting generativo, il digitale sembra senz'altro offrire maggiori potenzialità di controllo del progetto, nonostante il grado di automazione che ne caratterizza i processi.
La diversità dei casi studio, per tipologia di approccio, per organizzazione delle strutture di progettazione, per scala di intervento e condizioni al contorno (tipologia contrattuale, destinazione d'uso, ecc.) evidenziano altrettante modalità di interazione con il digitale, nelle quali l'utilizzo delle tecnologie è sempre strumentale agli obiettivi di progetto, ma non riduce la portata della digitalizzazione stessa a quella dei suoi dispositivi. Com'è stato notato, la prassi del progetto contemporaneo difficilmente può essere più ricondotta a pochi ben identificati modelli organizzativi, ma, al contrario, si caratterizza per una molteplicità di assetti processuali, nei quali vengono a mancare confini netti di ruoli e responsabilità dei diversi operatori. Nonostante la disponibilità di linee guida e standard procedurali per la trasmissione delle informazioni, è chiaro inoltre come tali protocolli non possano che essere di supporto alle processualità del progetto, che individuano di volta in volta la "combinazione" più efficiente rispetto alle condizioni di intervento, e perciò non possono costituire una standardizzazione dell'attività progettuale.
Dal punto di vista decisionale, l'impatto che una maggiore disponibilità di informazioni può avere sul progetto dipende dalle tecnologie e dalle procedure che si intende impiegare: talvolta, per raggiungere risultati già prestabiliti; altre, per esplorarne di inediti, pur fissando requisiti minimi da soddisfare attraverso il progetto.
Da rilevare, come mostrano le tavole sinottiche (Box 7), come l'unica processualità che resta simile a se stessa, nonostante la diversità di scala e di destinazione dei contesti di applicazione, sia quella riferita ai cosiddetti "approcci computazionali". Tali protocolli di Information Management, infatti, si distinguono per essere parametrici, ossia di poter agire secondo valori variabili di alcuni fattori di input specifici, pur mantenendo inalterata (o quasi) la propria struttura logica.

Informazione e decisione in ambiente digitale per un nuovo rapporto tra processo e progetto

L'attuale richiesta del mercato di produrre "risultati", attraverso i quali incrementare l'efficienza dei processi che si svolgono all'interno dell'attività progettuale emerge specialmente nell'ambito dei lavori pubblici, laddove le pubbliche amministrazioni hanno l'esigenza e l'urgenza di selezionare progetti non solo funzionali, efficienti, privi di sprechi, "sostenibili" lungo tutto il ciclo di vita, ma soprattutto capaci di gestire in maniera efficace il rapporto tra i processi che generano il "prodotto" e il contenitore che ne viene di conseguenza concepito. L'attenzione è posta perciò sul processo che genera il progetto, piuttosto che sulle caratteristiche specifiche del prodotto-progetto.
Il lavoro ha inteso perciò riflettere sulle modalità di introduzione dei principi del BIM fin dalle prime fasi della attività di progettazione, attraverso un approccio strategico basato sull'uso di avanzati strumenti operativi e informazioni digitalizzate, agevolando la collaborazione tra le diverse discipline coinvolte e favorendo la diffusione di progetti tecnologicamente avanzati. L'attività si inserisce nell'obiettivo di fornire uno studio di riqualificazione del patrimonio archeologico-industriale ambientalmente sostenibile, coerente con i bisogni della società, con

l'ambiente in cui si trova e con il quadro normativo vigente, ottimizzando le risorse disponibili e utilizzando strumenti che conducono analisi di compliance fin dalle fasi preliminari della progettazione.
Sfruttando la capacità del BIM di gestione delle informazioni direttamente dal modello, è stato possibile minimizzare il rischio di problematiche, tralasciate o posticipate nella progettazione tradizionale, risolvendole nelle prime fasi del processo decisionale, rendendo in tal modo quest'ultimo più informato e permettendo di gestire più consapevolmente informazioni complesse. In tal senso, il ruolo della PA è fondamentale sia in fase di impostazione dei requisiti progettuali, sia in fase di gestione e manutenzione del patrimonio edilizio pubblico, nonché nel migliorare quanto possibile la fase decisionale della progettazione. Attraverso la digitalizzazione, ciò diventa non solo auspicabile ma, oramai, impellente, giacché è proprio minimizzando il rischio di errore nel processo decisionale che è possibile guidare in maniera efficace l'attività progettuale.
La sperimentazione inoltre ha voluto approfondire l'opportunità di avviare, rispetto a uno specifico problema progettuale, differenti simulazioni di eventuali risoluzioni, possibile proprio grazie all'impiego di tecnologie e metodologie digitali intese come strumento di supporto alle decisioni.
Pur nella maggiore complessità che un simile approccio genera nell'ambito dei processi decisionali che sottendono alla trasformazione dell'ambiente costruito, la necessità di migliorare la qualità delle scelte strategiche e di avviare un rinnovamento profondo pare quantomai improcrastinabile, soprattutto nel caso, qui trattato, delle PA.
È in questa direzione che i successivi avanzamenti della ricerca potrebbero concentrarsi, definendo metodologie scalabili, replicabili e ulteriormente sviluppabili rispetto a specifiche esigenze e casi applicativi più o meno analoghi, assecondando una più stretta collaborazione tra privati, enti pubblici, di ricerca e amministrazioni.

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, secondo cui «[…] *oggi non è più pensabile una totalità che non sia potenziale, congetturale, plurima*» (*Lezioni Americane. Sei proposte per il prossimo millennio*, 1988, p. 85). 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 debitamente studiato e controllato.
Una strada possibile può essere percorsa in direzione 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 normativa da limite a "motore" progettuale.

Riconoscimenti

L'attività sperimentale descritta nella presente trattazione è avvenuta nell'ambito del progetto PROSIT – PROgettare in SostenibilITà – Qualificazione e Digitalizzazione in Edilizia', PO FESR 2014-2020 – Obiettivi specifici 1.2.1 – Manifestazione di interesse per la 'realizzazione di piattaforme tecnologiche nell'ambito dell'accordo di programma – Distretti ad alta tecnologia, aggregazioni e laboratori pubblici privati per il rafforzamento del potenziale scientifico e tecnologico della Regione Campania', assegnato a STRESS s.c.a.r.l. L'attività ha visto coinvolti tra i partner di progetto il Dipartimento di Architettura e il Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università degli Studi di Napoli 'Federico II', il Consorzio pubblico-privato STRESS s.c.a.r.l. e il Comune di Napoli.
L'attività di ricerca del Dipartimento di Architettura di Napoli è stata coordinata dalla Prof. Arch. Marina Rigillo.
In particolare, le sperimentazioni qui riportate sono riferite alle attività 3.1 - Tecniche e tecnologie di informazione e valutazione delle performance del processo edilizio, e 3.2 - Procedure per il supporto alle decisioni in interventi di rifunzionalizza e riqualificazione degli edifici, all'interno dell'Obiettivo Realizzativo 3 - Sviluppo di una metodologia BIM per la progettazione sostenibile e la gestione del patrimonio esistente, coordinato dal Prof. Arch. Sergio Russo Ermolli.
L'applicazione al caso dimostratore è avvenuta nell'ambito dell'attività 5.1 - Dimostratore, all'interno dell'Obiettivo Realizzativo 5 - Interventi dimostratori delle metodologie/tecnologie sviluppate, coordinato dal consorzio STRESS s.c.a.r.l. e dalla Prof. Arch. Maria Rosaria Santangelo per il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II".
Le attività di rilievo sono state svolte dalla società Tecno In S.p.A., partner di STRESS s.c.a.r.l. Le attività di modellazione BIM sono state svolte dagli Archh. E. Guarino, M. C. Napolano, L. Pierni e M. Tortora. Le analisi di conformità normativa BIM-based sono state effettuate dall'Arch. F. Zullo e dall'Arch. Martina Costanzo. Le analisi LCA sono state svolte dall'Arch. Mariella Tortora. Le analisi GIS sono state svolte dall'Arch. Simona Mascolino.
Il sistema computazionale di progettazione generativa per gli scenari distributivi è stato implementato dall'Arch. Roberta Riviello. Per la verifica di conformità degli scenari tecnologici rispetto ai Criteri Ambientali Minimi (DM 10/11/2017) ci si è avvalsi del supporto dell'Arch. Nunzia Coppola e dell'Arch. Flavio Galdi.
Per l'implementazione dell'ACDat e il supporto nella redazione del pGI si ringrazia il Dott. Ing. Christian Musella.
Si desidera in particolare ringraziare il coordinatore scientifico del progetto PROSIT, Prof. Ing. Domenico Asprone, l'Ing. Alberto Zinno, responsabile per il consorzio STRESS, e il Comune di Napoli per la collaborazione e il supporto.

PROSIT PROgettare in SostenibilITà – Qualificazione e Digitalizzazione in Edilizia

Responsabile Amministrativo: Dott. Ing. Alberto Zinno (STRESS s.c.a.r.l.)
Responsabile Scientifico: Prof. Ing. Domenico Asprone (DiST)
Project Manager: Dott. Ing. Valentina James (STRESS s.c.a.r.l.)

ANNEX

Questionari preliminare interno al gruppo di ricerca PRO-SIT per la valutazione della "maturità digitale"

Periodo di somministrazione 22/02/2019 - 25/03/2019

Soggetti partecipanti:

- Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli "Federico II";
- Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, Università degli Studi di Napoli "Federico II";
- Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi del Sannio, Benevento;
- Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali, Roma;
- ETT s.p.a., Genova;
- GRADED s.p.a., Napoli;
- RINA Consulting s.p.a., Napoli;
- SEA costruzioni s.r.l., Napoli;
- TECNOSISTEM s.r.l., Napoli.

Descrizione

Il questionario è stato somministrato ai soci del consorzio pubblico-privato STRESS s.c.a.r.l. nell'ambito dell' impostazione del piano di Gestione Informativa per l'Obiettivo Realizzativo 3 della ricerca PROSIT - "Sviluppo di metodologia BIM per la progettazione sostenibile e la gestione del patrimonio esistente", coordinato dal Prof. Arch. Sergio Russo Ermolli.
Il questionario è stato elaborato al fine di orientare l'organizzazione dei flussi informativi delle attività in ambiente BIM, in modo tale da individuare le migliori strategie per lo scambio di dati e la gestione del flusso informativo, le dimensioni massime dei file da scambiare, così come la più efficace modalità di coordinamento e di attribuzione di responsabilità all'interno del gruppo di lavoro.
Per questo motivo, è stato richiesto ai soggetti di descrivere la propria struttura in termini di risorse strumentali ("aspetti tecnici"), procedure e standard interni per la gestione dei flussi informativi ("aspetti semantici"), e risorse umane e profili di responsabilità ("aspetti di influenza") in riferimento alle attività svolte in ambiente BIM.

1. Domande preliminari		
1.1. Descrivere l'organizzazione di afferenza (*nome, mission, ambito principale di lavoro, …*)		
1.2. Descrivere se e come la propria organizzazione abbia investito in relazione alla metodologia BIM		
1.3. Descrivere i principali ostacoli riscontrati nella propria organizzazione in merito all'adozione del BIM		
2. "Aspetti tecnici"		
2.1. Software	BIM Authoring (Architecture)	*(es. Autodesk Revit 2018, …)*
	BIM Authoring (Structure)	*(es. Tekla structures 2018, …)*
	BIM Authoring (Systems)	*(es. DDS-CAD 14, …)*
	Computi metrici	*(es. Primus IFC, …)*
	Verifica e coordinamento	*(es. SOLIBRI, …)*
	ACDat/ACDoc	*(es. ACONEX, …)*
	Comunicazioni	*(es. Autodesk BIM 360, …)*
	Redazione documenti	*(es. Microsoft Office, …)*
	Editing grafico	*(es. Adobe Suite, …)*
	Disegno 2D/3D	*(es. Autodesk AutoCAD, …)*
	Analisi strutturali	*(es. SismiCAD, …)*
	Analisi ambientali, ecc.	*(es. Ansys Fluent, …)*
2.2. Hardware	Accesso ad Internet	*(velocità di upload, download, …)*
	Computer	(*modello, anno, RAM, caratteristiche tecniche …)*
	Cloud/Physical Storage	*(modello, anno, memoria …)*
	Attrezzature	*(laserscan, 3d printer, …)*

3. "Aspetti semantici"		
3.1 Workflow	Protocolli, procedure e standard BIM interni	
	Certificati aziendali ritenuti rilevanti	*(ISO 9001, ICMQ, …)*
	…	
4. "Aspetti di influenza"		
4.1 Risorse umane	Info	*(Nome, età, …)*
	Contatti	*(email, cell, …)*
	Istruzioni	*(Bachelor, Master, Ph.D…)*
	Competenze	*(Revit, Rhinoceros, …)*
	Ruolo BIM	*(Manager, Coordinator, …)*
	Esperienze precedenti analoghe	….
	Certificati professionali ritenuti rilevanti	*(Revit ACP, ICMQ, …)*

Esiti del questionario				
Profilo soggetto	**Ruolo**	**A. Tecnici**	**A. Semantici**	**A. Influenza**
Università e ricerca	**A3.1** **RT** -Individuazione delle criticità e potenzialità dell'integrazione BIM-LCA **A3.2** **RT** - Abaco delle tecniche di intervento per la rifunzionalizzazione e la riqualificazione del patrimonio edilizio esistente in grado garantire le migliori prestazioni nei diversi ambiti di interesse.	Autodesk Revit 2018 Primus IFC Autodesk Navisworks 2018 Office suite 2016, Adobe Acrobat Pro Adobe suite CC 2018 AutoCAD 2018, Rhino 6	*Nessuna procedura precedentemente adottata*	1 BIM Manager 1 BIM Coordinator 2 BIM Specialist - Architecture
Università e ricerca	**A3.1** **RT** - Metodologie e tecniche per l'applicazione delle Analisi LC (LCA, LCC, SLCA) sui materiali edilizi (calcestruzzo, muratura e acciaio) e delle rispettive tecniche di messa in opera. **A3.2** **RT** - Metodologie per il supporto alle decisioni in interventi di retrofit basato su valutazioni di sostenibilità ambientale ed economica.	Autodesk Revit 2017 Edificius v.10 Edilus v.BIM Primus IFC v.7 Autodesk Navisworks 2019 usBIM.platform midas GEN, SAP2000 Samsung M3 Portable da 1TB DJI Phantom 4 pro Obsidian edition	*Nessuna procedura precedentemente adottata*	1 BIM Manager 1 BIM Coordinator
Azienda	**A3.1** **RT** - Procedure di gestione BIM-GREEN: aspetti di Facility Managment.	Primus Cloud One Drive di Google Server	*Nessuna procedura precedentemente adottata*	*Nessuna figura di riferimento*

Azienda	**A3.1** **RT** - Procedure di gestione BIM-GREEN: aspetti impiantistici.	Edificius Archicad Primus Server INTEL XEON 2015 16 gb	*Nessuna procedura precedentemente adottata*	1 BIM Coordinator 1 BIM Specialist-Architettura
Azienda	**A3.1** **RT** - Comparazione tra metodologie dell'iter progettuale tra il settore industriale ed il setttore edilizio	*Non in possesso*	*Nessuna procedura precedentemente adottata*	*Nessuna figura di riferimento*
Università e ricerca	**A3.2** Procedure LCA e LCC per la valutazione degli interventi di retrofit energetico ed impiantistico.	DesignBuilder EnergyPlus Termus	*Nessuna procedura precedentemente adottata*	*Non dichiarato*
Azienda	**A3.2** **SW** - Definizione e sviluppo di un DSS che operi in ambiente BIM per la definizione degli interventi di riqualificazione.	*Autodesk Revit 2018* *Civil Design* *Civil 3D* *Design Builder* *PRIMUS. STR* *Autodesk BIM 360* *SAP2000* *ANSYS* *DEPOT CLOUD* *DEDICATO*	*Workflow dedicati per processi BIM-BEM*	*Non dichiarato*
Università e ricerca	**A3.3** **RT** - Metodologia integrata HBIM di riqualificazione sostenibile del patrimonio storico.	REVIT 2019, Archicad Autodesk BIM 360 Autodesk Autocad, Archicad, Sketchup, Rhinoceros, Envimet, Rhinoceros/Grasshopper Lagybug plugins, EnergyPlus, Comsol Server interno BHiLab	Workflow sviluppato nell'ambito dei progetti realizzati per seguire il processo di analisi, acquisizione dati, creazione dei modello BIM, esecuzione analisi ambientali, simulazioni, supporto decisionale MCA	4 BIM Specialist

Azienda	**A3.4** Analisi e sviluppo di strumenti di virtual reality da applicare nei processi di informatizzazione del settore delle costruzioni	Excel 2016 Microsoft Office 2016, Adobe Indesign Cc 2018 Adobe Suite 2018 Autocad Lt 2019, Sketchup 2018, Cinema 4d Vers.20 50 Tbyte Physical Storage	*Nessuna procedura precedentemente adottata*	*Nessuna figura di riferimento*

INDICE

1. INTRODUZIONE X
1.1 Obiettivi del documento X
1.2 Obiettivi generali e specifici X
1.2.1 Obiettivi generali (OIR – Organizational Information Requirements) X
1.2.2 Priorità strategiche (AIR – Asset Information Requirements) X
1.2.3 Obiettivi dell'attività (EIR – Exchange Information Requirements) X
1.2.4 Obiettivi informativi strategici (Model Uses) X
1.3 Identificazione del progetto e dei principali responsabili XI
1.4 Acronimi e glossario XIII
2. PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI XV
2.1 Direttive europee, norme nazionali e decreti ministeriali in materia di lavori e appalti pubblici XV
2.2 Normativa UNI, EN, ISO in materia di gestione informativa e utilizzo di metodi elettronici per la progettazione XV
2.3 Normative tecniche per la disciplina strutturale XVI
2.4 Normative per l'efficienza energetica e la valutazione del ciclo di vita di materiali, prodotti e opere XVI
2.5 Standard e guide di riferimento internazionali XVI
3. SEZIONE TECNICA XVII
3.1 Caratteristiche tecniche e prestazionali dell'infrastruttura software XVII
3.2 Formati di fornitura dati messi a disposizione inizialmente dal Committente XVII
3.3 Formato nuvola di punti XVII
3.4 Formati e scambio dati XVII
3.4.1 Formati da utilizzare XVII
3.5 Sistema comune di coordinate e specifiche di riferimento XVIII
3.5.1 Individuazione del Punto di Origine di progetto delle quote dei livelli XIX
3.5.2 Sistema di classificazione e denominazione dei file .rvt utilizzati XX
3.6 Sistema di riferimento dei livelli di sviluppo degli oggetti XX
3.7 Specifiche per l'inserimento di oggetti XXII
3.7.1 Sistema di classificazione e denominazione degli oggetti XXII
4. SEZIONE GESTIONALE XXIV
4.1 Usi del modello in relazione agli obiettivi definiti XXIV
4.1.1 Matrice delle priorità degli obiettivi del modello XXIV
4.1.2 Matrice dei BIM Uses XXIV
4.2 Descrizione dei principali usi del modello XXV
4.2.1 Existing Conditions Modeling XXV
4.2.2 Cost Estimation XXV
4.2.3 Site Analysis XXVI
4.2.4 Structural Analysis XXVI
4.3 Ruoli, responsabilità e autorità ai fini informativi XXVII
4.3.1 Struttura operativa XXVII
4.3.2 Ruoli e responsabilità XXVII
4.4 Strutturazione e organizzazione della modellazione digitale XXVIII
4.4.1 Workflow del processo di modellazione informativa XXVIII
4.4.2 Best practice per la modellazione in ambiente Revit XXXI
4.4.3 Workflow del processo di coordinamento XXXII
4.4.4 Modelli di lavoro XXXIII
4.4.5 Modelli per gli elaborati grafici XXXIII
4.4.6 Parcellizzazione del modello XXXIV
4.4.7 Organizzazione del browser di progetto XXXIV

4.5 Modalità di condivisione di dati, informazioni e contenuti informativi XXXV
4.5.1 Caratteristiche delle infrastrutture di condivisione XXXV
4.5.2 Specifiche di caricamento dei file sulla piattaforma di ACDat XXXVI
4.6 Procedure di verifica, validazione di modelli, oggetti e/o elaborati XXXVI
4.6.1 Livelli di coordinamento informativo XXXVI
4.6.2 Livelli di verifica dei contenuti informativi XXXVII
4.7 Processo di analisi e risoluzione delle interferenze e delle incoerenze informative XXXVII
4.7.1 Interferenze di progetto XXXVII
4.7.2 Incoerenze di progetto XXXVII

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Dati del progetto XI
Tabella 2 - Riferimenti dei responsabili di progetto XI
Tabella 3 - Principali acronimi e lemmi adoperati XV
Tabella 4 – Infrastruttura software XVII
Tabella 5 – Formati da utilizzare XVIII
Tabella 6 - Nomenclatura dei file XX
Tabella 7 - Priorità di uso del modello XXIV
Tabella 8 - Matrice dei BIM Uses XXV
Tabella 9 – Ruoli e responsabilità BIM XXVII
Tabella 10 - TAG BIM nell'ACDat USBIM PLATFORM XXXVI

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Inquadramento Napoli est, scala 1:25000 XII
Figura 2 - Individuazione dei lotti di progetto XII
Figura 3 - Individuazione dell'area di intervento XVIII
Figura 4 - Suddivisione del complesso XIX
Figura 5 - Processo di rilievo fotogrammetrico XXIX
Figura 6 - Modellazione e coordinamento architettonico XXX
Figura 7 - Modellazione e coordinamento strutturale XXX
Figura 8 - Norme per l'unificazione delle simbologie e degli standard grafici XXXII
Figura 9: Struttura informativa dell'ACDat XXXV

1. INTRODUZIONE

1.1 Obiettivi del documento

Il presente documento ha lo scopo di illustrare le strategie di modellazione e gestione informativa, specificamente per l'attività di modellazione in ambiente BIM dello stato di fatto rilevato tramite rilievo fotogrammetrico aereo, da parte del gruppo di ricerca formato dal Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura – DiST, Dipartimento di Architettura – DiARC dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" e dal consorzio STRESS scarl. Tale attività risulta essenziale in merito alla rimodulazione del progetto preliminare del recupero dell'area industriale "ex-Corradini – Lotto 1", selezionato come caso studio nell'ambito del progetto di ricerca POR PRO-SIT - PROgettare in SostenibilITà: qualificazione e digitalizzazione in edilizia, di cui si rimanda alla documentazione specifica di progetto BIM.
Si svilupperanno in particolare gli aspetti legati alla struttura del processo in funzione degli obiettivi e utilizzi condivisi con la Committenza, alle modalità di condivisione di documenti e informazioni tra i vari attori della filiera e ai riferimenti di standardizzazione per la produzione di modelli BIM, contenuti informativi ed output grafici. Nella natura del Piano di Gestione Informativa (PGI) è prevista l'implementazione di determinati aspetti gestionali e operativi nel corso delle lavorazioni. Ad esempio, la reale suddivisione operativa dei modelli sarà oggetto di verifica e revisione in apposite *milestone* di lavorazione, così come la matrice di Clash Detection o il programma lavori. Per ogni variazione significativa ai fini del processo, sarà cura dell'unità di Coordinamento BIM del gruppo di progettazione emettere una nuova versione del presente documento e condividerla con la Committenza e il gruppo di lavoro.

1.2 Obiettivi generali e specifici

In assenza di linee guida strategiche informative dettate dalla Committenza, si sintetizzano di seguito i principali obiettivi relativi all'adozione della metodologia BIM.

1.2.1 Obiettivi generali (OIR – Organizational Information Requirements)

- Miglioramento delle strategie di gestione degli asset pubblici
- Miglioramento della conoscenza dell'area e dei manufatti presenti;
- Limitare il consumo di suolo;
- Risparmio ed efficientamento energetico, nonché la valutazione del ciclo di vita e della manutenibilità delle opere;
- Accessibilità e adattabilità secondo quanto previsto dalle disposizioni vigenti in materia di barriere architettoniche.

1.2.2 Priorità strategiche (AIR – Asset Information Requirements)

- Mitigazione del rischio di obsolescenza delle previsioni di progetto;
- Acquisizione e raccolta di informazioni attendibili ed utili per la successiva progettazione esecutiva, realizzazione e gestione delle opere in fase di esercizio;
- Definizione di un database atto a rendere tempestivo l'aggiornamento di informazioni attendibili a supporto dei processi decisionali lungo tutto il ciclo di vita dell'opera;
- Qualità architettonica e tecnico funzionale e di relazione del contesto dell'opera;
- Conformità rispetto alle norme ambientali, urbanistiche e di tutela dei beni architettonici e del paesaggio, oltre che di tutela della salute e della sicurezza.

1.2.3 Obiettivi dell'attività (EIR – Exchange Information Requirements)

- Acquisire dati affidabili sulle caratteristiche geometriche e materiche dello stato attuale dei luoghi e degli edifici;
- Ottenere informazioni sui materiali di costruzione di tutti gli elementi che compongono i Fabbricati ed eventuali pertinenze;
- Fornire un modello digitale da utilizzarsi, ai fini della progettazione architettonica, strutturale, dell'efficientamento energetico e delle valutazioni in merito alla riduzione del rischio sismico.

1.2.4 Obiettivi informativi strategici (Model Uses)

- Redazione di elaborati grafici affidabili (piante, prospetti e sezioni) estrapolati e interrogabili all'interno del modello digitale BIM;
- Definizione accurata degli spazi, degli ambienti e delle strutture, dal punto di vista geometrico, materico e funzionale;
- Definizione delle caratteristiche prestazionali degli elementi architettonici e strutturali;
- Redazione di un database affidabile per la progettazione preliminare, definitiva e la futura implementazione del progetto al livello esecutivo e costruttivo, per la realizzazione e per la gestione, ivi compresa la possibilità di estrapolare abachi, computi, dati e informazioni utili all'approfondimento tecnico.

1.3 Identificazione del progetto e dei principali responsabili

L'intervento riguarda la riqualificazione del Lotto 1 del complesso denominato "ex-Corradini", sito nel quartiere San Giovanni a Teduccio dell'area orientale del comune di Napoli, da destinare a funzioni pubbliche e private, attualmente in fase di definizione da parte del Gruppo di progettazione e della Committenza.

DATI DEL PROGETTO	
COMMITTENTE	Comune di Napoli
DENOMINAZIONE DEL PROGETTO	Recupero dell'area industriale Ex-Corradini
LOCALIZZAZIONE	Corso San Giovanni a Teduccio, Napoli
TIPOLOGIA DI SERVIZIO	Progetto di ricerca
TIPOLOGIA DI INTERVENTO	Ristrutturazione Edilizia/ Restauro Conservativo
DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO	Complesso immobiliare con funzione principalmente ricettiva e di servizio alla collettività
ULTERIORI INFORMAZIONI	Lotto unico suddiviso in due lotti: Lotto1 (ex fabbrica Corradini) e Lotto2 (ex fabbrica pellami De Simone) Bene vincolato ai sensi della L. 1089/39 Bene compreso in zona D, sottozona Da – "insediamenti per la produzione di beni e servizi – riqualificazione"

Tabella 1 – Dati del progetto

RIFERIMENTI DEI RESPONSABILI DI PROGETTO		
COMUNE DI NAPOLI	Direzione Centrale Pianificazione e Gestione del territorio (Sito Unesco) - servizio Pianificazione Urbanistica Esecutiva	Arch. Giuseppe Runfola
		Arch. Massimo Santoro
	Assessorato ai beni comuni e all'urbanistica	Arch. Daniela Buonanno
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"	Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura - DiST	Prof. Ing. Domenico Asprone
		Ing. Christian Musella
		Arch. Lucia Pierni
	Dipartimento di Architettura - DiARC	Prof. Arch. Sergio Russo Ermolli
		Prof. Arch. Marina Rigillo
		Arch. Giuliano Galluccio
		Arch. Eufemia Guarino
		Ing. Sergio Tordo
STRESS SCARL		Ing. Alberto Zinno
		Ing. Giovanni Staiano
		Ing. Valentina James

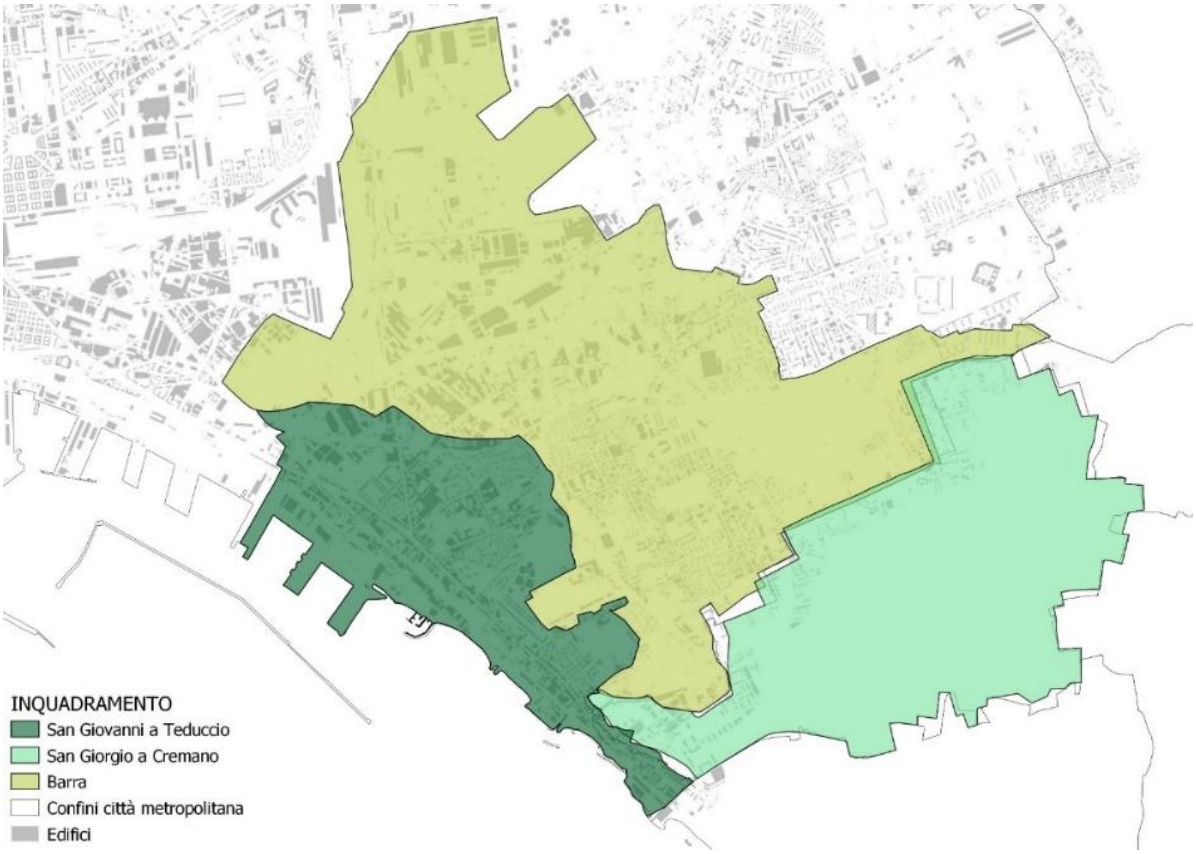


Figura 1 - Inquadramento Napoli est, scala 1:25000

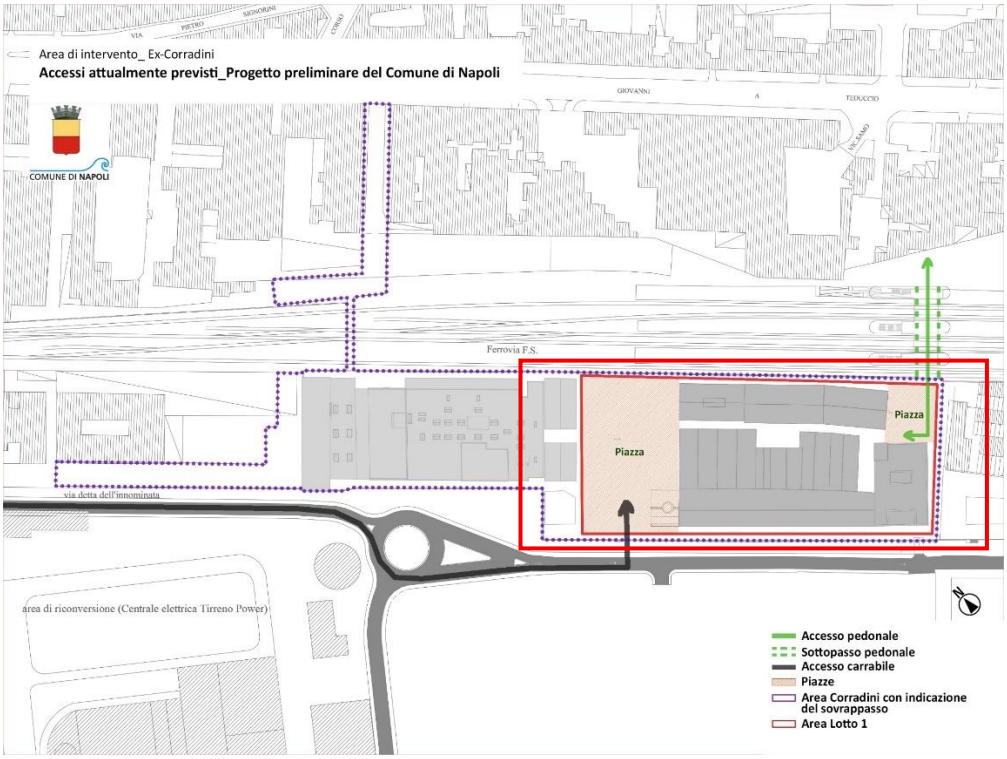


Figura 2 - Individuazione dei lotti di progetto

1.4 Acronimi e glossario

Ai fini del presente documento si applicano i termini e le definizioni seguenti.

4D, 5D, 6D, 7D	Se il termine "2D" possiamo considerarlo assieme a quello "3D" due termini universalmente riconosciuti come rappresentazioni geometriche di un elemento nello spazio, i termini 4D, 5D, 6D e 7D rappresentano, in ordine crescente, le proprietà temporali (fasi di costruzione e cronoprogramma), i costi, l'analisi energetica e sostenibilità ambientale, la gestione e la manutenzione.
Ambiente Di Condivisione Dati (Acdat)	Ambiente di raccolta organizzata e condivisione dei dati relativi a modelli ed elaborati digitali, riferiti ad una singola opera o ad un singolo complesso di opere
Ambiente Di Condivisione Documenti (Acdoc)	Archivio di raccolta organizzata e condivisione di copie di modelli e copie od originali di elaborati su supporto non digitale
AS BUILT	Modello più comunemente chiamato “Stato di fatto”, rappresenta il reale costruito: e un modello che consente la verifica rispetto a quanto progettato e costituisce l’archivio digitale di quanto effettivamente costruito, nonché punto di partenza per il Facility Management.
AS IS	Modello che riporta le condizioni dell’asset precedentemente all’attività di progettazione, elaborato a partire da un rilievo geometrico
ASSET	Entità fisica connotata da un valore finanziario tangibile
BIM Uses	Utilizzi consentiti a partire da un determinato modello BIM, precedentemente definiti in base alle specifiche esigenze informative di progetto/fase.
Capitolato Informativo (Cl)	Esplicitazione delle esigenze e dei requisiti informativi richiesti dal committente agli affidatari
Clash Detection (Coordinamento 3D)	Analisi delle possibili interferenze geometriche (*clash*) tra oggetti, modelli ed elaborati rispetto ad altri
Code Checking	Attività di verifica e validazione dei modelli BIM. I controlli vengono eseguiti attraverso la ricerca di incoerenze in modalità automatiche svolte da opportuni applicativi dedicati allo scopo. Tali operazioni di verifica e validazione possono essere eseguite sia all’interno della stessa disciplina (architettonica, strutturale, impiantistica…) sia tra discipline differenti (controllo interdisciplinare).
Componente	Parte tecnologica, tangibile, di un sottosistema (costruttivo/architettonico, strutturale, impiantistico, ambientale) costituita da un singolo prodotto o un kit, da costruzione o impiantistico, posati o installati in opera.
Contenuto Informativo	Insieme di informazioni organizzate secondo un determinato scopo ai fini della comunicazione sistemica di una pluralità di conoscenze all'interno di un processo.
Disciplina	Settore tecnico-professionale e/o specialistico, in cui può essere articolato il processo edilizio, in ogni sua fase di sviluppo. Esempio di disciplina sono: Architettonico, Strutture, Impianti, ecc.
Evoluzione informativa degli elaborati	Livello di approfondimento dei contenuti informativi degli elaborati definito per obiettivi in funzione degli stadi e delle fasi di evoluzione del processo
Evoluzione informativa dei modelli	Livello di approfondimento del contenuto informativo dei modelli definito per obiettivi in funzione degli stadi e delle fasi di evoluzione del processo
Formato aperto	Formato di file basato su specifiche sintassi di dominio pubblico il cui utilizzo è aperto a tutti gli operatori senza specifiche condizioni d’uso
Formato proprietario	Formato di file basato su specifiche sintassi di dominio non pubblico il cui utilizzo è limitato a specifiche condizioni d’uso stabilite dal proprietario del formato;
Incoerenze	Incongruenze dei dati associati agli oggetti in relazione alle specifiche dei regolamenti e delle prescrizioni con le quali gli oggetti stessi hanno a che fare.

Industry Foundation Classes - IFC	Industry Foundation Classes, e un formato aperto, neutro e standard sviluppato da BuildingSmart di recente elevato al rango di norma ISO 16739:2016. Questa tipologia di formato file consente l'interoperabilità fra i diversi partecipanti ad un progetto senza richiedere l'utilizzo di specifici software.
Livello di sviluppo degli oggetti (LOD)	Livello di approfondimento e stabilità dei dati e delle informazioni degli oggetti digitali che compongono i modelli;
Livello Di Sviluppo Degli Oggetti Digitali (LOD)	Livello di approfondimento e stabilità dei dati e delle I informazioni degli oggetti digitali che compongono i modelli
Level of Information Need (LOIN - ISO 19650)	Allegato dell'EIR – Exchange Information Requirements, fornito dalla Committenza. Definizione delle informazioni grafiche e non, richieste per ogni fase della progettazione.
Model Checking	Attività che si occupa della verifica e della validazione dei modelli BIM. I controlli vengono eseguiti attraverso la ricerca di interferenze e delle incongruenze geometriche e informative in modalità automatiche svolte da opportuni applicativi dedicati allo scopo. Tali operazioni di verifica e validazione possono essere eseguite sia all'interno della stessa disciplina (architettonica, strutturale, impiantistica…) sia tra discipline differenti (controllo interdisciplinare).
Modello informativo (Modello)	Veicolo informativo di virtualizzazione di prodotti e processi del settore costruzioni
Modello informativo master (Modello master)	Virtualizzazione dell'opera o suoi elementi in funzione di una aggregazione di più modelli singoli, come strumento per il coordinamento di più modelli. Costituisce un modello master sia l'insieme di più modelli singoli tra loro coordinati sia la loro fusione in un unico modello
Offerta Per La Gestione Informativa (OGI)	Esplicitazione e specificazione della gestione informativa I offerta dall'affidatario in risposta alle esigenze ed i requisiti richiesti dal committente
Oggetto	Virtualizzazione di attributi geometrici e non geometrici di entità finite, fisiche o spaziali, relative ad un'opera, o ad un complesso di opere, ed i loro processi. Ad esempio, sono Oggetti: i sistemi, i subsistemi i componenti; le aree funzionali omogenee, gli spazi funzionali omogenei e gli spazi; le attrezzature, le risorse umane, i prodotti. Nell'economia dei processi non per tutti gli oggetti si ha convenienza ad eseguirne una virtualizzazione grafica. Ad esempio, nella virtualizzazione grafica di un subsistema murario, non vi e convenienza a virtualizzare graficamente ogni singolo elemento per muratura (blocchi, mattoni, ecc.) suo componente.
Piano Per La Gestione Informativa (Pgl)	Pianificazione operativa della gestione informativa attuata dall'affidatario in risposta alle esigenze ed al rispetto dei requisiti della committenza
PIP – Project Implementation Plan	Insieme di organigrammi workflow e procedure che esplicano il piano operativo per l'attuazione del processo l'avanzamento del Progetto dagli appaltatori e approvate per la costruzione e la Direzione Lavori. Al termine dei lavori costituirà il modello as-built digitale dell'asset.
Project Information Model (PIM)	Uno di più modelli BIM contenente le ultime soluzioni progettuali e di ingegneria costruttiva di cantiere sviluppate durante
Quantity take-off (QTO)	Estrazione dal modello di abachi e liste dal database informativo del modello.
Sistema	Risultato di un'attività produttiva dell'uomo, tecnicamente ed economicamente definita; effetto della produzione. Nel settore costruzioni un'opera o un complesso di opere. Parte tecnologica, tangibile, di un'opera. Composizione più o meno articolata di sottosistemi combinati tra loro in ragione della comune rispondenza ad una funzione aggregatrice. Generalmente differenziati in: sistemi costruttivi o architettonici, sistemi strutturali, sistemi impiantistici, sistemi ambientali.

	Esempi di sistemi sono: le pareti interne e l'involucro esterno di un edificio, i solai, le coperture intesi come pacchetti finiti. La massicciata stradale, l'impianto di climatizzazione, le strutture di elevazione.
Sottosistema	Parte tecnologica, tangibile, di un sistema appartenente ad un'opera. Composizione più o meno articolata di singoli componenti combinati tra loro in ragione della comune rispondenza ad una funzione aggregatrice. Assolve una propria funzione caratterizzante e costituisce parte di un sistema, assolvendone (o contribuendo ad assolverne) una o più funzioni specifiche. Generalmente differenziati in sottosistemi costruttivi o architettonici, sottosistemi strutturali, sottosistemi impiantistici, sottosistemi ambientali. Esempi di sottosistemi sono: lo strato di intonaco, lo strato isolante, i massetti, ecc. intesi come strati funzionali o parti di pacchetti finiti. Il tout-venant della massicciata stradale, la rete di distribuzione dell'impianto di climatizzazione, il pilastro o la trave delle strutture di elevazione, ecc.
Stato di approvazione del contenuto informativo	Condizione di evoluzione formale del contenuto informativo di un modello o un elaborato secondo un flusso di natura processuale. sono definiti quattro stati di approvazione del contenuto informativo: A0 "da approvare"; A1 "approvato"; A2 "approvato con commento"; A3 "non approvato"
Stato di lavorazione del contenuto informativo	Condizione di evoluzione operativa del contenuto informativo di un modello o un elaborato secondo un flusso di natura produttiva. Sono definiti quattro stati di lavorazione del contenuto informativo: L0 "in fase di elaborazione"; L1 "in fase di condivisione"; L2 "in fase di pubblicazione"; L3 "archiviato"
Work Breakdown Structure - WBS	Albero gerarchico orientato al prodotto (o *deliverable*) che viene suddiviso nel materiale, nel software, nei servizi, nei dati e nelle attrezzature che lo compongono. L'albero viene strutturato in base all'ingegneria di sistema che è sviluppata nella fase iniziale dell'apertura del progetto. La WBS definisce il prodotto, o i prodotti, da sviluppare o da produrre. Essa mette in relazione con il prodotto finale e fra di loro gli elementi di lavoro che sono necessari alla sua realizzazione. La WBS può articolarsi in un numero qualsiasi di livelli.

Tabella 2 - Principali acronimi e lemmi adoperati

2. PRINCIPALI Riferimenti normativi

2.1 Direttive europee, norme nazionali e decreti ministeriali in materia di lavori e appalti pubblici

- D.lgs. n.50/2016 – *Codice dei contratti pubblici*
- D.M. 560/2017 - *Modalità e i tempi di progressiva introduzione dei metodi e degli strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture*
- 2014/24/UE – *Regolamento europeo sugli appalti pubblici*

2.2 Normativa UNI, EN, ISO in materia di gestione informativa e utilizzo di metodi elettronici per la progettazione

- UNI 11337 – *Edilizia e opere di ingegneria civile gestionale e digitale dei processi informativi delle costruzioni*, nelle parti ad oggi pubblicate e di seguito elencate:
  - Parte 1: *Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi*;
  - Parte 4: *Evoluzione e sviluppo informativo, elaborati e oggetti*;
  - Parte 5: *Flussi informativi nei processi digitalizzati*;
  - Parte 6: *Linea guida per la redazione del capitolato informativo*;

- Parte 7: *Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa.*

- ISO 19650:2019 - *Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling* - Parte 1*: Concetti e principi;* Parte 2*: Processi per la consegna di progetto.*

2.3 Normative tecniche per la disciplina strutturale

- D.M. 17/01/18 - *Norme Tecniche per le Costruzioni 2018*
- *Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP*
- Eurocodice 8 – *Progettazione delle strutture per la resistenza sismica.*

2.4 Normative per l'efficienza energetica e la valutazione del ciclo di vita di materiali, prodotti e opere

- D.M. 11/10/2017 - *Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.*
- UNI EN ISO 14044:2018 - *Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida.*

2.5 Standard e guide di riferimento internazionali

- **British Standards and Publicly Available Specifications (PAS)**
  - PAS 1192-2:2013
  - PAS 1192-3:2014
  - PAS 1192-5:2015
  - BS 1192:2007+A2:2016
  - BS PAS 1192-4:2014
  - ISO 16739 – ISO 16739:2016
  - Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries
- Penn State University - The BIM Project Execution Planning Guide and Templates - Version 2.0
- BIM Excellence - 211in Model Uses List
- The uses of BIM. Classifying and Selecting BIM Uses – Version 0.9 (September 2013)
- BIM Dictionary
- Department of Veterans Affairs - The VA BIM Guide
- IBIMI, BuildingSmart – Linee guida per la corretta compilazione della sezione tecnica dei Capitolati informativi in riferimento al formato file

3. SEZIONE TECNICA

3.1 Caratteristiche tecniche e prestazionali dell'infrastruttura software

TEAM	DISCIPLINA	SOFTWARE	VERSIONE	FORMATO OUTPUT	COMPATIBILITÀ CON FORMATI APERTI
STRESS	Rilievo	AUTODEK RECAP	2020	.rcp	.TXT, .DXF
	Rilievo fotogrammetrico	ZEPHYR	2020	.txt	.TXT
DIARC	Architettura	AUTODESK REVIT	2020	.rvt, .rfa, .rte	.DXF, .IFC, .XML, .PDF
	Architettura	AUTODESK AUTOCAD	2020	.dwg	.DXF, .PDF
	Visualizzazione	ENSCAPE	2020	-	-
BIM COORDINATION UNIT	ACDat/	USBIM	platform ONE	-	-
	Coordinamento	AUTODESK NAVISWORKS	2020	.nws, .nwd, .bcf	.IFC, .XLS, .XML
DIST	Strutture	MIDAS GEN	2019	.mgb	.IFC

Tabella 3 – Infrastruttura software

1.2 Formati di fornitura dati messi a disposizione inizialmente dal Committente

- Elaborati documentali di progetto in formato: pdf
- Elaborati grafici di progetto in formato: .pdf
- Elaborati grafici di inquadramento territoriale e di progetto in formato: .dwg

3.3 Formato nuvola di punti

La modellazione dello stato di fatto As-is ha come punto di partenza la restituzione della nuvola di punti eseguita tramite rilievo fotogrammetrico aereo con drone, ad opera della società TECNO IN, consorziata STRESS. Il file, fornito in formato .txt, è stato convertito in formato .rcp attraverso importazione nel software AUTODESK RECAP.

3.4 Formati e scambio dati

3.4.1 Formati da utilizzare

I flussi informativi avvengono, per quanto consentito ad oggi dallo stato dell'arte delle tecnologie informatiche, sia attraverso la condivisione di file in formato aperto UNI EN ISO 16739:2016 (IFC) - per i modelli informativi grafici ed altri formati aperti per le altre tipologie di contenuto informativo (elaborati grafici, documentali multimediali ecc.) -, sia attraverso i file nei formati proprietari e nativi.
Si indicano di seguito i formati di interscambio dei dati proprietari e aperti dei contenuti informativi in relazione alla disciplina di riferimento (ad esempio: Modellazione architettonica, Modellazione Strutturale, Modellazione Impiantistica, Rappresentazione 2D, Revisione modelli ed analisi interferenze, Attività di computazione, Altri documenti digitali, etc.).
A tale proposito si riporta di seguito la tabella dei principali formati di scambio in relazione alla disciplina di riferimento:

DISCIPLINA	FORMATO NATIVO	FORMATO DI INTERSCAMBIO
MODELLAZIONE 3D	*.rvt	*.ifc 2x3
DISEGNO 2D	*.dwg	*.dxf .pdf
DOCUMENTAZIONE E QUANTITY TAKE-OFF	*.doc, *xls, *.pdf	*.pdf, *.Csv, *.Ods
NUVOLA DI PUNTI	*.txt	*.txt, *.rcp
IMMAGINI	*.png, *.jpg, *.tiff,	-

Tabella 4 – Formati da utilizzare

3.5 Sistema comune di coordinate e specifiche di riferimento

Le coordinate del sito sono intercettate all'intersezione delle griglie XX e YY: Latitudine 40.833506 N – Longitudine 14.303820 E.

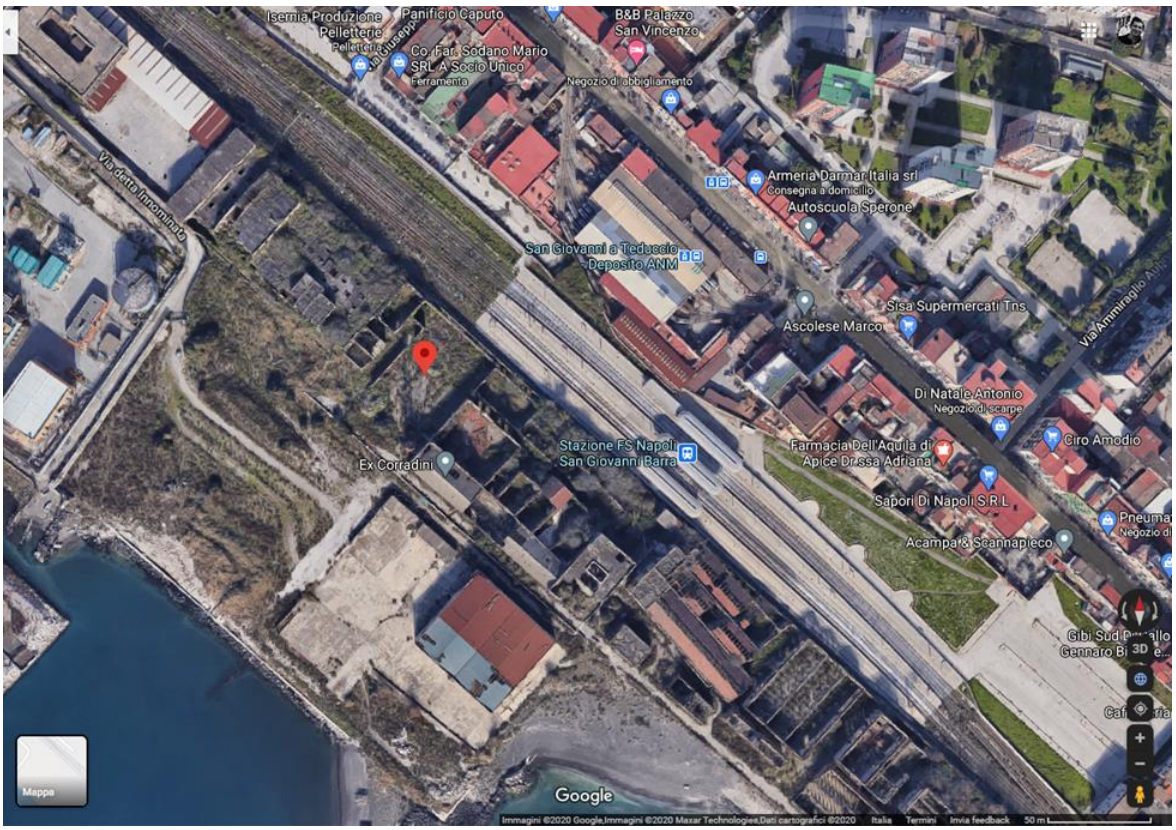


Figura 3 - Individuazione dell'area di intervento

Seguendo la distinzione operata in fase di progettazione preliminare dal Comune di Napoli, si intende il complesso rientrante nel LOTTO 1 come sistema comprensivo di 14 fabbricati, ognuno con una differente destinazione d'uso, da determinare in fase di progettazione.

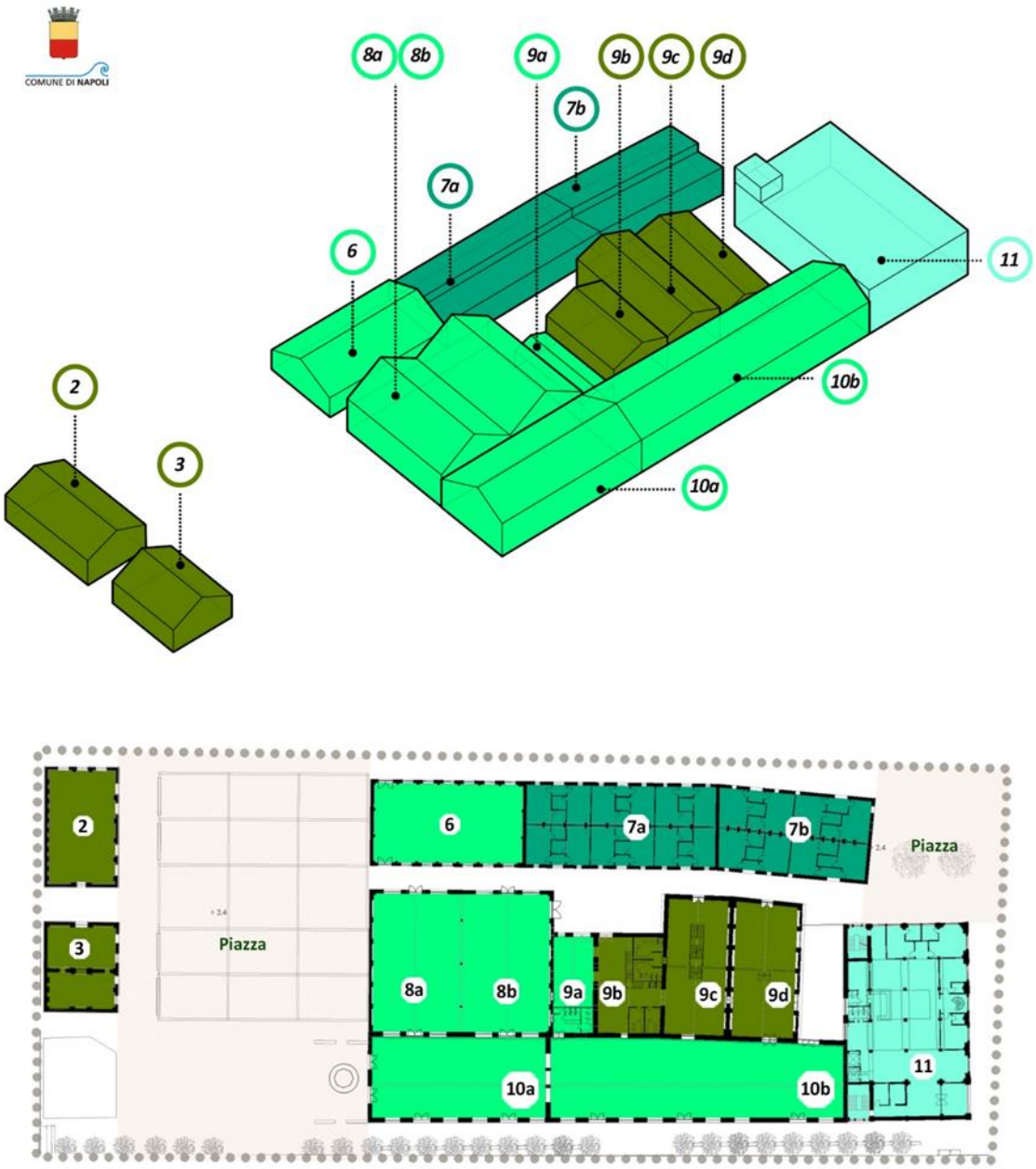


Figura 4 - Suddivisione del complesso

3.5.1 *Individuazione del Punto di Origine di progetto delle quote dei livelli*

Per la migliore fruibilità del modello saranno introdotte anche le coordinate uniche di progetto. La nuvola di punti è importata in REVIT secondo l'impostazione "automatico: da centro a centro", lasciando di default il punto di Rilevamento alla quota 0.0.0. Tutti i modelli prodotti utilizzeranno quindi un sistema di "coordinate condivise", riferite al Punto di Origine del Progetto, posizionato in corrispondenza del Punto di Rilevamento, ma ad un'altezza tale da agevolare l'individuazione dei livelli di progetto rispetto ad una quota zero riferibile al livello della piazza, a quota 0.0.X. L'unità di misura adottata è in metri.

Il sistema di nomenclatura dei livelli prevede una concatenazione del tipo:
QUOTA (in metri) _TIPO DI LIVELLO_ FABBRICATO.
Ad esempio:
+3.2_Imposta_8a

3.5.2 Sistema di classificazione e denominazione dei file .rvt utilizzati

Sfruttando la possibilità di annotare informazioni sui file direttamente nella piattaforma usBIM.platform, il criterio di nomenclatura dei file aderisce alla seguente concatenazione, valida sia per i modelli master che per i sotto-modelli federati:

NOME PROGETTO_LOTTO_FASE_DISCIPLINA_(SOTTO-DISCIPLINA) _(FABBRICATO)

A titolo di esempio:

MODELLO DI RILIEVO	**PROSIT_L1_SDF_ARCH**
PROGETTO ARCHITETTONICO	PROSIT_L1_SDP_ARCH
PROGETTO STRUTTURALE	PROSIT_L1_SDP_STRUT
PROGETTO IMPIANTISTICO	PROSIT_L1_SDP_IMP
PROGETTO IMPIANTO ELETTRICO	PROSIT_L1_SDP_IMP_ELE
PROGETTO IMPIANTO MECCANICO FABBRICATO 8° REVISIONE 3	PROSIT_L1_SDP_IMP_MECC_8a

Tabella 5 - Nomenclatura dei file

Ulteriori divisioni del modello (ad esempio, per unità ambientale), potranno corrispondere, in fase di progettazione, a rispettivi elementi nominali nella concatenazione della nomenclatura del file.

3.6 Sistema di riferimento dei livelli di sviluppo degli oggetti

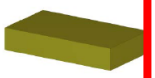
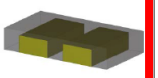
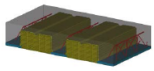
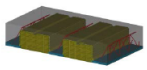
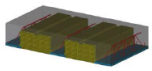
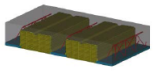
Si indicano di seguito i livelli di sviluppo utilizzati e la relativa descrizione utilizzando una tabella contenente le diverse tipologie di oggetti di cui si compongono le modellazioni, l'identificazione del LOD più appropriato in relazione alla classificazione degli stessi secondo la norma UNI 11337:2017:

- **LOD C** (Fase Autorizzativa) per i contenuti informativi degli elementi dello stato di fatto, così come rilevati tramite rilievo fotogrammetrico e come documentati dagli elaborati a disposizione;

In dettaglio, al LOD C corrispondono i seguenti contenuti informativi:

- **LOD C (Fase Autorizzativa):** *Le entità sono virtualizzate graficamente come un sistema geometrico definito. Le caratteristiche quantitative e qualitative (prestazioni, dimensione, forma, ubicazione, orientamento, costo, ecc.) sono definite in via generica entro e nel rispetto dei limiti della legislazione vigente e delle norme tecniche di riferimento e riferibili ad una pluralità di entità similari.*

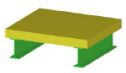
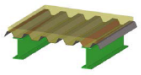
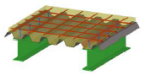
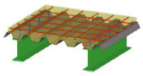
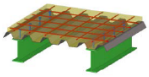
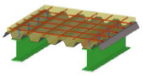
Prospetto C.16 **Esempio di LOD solai in laterocemento**

LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F	LOD G
						
Geometria Elemento strutturale orizzontale o pseudo-orizzontale piano rappresentato mediante un simbolo 2D. **Oggetto** Simboli grafici 2D **Caratteristiche** • Posizionamento di massima	**Geometria** Elemento strutturale orizzontale o pseudo-orizzontale piano rappresentato mediante un solido di estrusione abbozzato. **Oggetto** Solido 3D **Caratteristiche** • Materiali ipotizzabili • Incidenza di armatura standard	**Geometria** Elemento strutturale orizzontale o pseudo-orizzontale piano rappresentato mediante un solido avente dimensioni calcolate secondo la normativa tecnica. Sono definite le armature e le solette collaboranti resistenti. **Oggetto** Solido 3D complesso **Caratteristiche** • Materiali da calcolo • Incidenza di armatura calcolata	**Geometria** Elemento strutturale orizzontale o pseudo-orizzontale piano rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellate tutte le armature in posizione corretta, le forometrie e tipologie di travetto specifiche. **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Armature 3D • Forometrie • Dettagli costruttivi	**Geometria** Elemento strutturale orizzontale o pseudo-orizzontale piano rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono incluse tutte le armature in posizione corretta, le forometrie, le tipologie di travetto, il produttore, i dati specifici del fornitore dei materiali e delle armature e la gestione dei getti. **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Alleggerimenti 3D reali • Gestione dei getti	**Geometria** Come LOD E (rilievo di quanto eseguito). **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Certificati di collaudo • Piano di manutenzione	**Geometria** Nuovi interventi: Come LOD F (con aggiornamenti) Manutenzione e gestione su elementi esistenti: Come LOD C o D (a partire da). **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Data di manutenzione/sostituzione • Soggetto manutentore • Tipologia di intervento

Prospetto C.23 **Esempio di LOD travi in acciaio**

LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F	LOD G
Geometria Elemento strutturale lineare orizzontale o pseudo-orizzontale rappresentato mediante un simbolo 2D. **Oggetto** Simboli grafici 2D **Caratteristiche** • Posizionamento di massima	**Geometria** Elemento strutturale lineare orizzontale o pseudo-orizzontale rappresentato mediante un solido di estrusione abbozzato. **Oggetto** Solido 3D **Caratteristiche** • Materiali ipotizzabili • Sezioni ipotizzabili	**Geometria** Elemento strutturale lineare orizzontale o pseudo-orizzontale rappresentato mediante un solido avente dimensioni calcolate secondo la normativa tecnica. Sono definiti i collegamenti tipici resistenti. **Oggetto** Solido 3D complesso **Caratteristiche** • Materiali da calcolo • Sezioni calcolate	**Geometria** Elemento strutturale lineare orizzontale o pseudo-orizzontale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellate tutte le piastre e gli irrigidimenti relativi alla trave. **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Piastre 3D • Irrigidimenti 3D • Informazioni su bulloni e saldature	**Geometria** Elemento strutturale lineare orizzontale o pseudo-orizzontale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellati anche tutti gli elementi necessari per la produzione quali bulloni e saldature. Anche gli assemblaggi sono definiti a modello. **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Bulloni 3D • Saldature 3D • Assemblaggi • Fasi di montaggio	**Geometria** Come LOD E (rilievo di quanto eseguito). **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Certificati di collaudo • Piano di manutenzione	**Geometria** Nuovi interventi: Come LOD F (con aggiornamenti) Manutenzione e gestione su elementi esistenti: Come LOD C o D (a partire da). **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Data di manutenzione/sostituzione • Soggetto manutentore • Tipologia di intervento

Prospetto C.25 **Esempio di LOD solai a soletta collaborante**

LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F	LOD G
						
Geometria Elemento strutturale orizzontale o pseudo-orizzontale piano rappresentato mediante un simbolo 2D. **Oggetto** Simboli grafici 2D **Caratteristiche** • Posizionamento di massima	**Geometria** Elemento strutturale orizzontale o pseudo-orizzontale piano rappresentato mediante un solido di estrusione abbozzato. **Oggetto** Solido 3D **Caratteristiche** • Materiali ipotizzabili • Sezioni ipotizzabili	**Geometria** Elemento strutturale orizzontale o pseudo-orizzontale piano rappresentato mediante un solido avente dimensioni calcolate secondo la normativa tecnica. Sono definite le armature e le solette collaboranti resistenti. **Oggetto** Solido 3D complesso **Caratteristiche** • Materiali da calcolo • Sezioni calcolate	**Geometria** Elemento strutturale orizzontale o pseudo-orizzontale piano rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellate tutte le armature in posizione corretta, le forometrie, tipologie di lamiere grecate e i pioli specifici. **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Armature 3D • Forometrie • Pioli 3D tipici	**Geometria** Elemento strutturale orizzontale o pseudo-orizzontale piano rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono incluse tutte le armature in posizione corretta, le forometrie, le tipologie di lamiere grecate,i pioli, il produttore e la gestione dei getti. **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Forometrie definitive • Pioli 3D reali • Gestione dei getti	**Geometria** Come LOD E (rilievo di quanto eseguito). **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Certificati di collaudo • Piano di manutenzione	**Geometria** Nuovi interventi: Come LOD F (con aggiornamenti) Manutenzione e gestione su elementi esistenti: Come LOD C o D (a partire da). **Oggetto** Solidi 3D complessi **Caratteristiche** • Data di manutenzione/sostituzione • Soggetto manutentore • Tipologia di intervento

Per tutti gli elementi che necessitano di ulteriore specifica all'interno degli elaborati (ad esempio, le trame delle murature faccia a vista o le mappature del degrado), si rimanda alla redazione di specifici disegni 2D da eseguirsi mediante software CAD. Ad ogni modo, si precisa che, date le difficoltà di accesso all'area, qualsiasi elaborato di dettaglio si ritiene vincolato alla possibilità di pervenire alle informazioni necessarie.
Si rimanda alla possibilità di integrare, nel modello 3D, eventuali elaborati e informazioni specialistiche che giungeranno al team di progettazione BIM.

3.7 Specifiche per l'inserimento di oggetti

I sistemi di riferimento relativi dei singoli oggetti (ancoraggio muri, pavimentazioni, lastre ed altri oggetti architettonici di decoro, elementi strutturali ed impiantistici) seguiranno le specifiche qui schematizzate, salvo modifiche che si rendano necessarie per ottimizzare la struttura informativa degli oggetti e consentire il raggiungimento degli obiettivi e degli usi prefissati. Si precisa che, ai fini della successiva fase di progettazione preliminare e definitiva, tutti gli elementi saranno modellati all'interno della fase "Stato di fatto". Dato lo scarso stato di conservazione del complesso, si esemplificano di seguito le categorie di progetto maggiormente significative:

OGGETTO	SPECIFICA
SOLAI	Modellati da disegno, al livello di riferimento inteso come piano di calpestio. Modellati come elementi architettonici. Porzioni di pavimento/solaio di tipo differente, benché contigue, NON vanno modellate tramite "modifica contorno" di uno stesso pavimento, bensì come oggetti separati, al fine di garantire la corretta esportazione in formato IFC.
MURI STRUTTURALI	Modellati da linea, vincolati al livello di base e a quello superiore. Modellati come "Muri strutturali". In questo caso, si attiva, nella finestra proprietà istanza, la spunta relativa alla voce "Strutturale".
PARTIZIONI VERTICALI	Modellati da linea, vincolati al livello di base e a quello superiore. Modellati come elementi architettonici.
TRAVI STRUTTURALI	Modellati come Sistema di travi strutturali, in corrispondenza del livello di appoggio.
COPERTURE	Modellati da disegno, al livello di riferimento inteso come appoggio.
INFISSI (PORTE/FINESTRE)	Inseriti come famiglie caricabili, vincolate al livello dell'elemento host. I vani porta e finestre, qualora presenti benché privi di infisso poiché perduto, NON vanno modellati come elementi "apertura" o tramite "modifica profilo", bensì come famiglie contenenti dei solidi di sottrazione di categoria "porta", "finestra", ecc., in modo da facilitare il successivo inserimento delle stesse da progetto.

Tabella 6 - Specifiche per l'inserimento degli oggetti informativi

1.7.1 Sistema di classificazione e denominazione degli oggetti

La classificazione degli oggetti fa riferimento alla scomposizione del sistema edilizio, così come riportata all'interno della norma UNI 8290. Data l'impossibilità di accedere a un rilievo diretto del sito, che consentirebbe una più adeguata e approfondita conoscenza della consistenza materica e delle condizioni dell'immobile, la modellazione degli elementi si basa su quanto possibilmente a conoscenza degli operatori, fatta la possibilità di aggiornare gli elementi una volta sopraggiunte nuove informazioni.

3.7.2 Famiglie di sistema

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI_MATERIALE/TIPOLOGIA COSTRUTTIVA_SPESSORE

(cm)_FABBRICATO

Ad esempio:
Parete Perimetrale Verticale_Tufo_30 cm_2
Copertura_Laterocemento_25 cm_10b

3.7.3 Famiglie caricabili

CLASSE DI ELEMENTI TECNICI_MATERIALE/TIPOLOGIA_DIMENSIONE PREVALENTE (cm/mm) _FABBRICATO
Ad esempio:

Infisso esterno verticale_Alluminio_120x60 cm_2

In assenza di definizioni per le classi di elementi tecnici da norma UNI 8290 ci si atterrà a definizioni il più possibile sintetiche e significative.
Ad esempio:
Trave secondaria_Legno_10x15 cm_10b

4. SEZIONE GESTIONALE

4.1 Usi del modello in relazione agli obiettivi definiti

4.1.1 Matrice delle priorità degli obiettivi del modello

PRIORITA' (alta/media/bassa)	DESCRIZIONE DELL'OBIETTIVO	BIM USES
ALTA	*Definire un modello autorevole di informazioni per le successive fasi di progettazione*	EXISTING CONDITIONS MODELING
ALTA	*Definire un modello delle condizioni esistenti*	SITE ANALYSIS
ALTA	*Accedere e controllare rapidamente le informazioni direttamente collegate al Modello*	EXISTING CONDITIONS MODELING
ALTA	*Registrare le condizioni iniziali del sito per programmare le scelte*	EXISTING CONDITIONS MODELING
MEDIA	*Generare disegni ed elaborati di alta qualità e coordinati*	DRAWING PRODUCTION
BASSA	*Monitorare fin dalle fasi iniziali i costi associati al progetto*	COST ESTIMATION – QUANTITY TAKE OFF
BASSA	*Verificare il comfort termico e igrometrico degli ambienti con riferimento alle condizioni climatiche del sito e ai carichi termici introdotti*	SITE ANALYSIS
BASSA	*Utilizzare modelli 3D per la comunicazione degli intenti e delle problematiche*	3D COORDINATION
BASSA	*Quantificare elementi, componenti e risorse*	QUANTITY TAKE OFF
BASSA	*Verificare l'adeguatezza delle strutture in relazione alla classificazione sismica dell'edificio*	STRUCTURAL ANALYSIS

Tabella 7 - Priorità di uso del modello

4.1.2 Matrice dei BIM Uses

FASE	BIM USE	DESCRIZIONE
RESTITUZIONE DELLO STATO DI FATTO	DRAWING PRODUCTION	L'utilizzo della metodologia BIM permette l'estrazione di quantità e di elaborati grafici coerenti e aggiornati con ciò che è modellato senza alcuna perdita di informazioni.
	COST ESTIMATION – QUANTITY TAKE OFF	Il collegamento di voci di elenco prezzi alle quantità estratte da modello permetterà lo studio e il monitoraggio dell'evoluzione dei costi durante l'intero processo, attraverso attività di QTO e costruzione di modelli 5D.
	SITE ANALYSIS	I modelli potranno essere utilizzati per analisi specialistiche

		energetiche, previa impostazione di un corretto processo OpenBIM finalizzato alla correttezza dei dati analitici e prestazionali.
	STRUCTURAL ANALYSIS	I modelli potranno essere utilizzati per analisi strutturali attraverso l'impostazione di un corretto ed efficace processo OpenBIM finalizzato alla correttezza dei dati analitici e prestazionali.
	EXISTING CONDITIONS MODELING	I modelli consentiranno un'affidabile ricostruzione delle condizioni del sito, indispensabile per le analisi e per il supporto alle decisioni di progetto.

Tabella 8 - Matrice dei BIM Uses

4.2 Descrizione dei principali usi del modello

4.2.1 Existing Conditions Modeling

Processo in cui un team di progetto sviluppa un modello 3D delle condizioni esistenti per un sito, strutture su un sito o un'area specifica all'interno di una struttura. Questo modello può essere sviluppato in diversi modi, la fotogrammetria e / o le tecniche di rilevamento convenzionali, a seconda di ciò che si desidera e di ciò che è più efficiente. Una volta costruito il modello, è possibile richiedere informazioni, sia che si tratti di una nuova costruzione che di un progetto di ammodernamento.

Risultati attesi:

- Migliorare l'efficienza e l'accuratezza della documentazione delle condizioni esistenti dell'asset;
- Fornire la documentazione dell'ambiente per usi futuri;
- Coadiuvare i successivi avanzamenti della modellazione;
- Verificare lo stato del progetto con informazioni relative alle quantità;
- Fornire informazioni dettagliate sull'asset;

Risorse richieste:

- Software di authoring Building Information Model;
- Software di manipolazione delle nuvole di punti fotogrammetria.

Competenze richieste al gruppo di lavoro:

- Capacità di manipolare, navigare e revisionare un modello 3D;
- Conoscenza degli strumenti di modellazione BIM;
- Conoscenza degli strumenti e delle attrezzature di rilevamento convenzionali;
- Capacità di determinare quale livello di dettaglio sarà richiesto per aggiungere "valore" al progetto;
- Capacità di generare Building Information Model da fotogrammetria e / o dati di rilievo convenzionale.

4.2.2 Cost Estimation

Processo nel quale un modello BIM può essere utilizzato, una volta affiancato ad uno specifico software estimativo, per generare un'accurata valutazione delle quantità ed una stima dei costi fin da una fase progettuale iniziale e per fornire gli impatti sui costi generate da eventuali varianti, con anche la possibilità di ridurre tempo e denaro ed evitare di superare il budget.
Questo processo permette inoltre ai progettisti di vedere gli effetti sui costi dei propri cambiamenti in tempo utile, in modo da evitare eccessivi aumenti di costi dovuti a modifiche progettuali.

Risultati attesi:

- Stima precisa delle quantità di materiali e rapida generazione di revisioni, se necessarie. La stima dei costi eseguita spesso ed in fase preliminare consente di stare nei limiti di budget durante lo svolgimento del progetto;
- Migliore rappresentazione visiva del progetto e degli elementi costruttivi che devono essere valutati: quantificazione e prezzo;
- Fornisce informazioni al proprietario sul costo fin dalla fase iniziale di *decision making* del progetto;
- Puntare su attività che forniscono un valore aggiunto nella stima quali: identificazione degli assemblaggi costruttivi, generazione dei prezziari e dei fattori di rischio e delle valutazioni della qualità, essenziali per le stime di alta qualità;
- Valutazione di differenti opzioni progettuali e concezioni con riferimento al budget del proprietario;
- Risparmio di tempo dei valutatori e possibilità di concentrare le loro attenzioni su questioni importanti relativamente ad una stima, dal momento che le quantità possono essere fornite automaticamente;
- Determinazione in modo rapido dei costi di oggetti specifici.

Risorse richieste:

- Software di computazione ed estimo;
- Software di progettazione (design authoring);
- Dati sui costi/Prezziari.

Competenze richieste:

- Capacità di definire specifiche procedure di modellazione del progetto che forniscano informazioni di quantity take-off precise;
- Capacità di identificare con anticipo le quantità per il livello di stima appropriato.

4.2.3 Site Analysis

Un processo nel quale strumenti BIM/GIS sono usati per valutare le caratteristiche di un sito per determinare lo sfruttamento ottimale dell'area per un progetto in divenire. I dati registrati e collezionati dell'area sono usati per interpretare meglio il sito e per il posizionamento dei manufatti.

Risultati Attesi:

- Determinare se il sito incontra i criteri specificati nelle richieste, i fattori tecnici e finanziari;
- Decrementare i costi derivanti da fattori di utilizzo fondiario e demolizioni;
- Diminuire lo sfruttamento del suolo;
- Aumentare l'efficienza energetica.

Risorse Richieste:

- Software GIS;
- Software di creazione del modello (Piattaforma di Design Authoring).

Competenze richieste:

- Capacità di navigare, aggiornare ed esplorare il modello 3D;
- Conoscenze di software GIS e interpretazione di modelli economici/sociali/infrastrutturali del
- territorio.

4.2.4 Structural Analysis

Processo nel quale software di modellazione utilizzano il modello BIM per determinare la migliore tipologia costruttiva ingegneristica in base alle specifiche progettuali. Lo sviluppo di queste informazioni è la base di quanto verrà trasferito al proprietario e/o all'operatore per l'utilizzo dei sistemi dell'edificio (per es. Analisi energetiche, analisi strutturali, individuazione delle vie d'esodo, ecc.). Questi strumenti di analisi e queste simulazioni prestazionali possono migliorare in modo significativo il progetto del sistema ed il consumo energetico durante il ciclo di vita della struttura.

Risultati attesi:

- Automatizzazione delle analisi e risparmi in tempi e costi;

- Gli strumenti di analisi sono meno costosi di quelli di realizzazione del BIM, più facili da imparare e con meno impatti sui workflow predefiniti;
- Miglioramento dell'esperienza specializzata e dei servizi offerti dalla società di progettazione;
- Ottenimento di soluzioni progettuali ottimizzate ed energeticamente efficienti con l'applicazione delle analisi in modo rigoroso;
- Miglioramento della qualità e riduzione del tempo per le analisi progettuali.

Risorse richieste:

- Software di creazione del modello (Piattaforma di Design Authoring);
- Software di progettazione.

Competenze richieste al gruppo di lavoro:

- Capacità di navigare, aggiornare ed esplorare il modello 3D;
- Capacità di analizzare un modello attraverso strumenti di analisi;
- Conoscenza di mezzi e metodologie di progettazione;
- Esperienza in progettazione e costruzione.

4.3 Ruoli, responsabilità e autorità ai fini informativi

4.3.1 Struttura operativa

La verticalizzazione per responsabilità e ambito specialistico delle figure coinvolte e necessaria al fine di ottimizzare e veicolare in modo efficiente il flusso informativo legato alla progettazione. La struttura prevede 3 livelli principali di coordinamento:

1. L'Unità di Coordinamento BIM, che si interfaccia direttamente con il BIM Manager. Queste 2 figure saranno responsabili dell'integrità e della coerenza informativa della produzione dei livelli inferiori e si potranno avvalere dei team di BIM Specialist, che avranno il compito di supportare il coordinamento generale per quanto riguarda la parte informativa-operativa. All'Unità di Coordinamento BIM è deputata la gestione dell'Ambiente di Condivisione Dati e il monitoraggio degli *information exchange*;
2. I gruppi di progettazione disciplinari, che saranno ricondotti agli ambiti Architettura e Strutture. Gli operatori di ciascun gruppo saranno chiamati a svolgere le attività di gestione operativa della modellazione per la propria disciplina e saranno responsabili sia della produzione degli elaborati grafici che dei modelli BIM. La documentazione prodotta dovrà contenere e/o fare riferimento a informazioni che potranno arrivare da sottoambiti specialistici, con i quali dovranno interfacciarsi direttamente e ne saranno responsabili (oltre che referenti)
3. I progettisti/consulenti specialistici, che faranno riferimento all'Unità di Coordinamento BIM per le operazioni di *information exchange*, per la verifica degli standard di modellazione e per tutte le attività a loro deputate.

1.3.2 Ruoli e responsabilità

FASE	RUOLO	NOMINATIVO
COORDINAMENTO 3D	Coordinatore dei flussi informativi (BIM Coordinator)	Giuliano Galluccio Christian Musella
MODELLAZIONE AS-IS	Operatore avanzato della gestione e della modellazione informativa (BIM Specialist)	Lucia Pierni
		Eufemia Guarino
		Maria Cristina Napolano
ACDAT	Gestore dell'ambiente di condivisione dei dati (CDE Manager)	Christian Musella

Tabella 9 – Ruoli e responsabilità BIM

4.4 Strutturazione e organizzazione della modellazione digitale

4.4.1 Workflow del processo di modellazione informativa

Durante l'attività saranno prodotti i singoli modelli disciplinari, di cui si occuperanno i team di modellazione (Architettura, Strutture, Impianti). Il livello di sviluppo è fissato al LOD C, secondo le specifiche descritte dalla norma UNI 11337:2016 – 4.
Il completamento di queste attività è finalizzato alla restituzione di un modello federato coordinato, unitamente agli elaborati di progetto, agli abachi e alle quantità.

4.4.2 Rilievo dell'opera

Il rilievo di tutti gli edifici del Lotto 1 sarà eseguito con l'ausilio di tecniche e tecnologie innovative. Nel dettaglio, data la conformazione dei fabbricati si ritiene che siano idonei ad essere rilevati mediante la tecnica di fotogrammetria, avvalendosi dell'ausilio di sistemi di aeromobili a pilotaggio remoto (SAPR). La scelta di tale metodo consente infatti di eseguire le operazioni di rilievo in maniera speditiva, ottimizzando i tempi di lavoro e garantendo al contempo un'accettabile precisione delle misure rilevate. L'output del processo sarà costituito da una nuvola di punti dimensionata e geolocalizzata con dei punti di controllo le cui coordinate saranno ricavate mediante l'ausilio di sistemi GNSS.

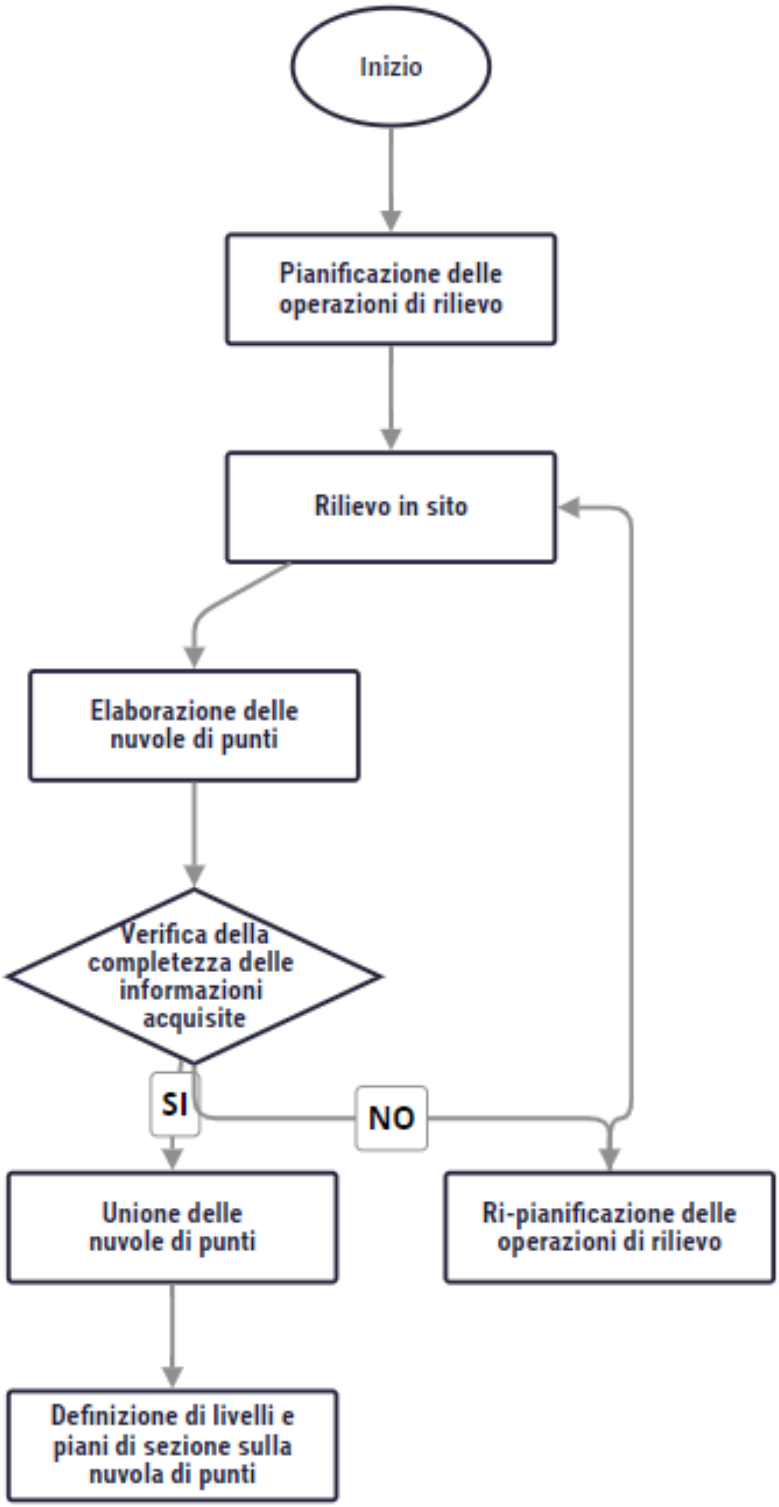


Figura 5 - Processo di rilievo fotogrammetrico

4.4.3 Modellazione BIM dello stato di fatto

Alle operazioni di rilievo segue la modellazione BIM dei corpi di fabbrica del lotto 1. Tali operazioni sono volte alla redazione di modelli informativi che costituiranno la banca dati a cui saranno legate tutte le informazioni prodotte dal team di progettazione. Al fine di garantire la corretta elaborazione dei modelli BIM sono previsti dei momenti di coordinamento a cadenza prefissata finalizzata a rilevare e quindi risolvere tutti gli eventuali errori che dovessero presentarsi.

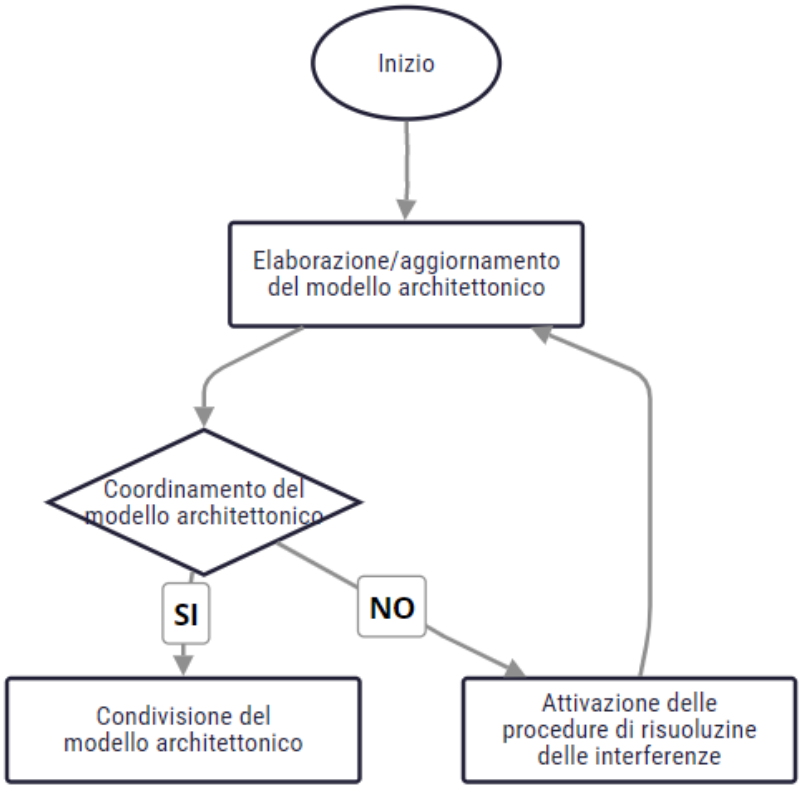


Figura 6 - Modellazione e coordinamento architettonico

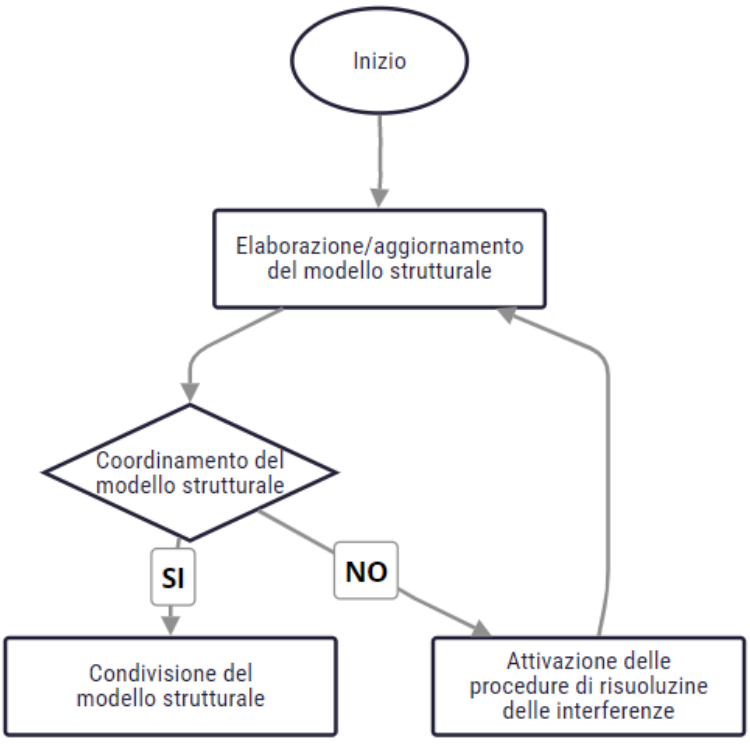


Figura 7 - Modellazione e coordinamento strutturale

4.4.4 Best practice per la modellazione in ambiente Revit

Al fine di evitare interventi correttivi nel corso della progettazione e modellazione, si ricordano in questa sezione alcune considerazioni denominate "Best Practices" che fungono da regole di modellazione imprescindibili di base. Nel dettaglio, se le regole vengono rispettate, si limitano i rischi di incorrere in difficolta di esportazione, creazione di file troppo pesanti e dunque difficilmente gestibili, creazione di elementi non classificabili e quindi inutili in ottica BIM ed altre problematiche legate al model management.
Di seguito dunque alcune regole:

MODELLAZIONE

- Le modellazioni *"in place"* in linea di principio sono da evitare; in caso di necessita sono da valutare e concordare con il BIM coordinator e devono essere dichiarate in un apposito documento.
- La categoria "modello generico" in linea di principio e da evitare; in caso di necessita sono da valutare e concordare con il BIM coordinator di progetto e devono essere dichiarate in un apposito documento.
- Per quanto riguarda lo strumento "pavimento", e necessario modellare elementi separati in funzione di qualsiasi elemento di separazione, non utilizzando il comando "modifica profilo" ma creando nuove istanze di pavimento, in quanto in fase di esportazione il formato IFC non riconosce le geometrie dell'intero elemento suddiviso tramite "modifica contorno".
- Utilizzare il comando PAVIMENTO per creare ogni elemento di copertura orizzontale. Non utilizzare il comando TETTO.
- In linea generale limitare se non abolire l'uso di "modifica profilo" per la modellazione di geometrie particolari di muri e l'uso del comando "apertura muro", in entrambi i casi e preferibile affidarsi a famiglie basate su muro che contengono vuoti dalla geometria parametrica in modo tale da essere computate e localizzate facilmente.
- Qualora sia necessario utilizzare dei dwg di riferimento (piante, sezioni e prospetti utili al processo di CAD to BIM) evitare accuratamente l'importazione di questi ultimi, ma gestire il file utilizzandolo come link esterno. Questa considerazione risulta di immediata e fondamentale importanza per motivazioni legate alla pesantezza del file e all'importazione automatica di tutti i layers di AutoCad all'interno di Revit, poi difficilmente selezionabili e dunque eliminabili. L'importazione comporta anche l'inserimento di tantissimi stili di linea, inutili durante il corso della modellazione e provenienti da un'ottica legata al disegno 2D non condivisa fra Revit e AutoCad.

GRAFICA DELLE VISTE

- Se possibile, ridurre la profondità della vista di prospetto, di pianta e di sezione, e utilizzare i riquadri di vista 3D nelle viste tridimensionali per evitare il caricamento da parte del software di tutto il modellato quando non risulta necessario.
- Limitare il più possibile l'uso di linee di dettaglio in tavola ma definire linee e gestione della grafica all'interno delle famiglie.
- Utilizzare il più possibile etichette e non testi.
- Limitare il tipo di retini e linee uniformando nel minor numero di elementi.

SIMBOLOGIA

Per quanto concerne la simbologia utilizzata, inizialmente viene adottata quella proposta dalle norme UNI EN ISO. La simbologia potrà essere integrata o adattata agli standard grafici richiesti in caso di specifiche necessità.

Argomento	Norme UNI	Norme ISO
Principi generali:		
• Fogli	UNI EN ISO 5457:02	5457:99
• Tipi di linee	UNI EN ISO 128-20:02; UNI ISO128-24:06	128-20:96;128-24:99
• Scale	UNI EN ISO 5455:98	5455:79
• Riquadro iscrizioni	UNI EN ISO 7200:2007	*7200:04*
• Scritte	UNI EN ISO 3098-0/5:00	3098-0/6:97,00
Rappresentazione:		
• Metodi di rappresentazione	UNI EN ISO 5456-1/3:01	5456-1/3:96
• Convenzioni particolari	UNI ISO 128-30,34:06	128-30,34:01
• Sezioni	UNI ISO 128-40,44,50:06	128-40,44,50:01
Quotatura	***UNI 3973,3974,3975:89***	129-1:04

Figura 8 - Norme per l'unificazione delle simbologie e degli standard grafici

BROWSER DI PROGETTO

- Chiudere le finestre superflue. Quando si lavora in una vista 3D, la maggior parte dei file è posizionato nella RAM. Si consiglia di salvare una vista 3D con un numero minimo di visibilità e quindi copiarlo per creare nuove viste.
- Eliminare ciclicamente le viste non categorizzate dagli utenti al fine di non appesantire i file inutilmente

GENERALE

- È buona regola fare ciclicamente un salvataggio con nome così da ridurre ogni volta la dimensione dei file e non arrivare alla fine con refusi che appesantiscono inutilmente il file.
- Tenere sempre in considerazione l'importanza dell'univocità dei modelli di riferimento, fondamentale ai fini della coerenza fra modelli diversi, come meglio specificato in seguito.

4.4.5 Workflow del processo di coordinamento

Attraverso i modelli BIM passeranno tutte le attività di coordinamento geometrico, validazione dei contenuti informativi, ma anche produzione della documentazione di progetto. L'attività consisterà nella virtualizzazione di componenti parametriche (muri, solai, pilastri, ecc.): i modelli saranno suddivisi per ambito disciplinare e seguiranno le macrocategorie Architettura e Strutture.
All'interno di ciascun team sarà presente un referente (BIM Specialist), che dovrà gestire e coordinare il modello disciplinare e il proprio gruppo di lavoro (BIM Modelers). La responsabilità dei singoli modelli disciplinari e affidata all'Unità di Coordinamento BIM.
I singoli modelli saranno poi uniti all'interno di un modello federato, nel quale saranno eseguite le attività di **Clash Detection attraverso l'utilizzo del software Autodesk NAVISWORKS**. Nel caso in cui emergano delle interferenze di progetto, i BIM Coordinator tracceranno tutti i vari *issues* e condivideranno le problematiche attraverso riunioni operative di verifica. Individuata e condivisa l'interferenza, questa verrà assegnata al responsabile specifico della modellazione e sarà risolta all'interno dei modelli. Nel caso in cui il modello federato risulti coordinato, i BIM Coordinator daranno il parere favorevole all'avvio della produzione degli elaborati grafici.
Parallelamente, saranno svolte le attività di **Model Checking**, al fine di verificare la consistenza e la validità dei modelli prodotti. In caso di lacune nei contenuti informativi, errori nell'organizzazione dei file o, in generale, il mancato raggiungimento di obiettivi qualitativi condivisi, il modello sarà rinviato al team di modellazione che si

occuperà dell'adeguamento operativo. Nel momento in cui i modelli riceveranno la validazione dei BIM Coordinator, il team di modellazione si occuperà della produzione degli elaborati grafici: a completamento della produzione tavole ci sarà una ulteriore fase di verifica e validazione del progetto, che prevedrà:

- Controllo dei contenuti grafici degli elaborati
- Coerenza tra elaborati e modelli
- Validazione finale dei modelli BIM

Se il materiale prodotto risulterà sufficiente per l'emissione finale, il team concluderà le attività con la consegna finale; viceversa, le eventuali discordanze verranno segnalate e sottoposte al team di modellazione secondo l'iter descritto.

4.4.6 Modelli di lavoro

In vista della fase di progettazione preliminare e definitiva, che potrà avvenire a partire dallo stato di fatto modellato secondo il presente documento, si rende necessario optare per una struttura di modelli di riferimento che dia la possibilità di avere una condivisione più efficace delle informazioni, delle famiglie di sistema, dei materiali e della struttura fra tutti i modelli coinvolti. In tal senso, il metodo ottimale individuato dal team di Coordinamento BIM consiste nella realizzazione di una serie di modelli di riferimento condiviso ("Unique Reference System-URS" e "SHARED LEVELS AND GRIDS", in formato .rvt) e di file template disciplinari (formato .rte), al cui interno sono contenute le principali informazioni condivise, che fungeranno da supporto alle attività di modellazione.

Data la specificità inerente ad ogni disciplina di modellazione, si suggerisce che i BIM Specialist designati provvedano alla realizzazione di due modelli di riferimento: uno contenente i principali riferimenti spaziali (punto rilevamento, punto progetto, nuvola di punti, ecc.); un altro, contenente i principali elementi di coordinamento (livelli e griglie condivise). I template saranno distinti per la disciplina architettonica e quella strutturale, al fine di incontrare le specifiche esigenze disciplinari (famiglie strutturali, impiantistiche, ulteriori livelli specifici, ecc.).
Rimandando ai BIM Specialist per ulteriori approfondimenti, si precisa di seguito il contenuto informativo del file template "originale":

PROSIT_L1_SDF_URS	
Tipologia	*Contenuto*
Georeferenziazione (origine - *in attesa di riferimenti forniti dal rilevatore*)	Punto Rilevamento Punto Base Progetto
Nuvola Punti	Riferimento esterno: Nuvola di punti
PROSIT_L1_SDF_SHAREDLEVELSANDGRIDS	
Riferimenti di progetto e unità	Livelli Griglie Unità di misura
PROSIT_L1_SDF_ARCH_template / STRUTT_template	
Elementi	Tipi di Famiglie di sistema Tipi di Famiglie caricabili (da salvare in apposita cartella nell'ACDAT)
Grafica e materiali	Retini Stili linea Materiali Modelli di vista
Gestione modellazione	Organizzazione del browser di progetto

4.4.7 Modelli per gli elaborati grafici

Ogni team di progettazione dovrà predisporre un file apposito per l'impaginazione delle tavole che avrà collegati i modelli necessari per la redazione delle tavole in oggetto. Le viste saranno tutte predisposte in questo file e, salvo casi specifici da concordare con l'unità di Coordinamento, e preferibilmente non nei file contenenti la modellazione, per non appesantire inutilmente questi ultimi e per avere il controllo unitario su tutto il materiale che viene prodotto.

4.4.8 Parcellizzazione del modello

Al fine di ottimizzare la gestione del modello e dei contenuti informativi in esso contenuti si adopereranno dei criteri di segregazione del modello su più livelli. Si prevede una suddivisione delle aree da modellare distinte per fabbricato, come riportato in FIGURA 2. I diversi modelli saranno collegati tramite inserimento LINK al Modello MASTER, mediante condivisione delle coordinate, come stabilito al punto 3.5.1.

N°	MODELLO	NOME	CONTENUTO	LOD
1	Modello federato (MASTER) LOTTO 1 – Asset Information Model	PROSIT_L1_SDF	Link di tutti i modelli singoli. Funge da modello di coordinamento	C
2	Modello degli spazi esterni	PROSIT_L1_SDF_ARCH_CONTESTO	Modello del contesto, del terreno, della piazza e dei collegamenti esterni ai fabbricati	B/C
3	Edificio 2	PROSIT_L1_SDF_ARCH_2 PROSIT_L1_SDF_STRUT_2	Modello del fabbricato dal punto di vista architettonico/strutturale, in riferimento all'effettivo stato di conservazione	C
4	Edificio 3	PROSIT_L1_SDF_ARCH_3 PROSIT_L1_SDF_STRUT_3	(come sopra)	C
5	Edificio 6	PROSIT_L1_SDF_ARCH_6 PROSIT_L1_SDF_STRUT_6	(come sopra)	C
6	Edificio 7	PROSIT_L1_SDF_ARCH_7 PROSIT_L1_SDF_STRUT_7	(come sopra)	C
7	Edificio 8	PROSIT_L1_SDF_ARCH_8 PROSIT_L1_SDF_STRUT_8	(come sopra)	C
8	Edificio 9	PROSIT_L1_SDF_ARCH_9 PROSIT_L1_SDF_STRUT_9	(come sopra)	C
9	Edificio 10	PROSIT_L1_SDF_ARCH_10 PROSIT_L1_SDF_STRUT_10	(come sopra)	C
10	Edificio 11	PROSIT_L1_SDF_ARCH_11 PROSIT_L1_SDF_STRUT_11	(come sopra)	C
11	Modello per elaborati grafici	PROSIT_L1_SDF_ARCH_tavole	Elaborati grafici estrapolati dal modello	1:100

Si suggerisce, per questa fase, una suddivisione dei compiti di modellazione tale da assegnare, a ciascun operatore, entrambe le discipline di uno stesso edificio: ciò tiene conto della difficoltà, allo stato attuale, di discernere in maniera univoca taluni elementi (come le murature, aventi funzione di chiusura verticale ma evidentemente elementi strutturali), in relazione alle condizioni di conservazione del sito (nel caso delle murature, ad esempio, considerando la sopravvivenza dei nudi paramenti murari).

Al fine di evidenziare nei modelli la suddivisione operata dal Comune, in questa fase i locali dovranno essere contrassegnati e perimetrati seguendo la distinzione evidente in FIGURA 2.

4.4.9 Organizzazione del browser di progetto

Per migliorare l'uniformità dei diversi modelli singoli, si richiede una denominazione standardizzata e indicizzata per le viste nel browser di progetto, in particolare per le piante (essendo prospetti e sezioni relativi a orientamenti o a pedici delle corrispettive linee di sezione) secondo la seguente concatenazione:

QUOTA LIVELLO_DESCRIZIONE_EVENTUALE SPECIFICA

Ad esempio:
0.0_Piano terra
+3.2_Piano primo_carpenterie

+5.4_Piano secondo_Imposta copertura

4.5 Modalità di condivisione di dati, informazioni e contenuti informativi

La condivisione dei dati avverrà attraverso la piattaforma informatica usBIM.platform in cui sarà implementato l'ACDat, caratterizzato da un'architettura di cartelle per il deposito e la condivisione delle informazioni, organizzata secondo la logica delle fasi progettuali (rilievo, indagini e prove, sostenibilità, interventi, facility management) e degli stati di lavorazione. Nel dettaglio, a ciascuna area è associata la seguente funzione:

- Risorse: documenti relativi alle normative di riferimento;
- Incoming: documentazione disponibile dell'edificio;
- In lavorazione: i documenti sono in fase di elaborazione e, pertanto, potrebbero subire ancora modifiche o aggiornamenti. Il contenuto non è reso disponibile ad altri soggetti al di fuori dell'affidatario responsabile;
- In condivisione: i documenti sono ritenuti completi per una o più discipline, ma ancora suscettibile di interventi da parte di altre discipline o di altri operatori. Il contenuto è reso disponibile per soggetti oltre l'affidatario responsabile;
- In Pubblicazione: i documenti sono attivi, ma conclusi, e nessun soggetto interessato oltre l'affidatario responsabile manifesta la necessità di apportare ulteriori interventi;
- Archivio: i documenti sono legati ad un processo concluso.

Figura 9: Struttura informativa dell'ACDat

4.5.1 Caratteristiche delle infrastrutture di condivisione

L'ambiente di condivisione dati, (ACDat) presenta le seguenti caratteristiche:

- Accessibilità a tutti gli attori coinvolti nel processo, compreso il committente, tramite connessione di rete utilizzando credenziali proprie per l'accesso alla piattaforma usBIM. Sarà possibile consultare ed estrarre copia dei documenti, degli elaborati, nonché dei modelli presenti nello stato di pubblicazione;
- Aggiornamento continuo, durante gli stadi e le fasi del processo, dell'archivio di condivisione dati (ACDat) da parte dell'affidatario;
- Tracciabilità dei dati e dei documenti prodotti dai vari attori della filiera, con successione storica delle revisioni apportate a tali dati;
- Garanzia di sicurezza e riservatezza dell'archivio (ACDat), in riferimento alle modalità di gestione dei dati in esso contenuti;

- Caratterizzazione dei modelli, oggetti e/o elaborati rispetto al proprio stato di definizione e approvazione del contenuto informativo secondo la seguente classificazione prevista dalla UNI 11337-4;
- Accessibilità per il committente ai file nei formati specificati nel precedente punto 4.3 "Protocollo di scambio dei dati dei Modelli e degli Elaborati";
- Capace di gestire svariati formati dati e in maniera specifica anche l'IFC secondo la UNI EN ISO 16739.

4.5.2 Specifiche di caricamento dei file sulla piattaforma di ACDat

Al fine di facilitare la fruizione dei documenti all'interno dell'ACDat sarà implementato un sistema di archiviazione dei documenti che ne faciliterà anche la ricerca da parte di tutti gli utenti, committente compreso. Verranno quindi utilizzati i #tagBIM, ovvero marker che consentono di mettere in evidenza particolari informazioni o caratteristiche di ciascun file caricato nell'ACDat. I #tagBIM saranno raccolti all'interno di un menù creato in maniera automatica dalla piattaforma usBIM.platform che consente di cercare i documenti desiderati in relazione ai #tagBIM assegnati. I #tagBIM che saranno utilizzati verranno definiti in specifici documenti allegati.

#tagBIM di I livello	**#tagBIM di II livello**	**Valori dei #tagBIM**
Gestione documentale	Anno	- Non noto -2020 -2019
	Autore	- Stress - CNR -unina
	Categoria	- Stato di fatto - Stato di progetto
	Disciplina	- Architettura - Struttura - Impianti - Sicurezza
	Natura	- Elaborato documentale - Elaborato grafico - Elaborato multimediale - Modello digitale
	Tipo	- Amministrativo - Tecnico - Giuridico - Gestionale
Impianti	Rete fognaria	/

Tabella 10 - TAG BIM nell'ACDat USBIM PLATFORM

4.6 Procedure di verifica, validazione di modelli, oggetti e/o elaborati

Il coordinamento e la verifica sono di responsabilità della BIM Coordination Unit, che le esegue coadiuvato dai responsabili delle diverse discipline e sotto la supervisione delle unità di management del progetto.

4.6.1 Livelli di coordinamento informativo

Nel rispetto di quanto prescritto dalla UNI 11337 – 5, si identificano tre attività caratteristiche del coordinamento tra due o più soggetti:

- Analisi e controllo delle interferenze geometriche (*Clash detection*);
- Analisi e controllo delle incoerenze informative (*Model e code checking*);
- Risoluzione dei conflitti rilevati.

Inoltre, la UNI identifica tre livelli gerarchici di verifica, che saranno seguiti nella presente attività:

- **Coordinamento di livello 1 (LC1):** coordinamento di dati e informazioni all'interno di un modello singolo;

- **Coordinamento di livello 2 (LC2):** coordinamento di dati e informazioni all'interno di più modelli singoli e può avvenire attraverso la loro aggregazione simultaneo o mediante successive verifiche dei rispettivi contenuti informativi;
- **Coordinamento di livello 3 (LC3):** coordinamento e la soluzione di interferenze tra dati/informazioni/contenuti informativi generati da modelli e dati/informazioni/contenuti informativi non generati da modelli grafici (es. relazione di calcolo; al termine delle operazioni di modellazione).

4.6.2 Livelli di verifica dei contenuti informativi

La UNI 11337-5 specifica altresì i livelli di verifica, secondo una progressione di crescente complessità, secondo la seguente gerarchia:

- Verifica formale interna, LV1;
- Verifica sostanziale esterna, LV2;
- Verifica formale e sostanziale indipendente, LV3 (non previsto).

Le operazioni di controllo LV1 sul modello saranno:

- Nome del file come da codifica;
- Verifica messaggi di errore;
- Nomi famiglie come da codifica;
- Rimozione viste, abachi, tavole, dwg, immagini, ecc. dell'utente o di modellazione;
- Rimozione link ad altri progetti, dwg, ecc. non necessari o dell'utente per modellazione.

Le operazioni di controllo LV2 sul modello saranno:

- Verifica delle procedure di determinazione e risoluzione delle interferenze ed incoerenze;
- Verifica della coerenza informativa rispetto all'estrazione dei dati;
- Verifica del raggiungimento dell'evoluzione informativa dei modelli in conformità con quanto stabilito nel pGI.

4.7 Processo di analisi e risoluzione delle interferenze e delle incoerenze informative

4.7.1 Interferenze di progetto

In accordo col punto 5.3.6 delle UNI 11337-5, al termine di ogni analisi viene stabilito, attraverso un'analisi di tipo LC1, se l'interferenza è univocamente attribuibile ad un soggetto o meno. Se l'interferenza e/o l'incoerenza è attribuibile ad un unico soggetto responsabile, si procede con l'assegnazione della risoluzione al soggetto stesso. In caso di coinvolgimento di più soggetti o di possibili interferenze o incoerenze con altre discipline (e relativi modelli, elaborati od oggetti) si procede con l'indizione di una riunione di coordinamento per un confronto tra i soggetti coinvolti e la definizione del processo di risoluzione. Le attività di coordinamento delle interferenze e delle incoerenze procedono interattivamente fino alla eliminazione di tutte le incoerenze rilevate. Le caratteristiche rispetteranno quanto riportato nel punto 6 della UNI 11337-5.

4.7.2 Incoerenze di progetto

L'analisi delle incoerenze e finalizzata al controllo e alla verifica dei contenuti informativi dei modelli BIM. La compilazione del modello è da intendersi come attività integrativa al processo di coordinamento del progetto e verifica di coerenza rispetto alle normative. Una non corretta o non efficace compilazione dei dati renderebbe inutile il processo di coordinamento attraverso i modelli, venendo meno agli obiettivi dichiarati all'interno di questo stesso documento. Sarà cura dell'unità di Coordinamento BIM verificare la correttezza nella modalità di compilazione dei dati e ottimizzarne il processo di scrittura all'interno del modello, mentre la correttezza dei dati e delegata ai referenti delle singole discipline e al validatore finale del progetto. Il processo di verifica delle incoerenze supporta il coordinamento aspetti progettuali legati ad ambiti normativi ma non sostituisce le normali procedure di verifica del progetto, che restano sotto la responsabilità dei progettisti.

Tabelle di Model Checking per la verifica di conformità geometrico-informativa in ambiente BIM

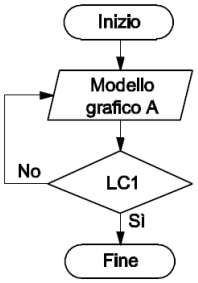
UNI 11337-5 Edilizia e opere di ingegneria civile Criteri di codificazione di opere e prodotti da costruzione, attività e risorse. **Parte 5**: Flussi informativi nei processi digitalizzati

Termini relativi ai controlli	
analisi delle incoerenze	Analisi delle possibili incoerenze informative di oggetti, modelli ed elaborati rispetto a regole e regolamenti. NOTA – Corrispondente al termine anglosassone Model e Code Checking.
analisi delle interferenze geometriche	Analisi delle possibili interferenze geometriche tra oggetti, modelli ed elaborati rispetto ad altri. NOTA – Corrispondente al termine anglosassone Clash Detection.
coordinamento di primo livello (LC1)	Coordinamento di dati e informazioni del modello.
coordinamento di secondo livello (LC2)	Coordinamento di dati, informazioni e contenuti informativi tra modelli.
coordinamento di terzo livello (LC3)	Coordinamento di dati e informazioni e contenuti informativi tra modelli ed elaborati informativi e tra elaborati ed elaborati, anche attraverso l'uso di schede informative digitali relazioni.
verifica di primo livello (LV1)	Verifica interna di dati, informazioni e contenuti informativi a livello formale.
verifica di secondo livello (LV2)	Verifica interna di dati, informazioni e contenuti informativi a livello sostanziale.
verifica di terzo livello (LV3)	Verifica indipendente (Independent Check) di dati, informazioni, contenuti informativi e loro ACDat e ACDoc di conservazione a livello sostanziale.

VERIFICA DEI DATI, DELLE INFORMAZIONI E DEI CONTENUTI INFORMATIVI

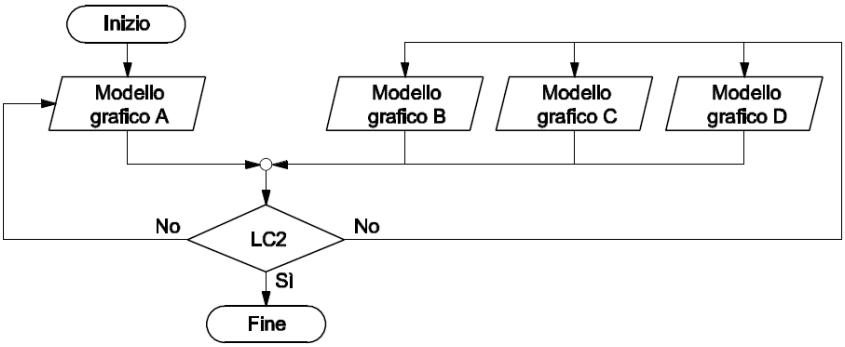
Coordinamento di primo livello (LC1)

Il coordinamento di dati e informazioni all'interno di un modello grafico singolo si definisce coordinamento di primo livello (LC1).



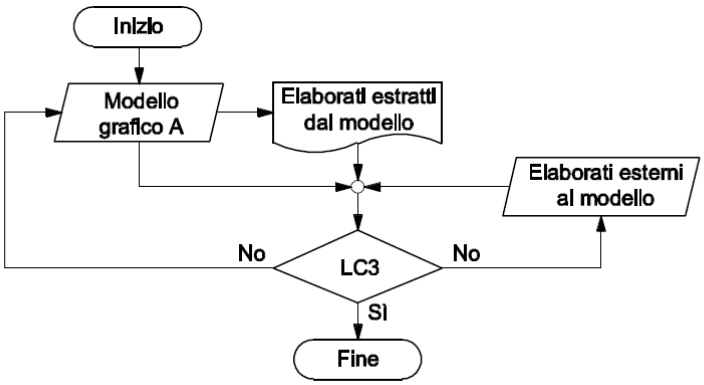
Coordinamento di secondo livello (LC2)

Il coordinamento di dati e informazioni tra più modelli grafici singoli si definisce coordinamento di secondo livello (LC2) e può avvenire attraverso la loro aggregazione simultanea o mediante successive verifiche di congruenza dei rispettivi contenuti informativi.



Coordinamento di terzo livello (LC3)

Si definisce coordinamento di terzo livello (LC3) il controllo e la soluzione di interferenze e incoerenze tra dati/informazioni/contenuti informativi generati da modelli grafici, e dati/informazioni/contenuti informativi (digitali e non digitali) non generati da modelli grafici (ad esempio un elaborato grafico CAD, non derivato da modelli, o una relazione di calcolo, ecc.).



Analisi delle interferenze (*clash detection*)

Al fine della determinazione delle interferenze nel CI e nel pGI si determina la tipologia di matrici di corrispondenza (di I, II, III livello) fra i modelli, gli elaborati e gli oggetti da sottoporre a verifica delle interferenze.
Matrici di corrispondenza per il coordinamento delle interferenze:

- - tra oggetti dello stesso modello grafico (LC1);
- - tra un modello ed altri modelli grafici (LC2);
- - tra un modello grafico ed elaborati (LC3).

Analisi delle incoerenze (Model e Code checking)

Al fine della determinazione delle incoerenze informative, nel CI e nel pGI, si individuano le matrici di corrispondenza (di I, II, III livello) fra i modelli, gli elaborati e gli oggetti da analizzare, rispetto a prestabiliti requisiti da rispettare (normativi, contrattuali, ecc.).
Nel CI si definiscono i set di regole cui fare riferimento (rule set) verificabili con supporto elettronico ed i criteri di loro misurabilità e verifica.
Matrici di corrispondenza per il coordinamento delle interferenze:

- tra gli oggetti di un modello grafico ed i relativi riferimenti da analizzare (LC1);
- tra il modello grafico nel suo insieme ed i relativi riferimenti da analizzare (LC2);
- tra il modello grafico e gli elaborati a esso correlati, ma non automaticamente estratti, ed i relativi riferimenti da analizzare (LC3).

Risoluzione delle interferenze e delle incoerenze

Al termine di ogni analisi di coordinamento viene redatto un rapporto delle interferenze e delle incoerenze rilevate e dei soggetti, modelli, oggetti o elaborati coinvolti.
Se l'interferenza e/o l'incoerenza è univocamente attribuibile ad un soggetto responsabile, si procede con l'assegnazione della risoluzione al soggetto stesso. In caso di coinvolgimento di più soggetti o di possibili interferenze o incoerenze con altre discipline (e relativi modelli, elaborati od oggetti) si procede con l'indizione di una riunione di coordinamento per un confronto tra i soggetti coinvolti e la definizione del processo di risoluzione.
Le attività di coordinamento delle interferenze e delle incoerenze procedono iterativamente fino alla eliminazione di tutte le incoerenze rilevate.

VERIFICA DEI DATI, DELLE INFORMAZIONI E DEI CONTENUTI INFORMATIVI

La verifica dei dati, delle informazioni e dei contenuti informativi è condotta sul modello Informativo dell'opera, o del complesso di opere, nel suo insieme e/o sui singoli modelli, elaborati od oggetti, per ciascuno stadio, in relazione alla specifica fase del processo.
All'interno del processo digitale delle costruzioni si identificano tre livelli di verifica (LV) di natura informativa:

- LV1 - verifica interna, formale;
- LV2 - verifica interna, sostanziale;
- LV3 - verifica indipendente, formale e sostanziale.

Livello di verifica 1 – V1

Verifica dei dati, delle informazioni e del contenuto informativo, intesa come la verifica della correttezza delle modalità di loro produzione, consegna e gestione così come richiesto dal CI e dal pGI.
Tale livello di verifica dell'informazione è garantito dal gestore delle informazioni (BIM Manager) in collaborazione con il coordinatore (BIM Coordinator).

Livello di verifica 2 – V2

Verifica dei modelli disciplinari e specialistici, in forma singola o aggregata, intesa come verifica della leggibilità, della tracciabilità e della coerenza dei dati e delle informazioni contenute effettuando:

- la verifica delle procedure di determinazione e risoluzione delle interferenze e delle incoerenze;
- la verifica del rispetto degli standard informativi;
- la verifica di coerenza informativa rispetto l'estrazione di dati;
- la verifica del raggiungimento dell'evoluzione informativa dei modelli, degli elaborati e livello di sviluppo degli oggetti e della loro rappresentazione grafica in conformità a quanto previsto dal CI e pGI.

Tale livello di verifica dell'informazione è sviluppato all'interno dei soggetti del processo (committente, esecutori, eventuali sub-esecutori) ed è garantito dal gestore delle informazioni, in collaborazione con il coordinatore.

Livello di verifica 3 – V3

Verifica della leggibilità, della tracciabilità e della coerenza di dati e informazioni contenute nei modelli, negli elaborati, nelle schede e negli oggetti, presenti nell'ACDat e nell'ACDoc effettuando:

- la verifica delle interferenze e delle incoerenze;
- la verifica del raggiungimento dei livelli di dettaglio;
- la verifica dell'applicazione delle norme specifiche e delle regole tecniche di riferimento;
- la verifica della corrispondenza della matrice delle responsabilità dell'organizzazione definita nel pGI;
- la verifica dell'esaustività dei contenuti informativi prodotti in funzione dei requisiti espressi nel CI.

Tale livello di verifica dell'informazione è di responsabilità del committente che può avvalersi del supporto di un soggetto terzo indipendente quale un organismo di ispezione di Tipo A (cfr. UNI 10721).

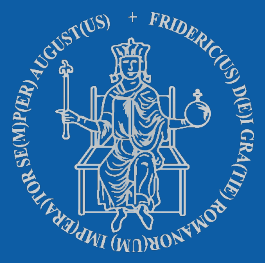
Gestione dell'ambiente condiviso dei dati (ACDat)

L'ambiente condiviso dei dati (ACDat) è preferibilmente posto in capo al committente il quale può curarne la gestione direttamente o delegarla ad un soggetto esterno appositamente incaricato.
Il flusso di gestione delle informazioni da e verso l'ACDat è esplicitato dal committente nel capitolato informativo.
E' cura del committente garantire un coerente iter informativo durante tutti gli stadi e le fasi del processo, curando l'integrità dei dati nell'eventuale trasferimento dell'ACDat a terzi.
Nel capitolato informativo sono definiti il/i soggetto/i proprietario/i e/o custodi finali dell'ACDat al termine di ogni processo.

PROTOCOLLO DI VERIFICA DELLA MODELLAZIONE INFORMATIVA- LV1

OPERAZIONI DI COORDINAMENTO	CHECKLIST	MODALITA' DI VERIFICA	PRIORITA'
1. INFORMAZIONI GENERALI	Identificazione modello da verificare	Caricamento su USBIM	ALTA
	Nomi, recapiti e responsabilità specifica sul modello degli operatori		ALTA
2. CODIFICA MODELLI	Modelli grafici	Controllo visivo da cartella	ALTA
	Famiglie	Controllo visivo - importazione elenco su Excel generato da html	ALTA
	Tipi	A partire da Ruleset di AUTODESK MODEL CHECKER	ALTA
	Materiali	Controllo visivo - a partire da script Dynamo	ALTA
	Modelli di coordinamento	Controllo visivo da cartella	ALTA
	Elaborati e documenti	Controllo visivo da cartella	ALTA
	Documentazione collegata	Controllo visivo da cartella	ALTA
	Locali	A partire da script Dynamo	ALTA
3. DIMENSIONI FILE	Modelli grafici	Controllo visivo da cartella	ALTA
	Famiglie	Controllo visivo da cartella	ALTA
	Modelli di coordinamento	Controllo visivo da cartella	ALTA
	Elaborati e documenti	Controllo visivo da cartella	ALTA
4. FORMATI FILE	Modelli grafici	Controllo visivo da cartella	ALTA
	Modelli Blocchi funzionali	Controllo visivo da cartella	ALTA
	Famiglie	Controllo visivo da cartella	ALTA
	Modelli di coordinamento	Controllo visivo da cartella	ALTA
	Elaborati e documenti	Controllo visivo da cartella	ALTA
5. COORDINAMENTO MODELLI	Punto base progetto	A partire da script Dynamo	ALTA
	Punto di Rilevamento	A partire da script Dynamo	ALTA
	Unità di misura	A partire da script Dynamo	ALTA
6. ASSEGNAZIONE CATEGORIE	Famiglie in Modello	A partire da script Dynamo	MEDIA
7. OTTIMIZZAZIONE BROWSER DI PROGETTO	Organizzazione	Controllo visivo	ALTA
	Viste non presenti nelle tavole	A partire da Ruleset di AUTODESK MODEL CHECKER	MEDIA
	Viste ridondanti	A partire da Ruleset di AUTODESK MODEL CHECKER	MEDIA
8. CODIFICA ELEMENTI DI ANNOTAZIONE E DEL BROWSER	Viste	A partire da script Dynamo	ALTA
	Tavole	A partire da script Dynamo	ALTA
	Cartigli	Controllo visivo	ALTA
	Livelli	A partire da script Dynamo	ALTA
	Abachi	A partire da script Dynamo	ALTA
9. COMPILAZIONE INFORMAZIONI (VISTE/ABACHI/TAVOLE)	Applicazione modelli di vista	A partire da script Dynamo	ALTA
	Scala grafica	A partire da script Dynamo	ALTA
	Verifica contenuto	Controllo visivo	ALTA
	Cartigli	Controllo visivo	ALTA
10. VERIFICA COERENZA GEOMETRICA	Coerenza formale Famiglie	Controllo visivo	ALTA
	Coerenza formale modelli	Controllo visivo	ALTA
	Associazione a piani/livelli di riferimento	A partire da script Dynamo	ALTA
	Verifica di sovrapposizione nuvola di punti con modello	Controllo visivo da sovrapposizione modello-nuvola mediante CLOUD COMPARE	ALTA

	Assenza di interferenze L1 - Nessun conflitto geometrico sostanziale tra elementi appartenenti allo stesso modello disciplinare	Estrapolazione Clash Report mediante CLASH DETECTION in NAVISWORKS	ALTA
	Presenza di elementi duplicati	A partire da Ruleset di AUTODESK MODEL CHECKER	MEDIA
	Assenza oggetti di altre discipline	Controllo visivo da elenco famiglie	MEDIA
	Presenza Modelli in-place non contemplati	A partire da Ruleset di AUTODESK MODEL CHECKER	BASSA
	Presenza di Modelli generici	A partire da Ruleset di AUTODESK MODEL CHECKER	BASSA
	Presenza di Elementi non utilizzati	A partire da Ruleset di AUTODESK MODEL CHECKER	BASSA
	Presenza di Elementi nascosti	A partire da Ruleset di AUTODESK MODEL CHECKER	BASSA
	Presenza di Gruppi Modello	A partire da Ruleset di AUTODESK MODEL CHECKER	BASSA
	Presenza di Masse	A partire da Ruleset di AUTODESK MODEL CHECKER	MEDIA
11. VERIFICA COERENZA INFORMATIVA	Assegnazione della caratteristica strutturale agli elementi portanti	A partire da script Dynamo	ALTA
	Verifica parametri materiali	A partire da script Dynamo	ALTA
	Informazioni di progetto	Da scheda Gestisci, pannello Impostazioni in REVIT	MEDIA
	Assegnazione della corretta Fase di creazione/demolizione	A partire da Ruleset di AUTODESK MODEL CHECKER	ALTA
	Presenza di Avvisi (Warning)	Esportazione report avvisi di REVIT	BASSA


+ FRIDERIC(US) D(E)I GRA(TIA) ROMANOR(UM) IMPERA(TOR) SE(M)P(ER) AUGUST(US)