



**Politecnico  
di Torino**

## **Politecnico di Torino**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile  
a.a. 2022/2023  
Sessione di Laurea aprile 2023

Tesi di Laurea Magistrale

# **Il BIM per il Facility Management**

## **L'importanza dell'anagrafica tecnica nella progettazione**

Relatore:  
Prof. Fabio Manzone

Candidato:  
Giovanni Previte





<b>Abstract</b>	<b>6</b>
<b>1. Il BIM per il Facility Management</b>	<b>10</b>
<b>1.1. L'universo del BIM</b>	<b>10</b>
1.1.1. Definizioni, acronimi.	10
1.1.2. La gestione informativa, LOD, LOG e LOI	12
1.1.3. Le dimensioni del BIM	18
<b>1.2. Il Facility Management</b>	<b>26</b>
1.2.1. Definizioni della disciplina	26
1.2.2. Le facilities	27
1.2.3. Agenda 2030: sviluppo sostenibile	31
<b>1.3. La manutenzione</b>	<b>33</b>
1.3.1. Definizioni	33
1.3.2. Strategie e tipologie manutentive	34
1.3.3. La manutenzione e il Facility Management	39
1.3.4. Piano di manutenzione	40
<b>1.4. L'anagrafica tecnica</b>	<b>43</b>
1.4.1. Sistema anagrafico	43
1.4.2. Censimento e analisi documentale	44
1.4.3. Sistema di codifica, la WBS	44
<b>2. Nuovo polo di ricerca del Dipartimento di Biologia dell'UNIFI</b>	<b>47</b>
<b>2.1. Inquadramento caso studio</b>	<b>48</b>
2.1.1. Introduzione generale	48
2.1.2. Dotazione funzionale e tecnica	52
2.1.3. Criteri di progettazione ambienti didattici e di ricerca	59
<b>2.2. Arricchimento informativo del modello BIM</b>	<b>64</b>
2.2.1. Codice WBS	64
2.2.2. Schede prestazionali dei laboratori	70
2.2.3. Parametrizzazione delle schede prestazionali	74
2.2.4. WBS chiusure verticali ai fini della validazione	78
<b>3. Conclusioni</b>	<b>85</b>
<b>Indice delle figure</b>	<b>89</b>
<b>Indice delle tabelle</b>	<b>91</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>92</b>
<b>Sitografia</b>	<b>94</b>





## Abstract

Negli anni '20 del 2000 il Facility Management (FM) è una disciplina che è sempre più importante ed al centro di nuovi dibattiti sulla gestione del patrimonio edilizio e dei servizi ad esso annessi, in relazione all'attività di privati ed aziende. Allo stesso tempo è possibile notare come grazie ad uno sviluppo informatico in termini di supporti, oltre che di competenze digitali nel mondo, gli operatori del settore dell'AEC (Architecture, Engineering & Construction) abbiano sempre più familiarità con la metodologia del BIM (Building Information Modelling) esplosa ad inizio secolo. La conseguenza naturale di ciò è una trasposizione delle teorie e strategie dell'FM in modelli informativi digitali sviluppati proprio per la gestione delle infrastrutture. Lo scopo del seguente elaborato è quello di indagare e poi giustificare il connubio tra BIM ed FM attraverso una serie di riferimenti tratti dalla letteratura e dalle normative attualmente vigenti, avvalorandosi inoltre dell'approfondimento di un caso studio trattato parallelamente al periodo di scrittura dell'elaborato stesso. Il testo è suddiviso sostanzialmente in due parti: la prima è una vera e propria introduzione teorica agli argomenti del BIM e del Facility Management composta da definizioni, riferimenti e brevi casi esplicativi. La seconda parte è costituita dalla relazione di caso studio riferito ad un'attività progettuale svolta durante il periodo di tirocinio curriculare del corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile. Per l'appunto viene inizialmente trattato il mondo della metodologia BIM con una prima precisazione sul relativo vocabolario composto da termini e da acronimi; segue poi una trattazione sugli obiettivi odierni di tale tecnologia e sulle ormai ben note dimensioni del BIM, illustrate con brevi esempi. Successivamente si ha il tema del Facility Management esposto con l'ausilio di definizioni tratte dalle normative di riferimento ed una breve analisi dell'importanza di tale disciplina e del cambio di punto di vista nei confronti delle infrastrutture. Viene poi illustrato il tema della manutenzione, con le relative tecniche ed approcci procedurali, oltre che i documenti necessari a corredo della progettazione di un'opera; in più viene chiarito l'equivoco piuttosto comune di considerare il FM come sinonimo della stessa. Concludono il primo capitolo due paragrafi sull'anagrafica tecnica e sulla parametrizzazione degli elementi all'interno dei modelli BIM. Il capitolo successivo viene introdotto da un resoconto dell'attività di tirocinio curriculare con

focus sulla progettazione definitiva del Nuovo Polo di Biologia dell'Università di Pisa. Da tale caso studio vengono poi estratti degli esempi di impiego di strategie mirate alla gestione del dato informativo in funzione dell'attività di progettazione dell'opera e di come esse possano facilitare l'attività di Facility Management futura. A conclusione dell'elaborato vi è una riflessione sulle tematiche esposte con l'analisi di possibili scenari futuri per la tecnologia BIM e per la disciplina del FM.

## Abstract



In the 2020s, Facility Management (FM) is an increasingly important discipline at the center of new debates on the management of real estate assets and related services, in relation to the activities of private individuals and companies. At the same time, it is possible to see how, thanks to the development of computer support and digital skills in the industry, professionals in the Architecture, Engineering & Construction (AEC) sector are becoming increasingly familiar with the Building Information Modeling (BIM) methodology that emerged at the beginning of the century. The natural consequence of this is a transposition of FM theories and strategies into digital information models developed specifically for infrastructure management. The purpose of this paper is to investigate and then justify the combination of BIM and FM through a series of references taken from literature and current regulations, also supported by an in-depth analysis of a case study conducted during the writing of the paper. The text is essentially divided into two parts: the first is a theoretical introduction to the topics of BIM and Facility Management composed of definitions, references, and brief explanatory cases. The second part is the case study report related to a design activity carried out during the curricular internship period of the master's degree in civil engineering. The world of the BIM methodology is initially addressed with a first clarification on the related vocabulary composed of terms and acronyms; this is followed by a discussion on the current objectives of this technology and the well-known dimensions of BIM, illustrated with brief examples. Subsequently, the topic of Facility Management is discussed with the help of definitions taken from relevant regulations and a brief analysis of the importance of this discipline and the change in perspective towards infrastructure. The maintenance topic is then illustrated, with the related techniques and procedural approaches, as well as the necessary documents for the design of a work; in addition, the rather common misunderstanding of considering FM as a synonym is clarified. The first chapter concludes with two paragraphs on technical data and parameterization of elements within BIM models. The next chapter is introduced with a report on the curricular internship activity focused on the final design of the New Biology Center of the University of Pisa. From this case study, examples are then extracted of the use of strategies aimed at managing

informative data in function of the design activity of the work and how they can facilitate future Facility Management activities. The paper concludes with a reflection on the issues presented, analyzing possible future scenarios for BIM technology and the FM discipline.

# 1. Il BIM per il Facility Management

## 1.1. L'universo del BIM

### 1.1.1. Definizioni, acronimi.

Il *Building Information Modelling* è una metodologia di rappresentazione, sviluppo, gestione e condivisione di dati informativi relativi ad un ambiente costruito. L'intero processo si fonda sulla definizione di un modello tridimensionale digitale che al suo interno viene arricchito da un bagaglio di indicazioni attinenti alle fasi di progettazione, costruzione e gestione di un'infrastruttura. Il punto di forza del BIM sta nella capacità di essere uno strumento aperto non solo a chi progetta ma anche a tutti gli stakeholders che partecipano ad un appalto di lavori su una struttura. Una delle norme di riferimento in ambito BIM è la UNI 11337:2017 che nella prima parte fornisce delle definizioni in merito a tale metodologia. Ad esempio, richiamando il concetto fondamentale di *dato*, esso viene definito dalla norma come "elemento conoscitivo intangibile, elementare, interpretabile all'interno di un processo di comunicazione attraverso regole e sintassi preventivamente condivise".<sup>1</sup> Il dato costituisce appunto la base di partenza o il punto di arrivo del processo, è il fine oltre che il mezzo che giustifica l'intera disciplina del BIM.

Il prodotto finale del processo non viene depositato come una copia statica di ciò che si vuole rappresentare, bensì è un elemento che ha una sua vita e può essere richiamato in qualsiasi momento sia per la semplice consultazione, sia per effettuare analisi o simulazioni. Idealmente si può immaginare un flusso di lavoro caratterizzato non da un percorso e da una direzione univoca, bensì va inteso come una rete di strade percorribili in più direzioni che possono portare contributi al modello o che da esso possono trarre informazioni. Difatti si può affermare che il BIM rappresenta il punto di convergenza di più discipline legate al settore delle costruzioni che, attraverso il supporto di un ambiente cloud che favorisce lo scambio di informazioni e di idee, è in grado di generare il gemello digitale di un'opera.

---

<sup>1</sup> *Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni – Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi*, UNI 11337-1:2017, Milano, Ente italiano di normazione, 2017.

Un tema fortemente legato al BIM è quello dell'*interoperabilità*, intesa come la capacità di un sistema di favorire un flusso bidirezionale di dati contenuti in un modello progettuale di base, tra più piattaforme costituite da software di modellazione o di calcolo. Nel BIM l'interoperabilità viene agevolata attraverso l'adozione di un formato di scambio standard compatibile con la maggior parte dei software in circolazione dediti al settore delle costruzioni. Si tratta per l'appunto dell'IFC, acronimo di Industry Foundation Classes, che nelle sue diverse declinazioni è in grado di trasferire dati informativi e geometrici con un'accuratezza tale da consentire ai vari soggetti coinvolti di utilizzare lo stesso modello di lavoro su più piattaforme senza perdere l'unicità del singolo dato scambiato. La normativa lo definisce come un *formato aperto* ossia un "formato di file basato su specifiche sintassi di dominio pubblico il cui utilizzo è aperto a tutti gli operatori senza specifiche condizioni d'uso"<sup>2</sup>. L'IFC si contrappone invece al concetto di *formato proprietario* in cui esso è "limitato a specifiche condizioni d'uso stabilite dal proprietario del formato"<sup>3</sup>.

Spesso in relazione al BIM viene utilizzata la dicitura *Digital Twin* identificando un alter ego vivente di un'infrastruttura che nasce come risultato del processo di digitalizzazione delle informazioni e prende vita attraverso la capacità di dialogare con gli interlocutori offrendo delle risposte che siano il più possibili corrispondenti alla realtà e non fine a sé stesse. Questo è permesso quando il modello BIM viene sostenuto da un adeguata rete di connessione che trae forza dalle tecnologie messe a disposizione dell'IoT (Internet of Things) ed evolve diventando un mezzo di raccolta e di gestione di dati in grado di migliorare le proprie prestazioni. In seguito, in questa prima parte dell'elaborato, si tratterà il tema dell'Industria 4.0 e di come la disponibilità di componenti software come sensori, rilevatori e simulatori sia in grado di dare vita propria a dei modelli BIM durante tutto il loro ciclo di vita, soprattutto in una fase gestionale dell'opera.

Facendo un passo indietro va precisato che con l'acronimo BIM, tuttavia, oltre alla metodologia appena descritta, è possibile intendere altri concetti sempre collegati tra di loro. Si può fare riferimento, ad esempio, al *Building Information Model* e quindi al

---

<sup>2</sup> Ibidem.

<sup>3</sup> Ibidem.

prodotto finale del suddetto processo, oppure al *Building Information Management*, ossia la gestione di tutte quelle operazioni che interessano un'opera attraverso la sua copia digitale. Oltre a questi esiste una galassia di acronimi che approfondiscono le modalità con cui è possibile definire un modello BIM accurato. Uno dei più importanti è il CDE che indica il *Common Data Environment* ossia quella piattaforma in ambiente digitale che è il luogo in cui avviene lo scambio e la condivisione dei dati, nella normativa italiana viene definito come AcDat (Ambiente di condivisione dati). Un altro acronimo molto diffuso è l'AIM, e riguarda l'*Asset Information Model* e quindi il modello informativo relativo alla gestione strategica di un asset che porta con sé tutte quelle informazioni sulle fasi di esercizio e manutenzione di un'infrastruttura, utili per agevolare le scelte strategiche da intraprendere durante la vita utile della stessa.

#### 1.1.2. La gestione informativa, LOD, LOG e LOI

La parte 5 della norma UNI 11337:2017 è incentrata sulla schematizzazione del flusso informativo che avviene nel settore delle costruzioni pubbliche tra committente, contraente ed affidatario. Viene per l'appunto sintetizzata la definizione dei requisiti per la determinazione del flusso di dati attraverso l'elaborazione di tre documenti fondamentali. Il primo di questi è il *Capitolato Informativo* (CI) che viene prodotto dalla stazione appaltante prima di dare il via a qualsiasi affidamento di lavori, servizi o forniture e contiene tutti i "requisiti di produzione, gestione (verifica, validazione, archiviazione ecc.) e trasmissione di dati, informazioni e contenuti informativi"<sup>4</sup> che devono essere rispettati da tutti i soggetti che concorreranno all'affidamento dell'appalto. In altre parole, il capitolato informativo riassume la richiesta del committente in termini di contenuti, esigenze e modalità attraverso una sezione tecnica dove vengono indicate le tecnologie sfruttate per la definizione del progetto, i sistemi di classificazione degli elementi presenti nel modello ed il livello di dettaglio richiesto per gli stessi, a questa segue una sezione gestionale in cui si indicano gli obiettivi e di conseguenza gli usi per i quali deve essere finalizzato il modello, oltre che i soggetti coinvolti in tale procedura e l'elenco degli elaborati prodotti con specificazione del formato di scambio utilizzato.

---

<sup>4</sup> *Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni – Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati*, UNI 11337-5:2017, Milano, Ente italiano di normazione, 2017.

Posto questo elemento a base di gara si procede alla fase successiva dove i possibili affidatari producono il secondo documento di questo processo denominato *offerta per la gestione informativa* (oGI) dove viene formulata una risposta alle esigenze della committenza contenute nel capitolato informativo. “L'offerta per la gestione formativa è liberamente redatta dal possibile affidatario in funzione della strutturazione ed articolazione del capitolato informativo del committente e in stretta correlazione con le richieste ed ai requisiti da questi esplicitati”<sup>5</sup>. In questo documento vengono infatti specificate le modalità di gestione del processo informativo. A questo punto il committente valuta le singole offerte e decide con quale soggetto procedere con l'aggiudicazione, in seguito alla quale viene prodotto il terzo ed ultimo documento di questo flusso.

Infatti, la normativa indica che “a valle dell'aggiudicazione, l'affidatario incaricato dell'intervento approfondisce, definendola nei dettagli e, se necessario, revisionandola (di comune accordo con il committente e fatti salvi i principi vincolanti d'offerta e di aggiudicazione), la propria offerta per la gestione informativa, emettendo il proprio *piano per la gestione informativa* (pGI)”<sup>6</sup>. Logicamente anche tale piano deve rispondere a pieno alle esigenze contenute nel capitolato informativo approfondendo anche i tempi e le modalità di verifica dello stesso documento.

Qualora tale corrispondenza venisse accertata da parte della stazione appaltante si può procedere con la fase esecutiva dell'appalto. Nella figura che segue è possibile visualizzare la schematizzazione appena esposta così come indicata alla norma UNI 11337-5:2017.

---

<sup>5</sup> Ibidem.

<sup>6</sup> Ibidem.

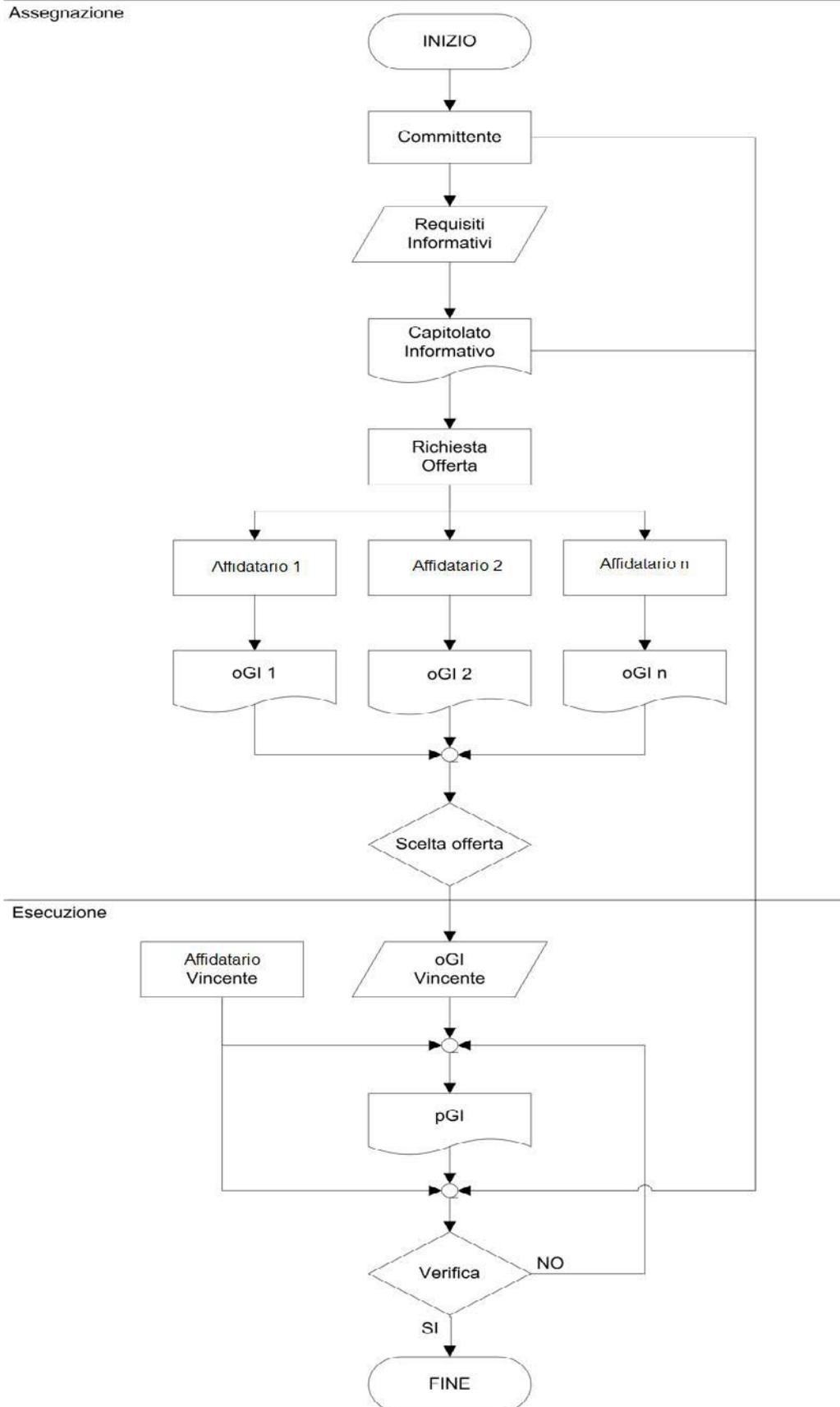


Figura 1 - Schema flusso di informativo - UNI 11337-5:2017 (biblius.acca.it)

Richiamando la trattazione del capitolato informativo, è stato precisato che esso debba contenere informazioni anche sul livello di dettaglio richiesto per gli elementi del modello. Tale concetto è di vitale rilevanza ai fini della produzione di un'offerta formativa adeguata. La norma UNI 11337-4:2017, in coerenza con le normative britanniche ed americane, definisce con l'acronimo LOD il *livello di sviluppo degli oggetti digitali* specificando come che esso "definisce quantità e qualità del loro contenuto informativo ed è funzionale al raggiungimento degli obiettivi delle fasi e stadi del processo e degli usi ed obiettivi del modello a cui si riferiscono"<sup>7</sup>. In altre parole, consiste nell'approfondimento dei dati e delle informazioni circa la rappresentazione geometrica e non geometrica con la quale viene qualificato un elemento all'interno di un modello BIM. La norma indica, infatti, come il LOD sia dato dalla somma di due componenti: il LOG, dall'inglese *Level of Geometry*, che consiste nel *livello di sviluppo degli attributi geometrici*, e dal LOI, *Level of Information*, e cioè il *livello di sviluppo degli attributi informativi*. Entrambi partecipano nella determinazione di un alter ego di un'entità esistente nella realtà, da collocare all'interno di un modello BIM.

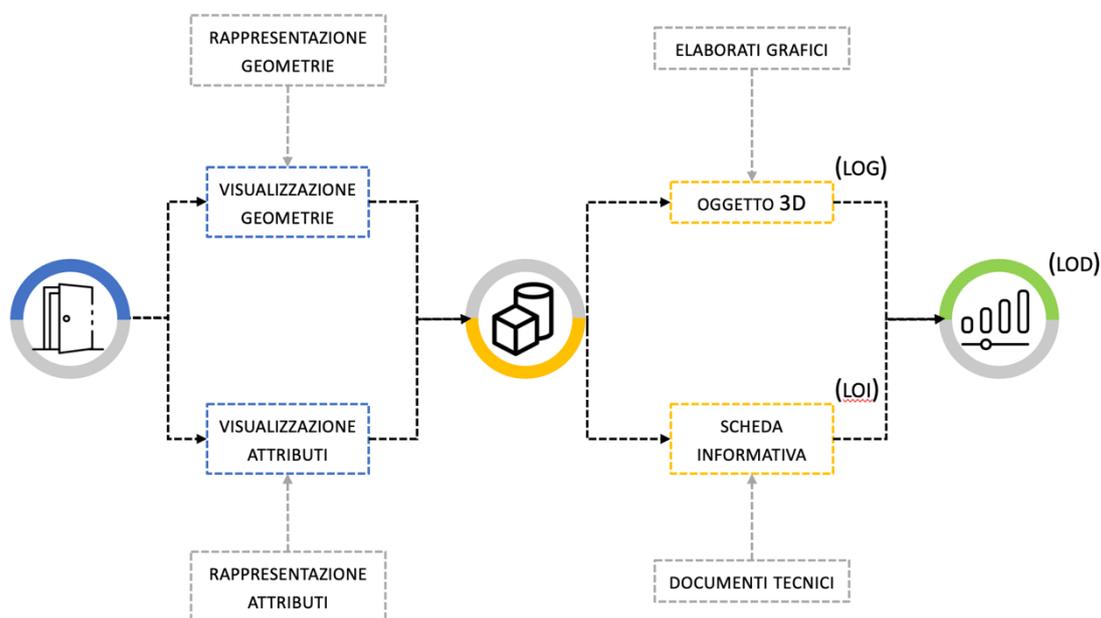


Figura 2 – Schema legame informativo tra entità di un'opera, oggetto digitale e livello di sviluppo (flaticon.com)

<sup>7</sup> Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni – Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti, UNI 11337-4:2017, Milano, Ente italiano di normazione, 2017.

Il capitolato informativo, dunque, contiene le indicazioni sui livelli di LOD e quindi di LOG e LOI richiesti, specificando i valori di sviluppo minimo necessario e le scale di riferimento. Queste ultime differiscono tra le varie normative nazionali ed internazionali; la norma UNI11337-4:2017, ad esempio, con riferimento a edifici ed interventi di nuova costruzione, riporta sette livelli di LOD distinti in base alle lettere dalla A alla G. Il primo livello, il LOD A, è una rappresentazione semplificata di un'entità, dal punto di vista della forma viene individuata da un sistema geometrico simbolico senza vincoli di particolare natura, così anche le informazioni ad essa legate sono per lo più indicative. Man mano che si procede con i livelli si aumenta il grado di dettaglio geometrico e l'approfondimento delle caratteristiche qualitative e quantitative. La scala di riferimento culmina con il LOD G a cui compete una "virtualizzazione aggiornata dello stato di fatto di un'entità in un tempo definito"<sup>8</sup>; le caratteristiche geometriche ed informative rappresentano uno specchio della configurazione attuale rispetto al ciclo di vita dell'opera.

Se ai primi livelli di LOD competono degli scopi rappresentativi e per lo più concettuali, procedendo lungo la scala si giunge ad un livello di dettaglio in termini tecnici e di sviluppo tali da essere funzionali a scopi di cantiere o gestionali.

Naturalmente la richiesta di un certo livello di LOD rispetto ad un altro dipende dagli obiettivi e dagli usi previsti per il modello BIM; l'aumento o la diminuzione di un grado della scala corrisponde ad uno sforzo in termini di modellazione, catalogazione del dato e computazione che varia in relazione alle dimensioni e all'importanza di un appalto. Da qui segue che la definizione di tali requisiti in un documento come il capitolato informativo è di fondamentale importanza al fine di giustificare scelte e strategie intraprese per la produzione di un modello BIM. Nella pagina seguente è contenuta una rappresentazione della scala di riferimento così come indicata dalla norma UNI 11337-4:2017.

---

<sup>8</sup> Ibidem.

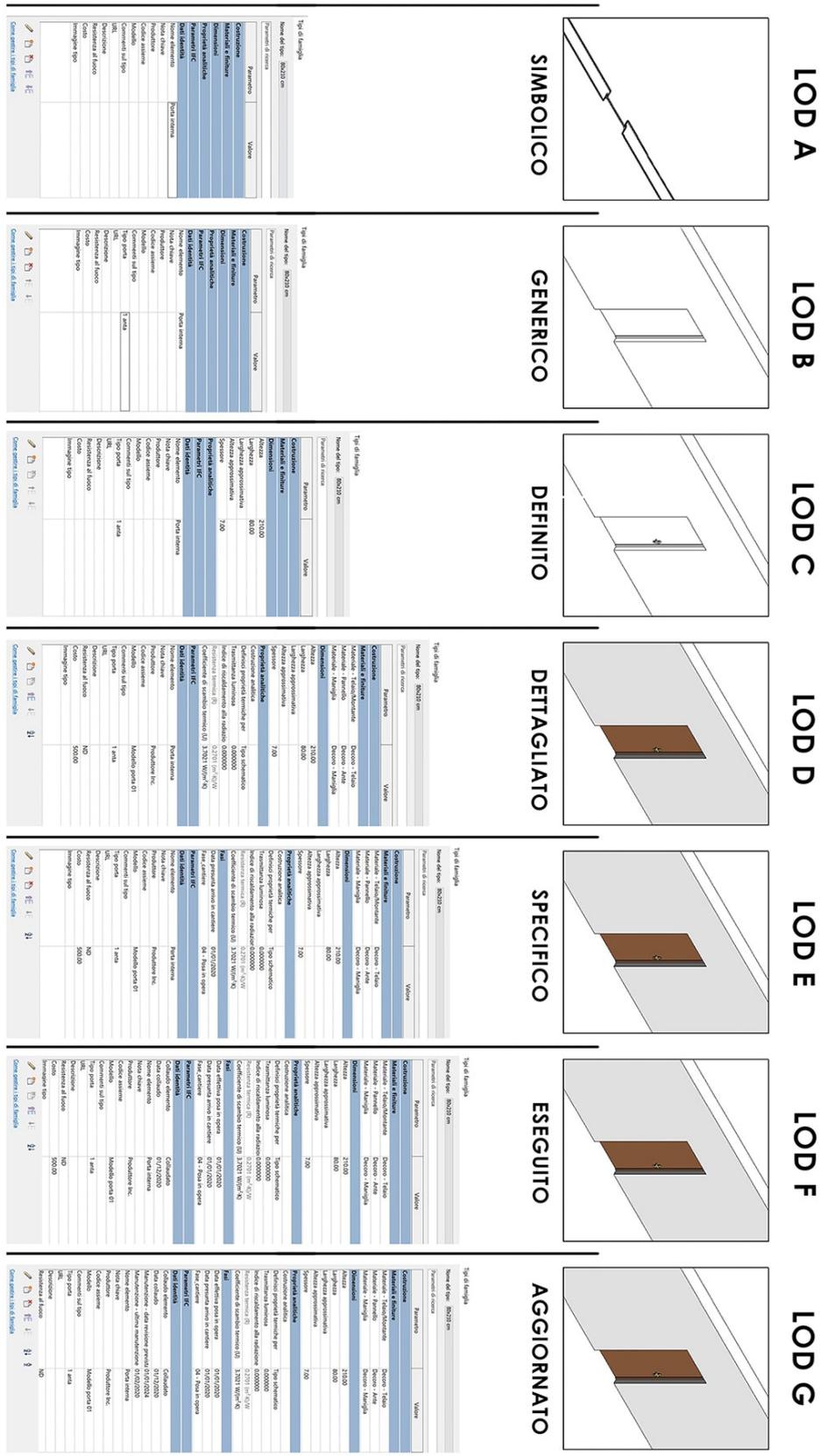


Figura 3 - Scala di riferimento LOD secondo la UNI 11337-4:2017 (4mgrou.com)

### 1.1.3. Le dimensioni del BIM

Rimarcando i concetti contenuti nella norma UNI 11337-1:2017 va sottolineato come vengano individuate e descritte sette “dimensioni” possibili del BIM, cioè ambiti in cui il modello viene messo a servizio di una determinata disciplina, collegata al mondo delle costruzioni, ognuna con la relativa sfera di competenza. Si tratta di una visione piuttosto organica dell’universo BIM da non considerare a compartimenti stagni: in esso infatti garantendo l’interdisciplinarietà, l’interoperabilità e la comunicazione costante tra le varie dimensioni è possibile restituire un prodotto che non solo rappresenti nei suoi dettagli il fabbricato oggetto di progettazione/gestione, ma anche sia utilizzabile per effettuare analisi e simulazioni in maniera rapida e precisa rimanendo nell’ambiente digitale. Tutto ciò realizzabile già in fase di progettazione preliminare. L’obiettivo ultimo del BIM è appunto la generazione di un vero e proprio gemello digitale (detto anche Digital twin).



Figura 4 - Dimensioni del BIM (biblus.acca.it)

A partire dalle prime tre dimensioni (3D – Geometria) associate alla semplice restituzione grafica di un'opera e dei suoi elementi funzionali nel piano e nello spazio, si procede con l'arricchimento del modello attraverso la parametrizzazione dei suoi elementi. Si tratta di un processo di assegnazione di proprietà univoche ad elementi digitali in maniera tale da veicolare una serie di informazioni che dipendono dall'obiettivo prefissato ad inizio progettazione. Ad ogni altra dimensione compete un ambito appartenente al settore dell'AEC (Architecture, Engineering & Construction).

Oltre alle tre grandezze spaziali, introducendo la variabile temporale (4D – Tempo), è possibile dare una visione più dinamica ad un processo informativo digitale; ad esempio, inserendo indicazioni sulla durata di lavorazioni e attività produttive relative ad elementi del modello è possibile eseguire analisi sull'evoluzione in corso d'opera del cantiere con la possibilità di effettuare valutazioni sul flusso di lavoro e testare eventuali modifiche anche in tempo reale. Nell'immagine sottostante viene illustrato un esempio di applicazione della strategia BIM 4D con l'assegnazione di un'informazione, in questo caso la durata della lavorazione, ad un'entità del modello, un elemento di fondazione.

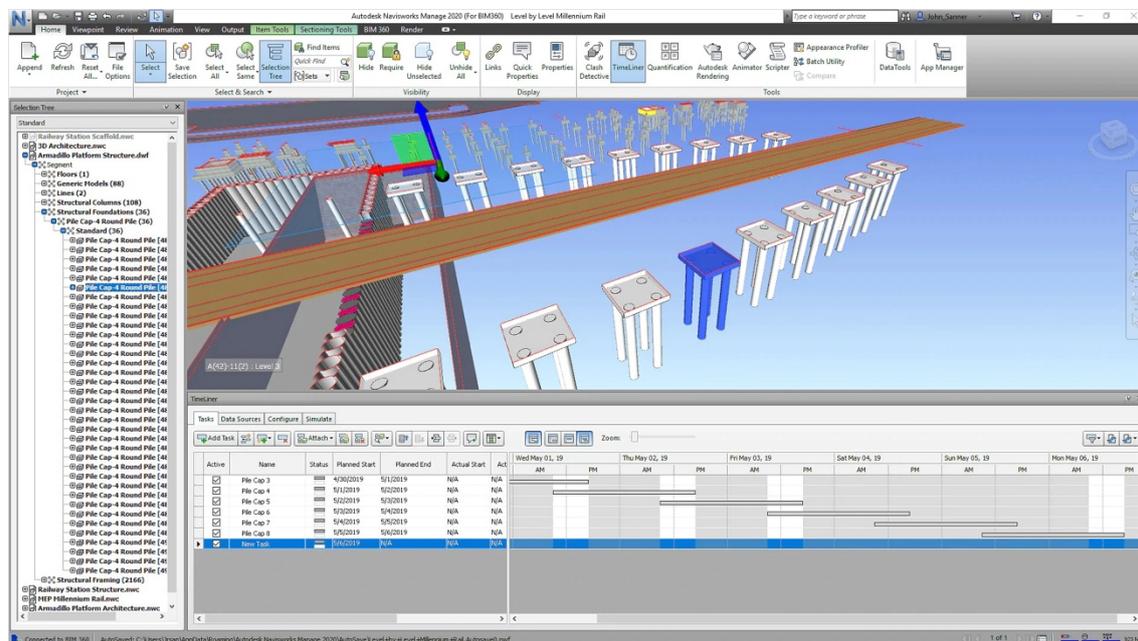


Figura 5 - Esempio di BIM 4D con Autodesk Navisworks (editeca.com)

Raccogliendo più informazioni sulle durate ed associando le stesse a tutti gli elementi del modello BIM è possibile redigere ad esempio un cronoprogramma dei lavori, che sia esso un diagramma di Gantt o Pert. Questo automatismo semplifica nettamente il processo di pianificazione delle lavorazioni, col vantaggio di poter individuare immediatamente eventuali vincoli e/o sovrapposizioni delle attività di cantiere.

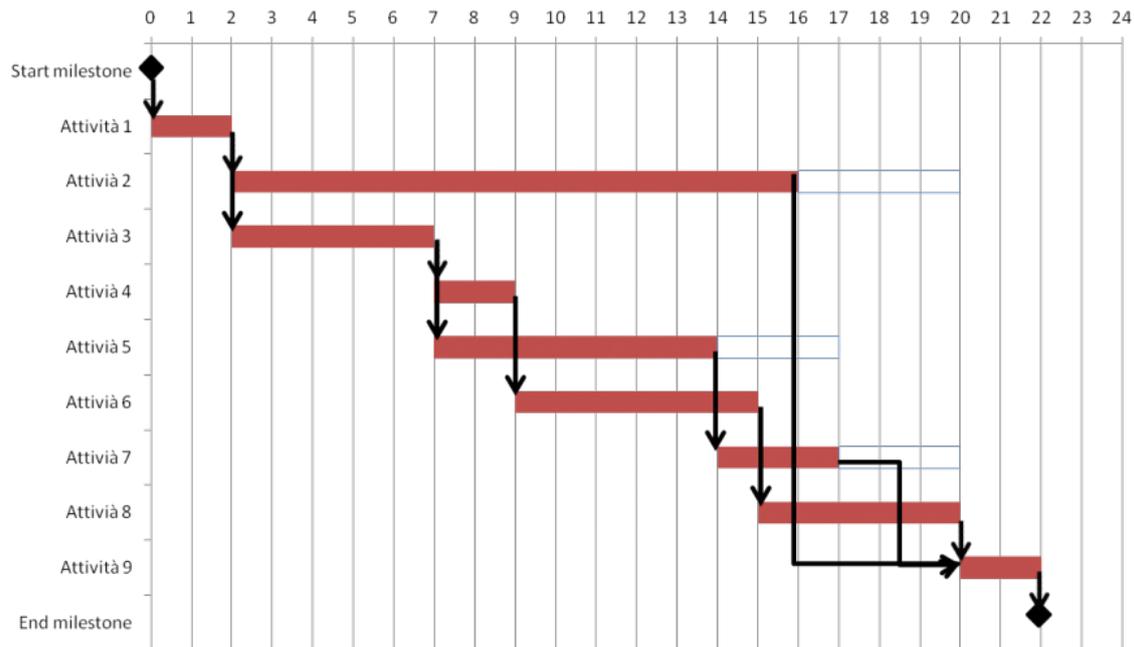


Figura 6 - Esempio di diagramma di Gantt (support.microsoft.com)

Dunque, per la gestione della commessa si acquisisce uno strumento che può essere reso visibile a più soggetti ed interscambiabile in vari formati attraverso un ambiente cloud o LAN. In generale una connessione tra le informazioni degli elementi del modello, in funzione della relativa durata di realizzazione, comporta un'agevolazione nelle attività di pianificazione operativa di un cantiere. Ciò va a vantaggio non solo di chi progetta ma anche di tutti gli stakeholders che partecipano al risultato finale, ognuno con i propri scopi e necessità, fermo restando la possibilità di monitorare lo stato di avanzamento in tempo reale o di prevedere eventuali criticità attraverso simulazioni del processo di costruzione.

La quinta dimensione è quella in cui si può ricavare una simulazione dell'opera o dei suoi elementi in funzione della moneta; pertanto, è la dimensione associata alla variabile costi (5D – Costi). In questa sfera di competenza si inseriscono le informazioni tratte dalle attività di computo dei costi di materiali e lavorazioni: da un'operazione classica ci si evolve verso dei modelli simulativi di supporto nella stima di possibili scenari ed impatti economici dell'attività produttiva (e.g. variazioni di quantità, materiali, attrezzatura e manodopera).

L'immagine successiva illustra un possibile impiego del BIM 5D per le attività di computo. L'esempio è tratto dal corso di BIM e Construction Management tenuto nell'anno accademico 2021/2022, facente parte del corso di laurea di Ingegneria Edile del Politecnico di Torino. In particolare, viene rappresentata una metodologia di lavoro che sfrutta l'interoperabilità tra software e dunque la migrazione di file attraverso formati di scambio compatibili. Andando più nel dettaglio, a partire dal software Revit della Autodesk, utilizzato per la modellazione di un edificio, tramite la conversione del file dal formato .rvt a .ifc è stato possibile trasferire le informazioni di progetto (dati testuali, dimensioni degli elementi, materiali, stratigrafie, ecc.) al software PrimusIFC della Acca, utilizzato in un secondo momento per il computo dei costi di costruzione dell'edificio stesso. Il tutto è stato attuato per mezzo dell'assegnazione di un parametro costo ad un elemento del modello che, in virtù delle relative proprietà geometriche e delle voci di un qualsiasi prezzo, ha decisamente semplificato il processo che porta al risultato di un computo metrico estimativo.

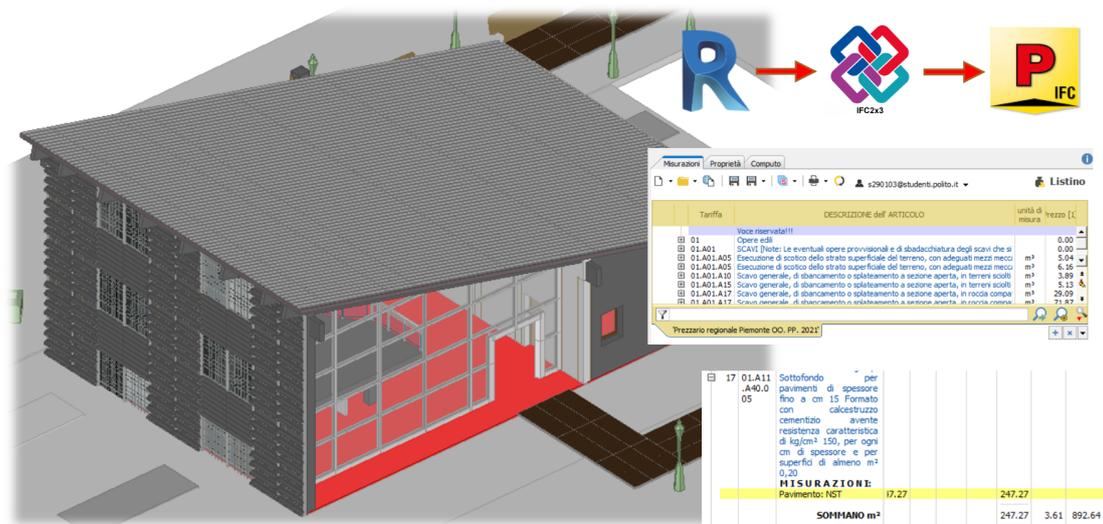


Figura 7 - Esempio di BIM 5D (corso di BIM e Construction Management – a.a. 2021/2022)

Giunti alla sesta ed alla settima dimensione del BIM ci si trova di fronte ad un'ambiguità nelle normative italiana ed europea, poiché si invertono le discipline da associare ad esse. Seguendo sempre la UNI 11337 si osserva come la sesta dimensione sia quella relativa alle simulazioni in funzione dell'uso, gestione, manutenzione ed eventuale dismissione dell'opera o di parte di essa. In altre parole, in questa dimensione si concretizza l'obiettivo del Facility Management (6D – Gestione) che verrà descritto successivamente. Ad esempio, si agisce con la verifica dello stato dei componenti e delle specifiche tecniche, oppure con mappatura degli interventi di manutenzione o le operazioni di monitoraggio, analisi e previsione sull'intero ciclo di vita delle strutture.

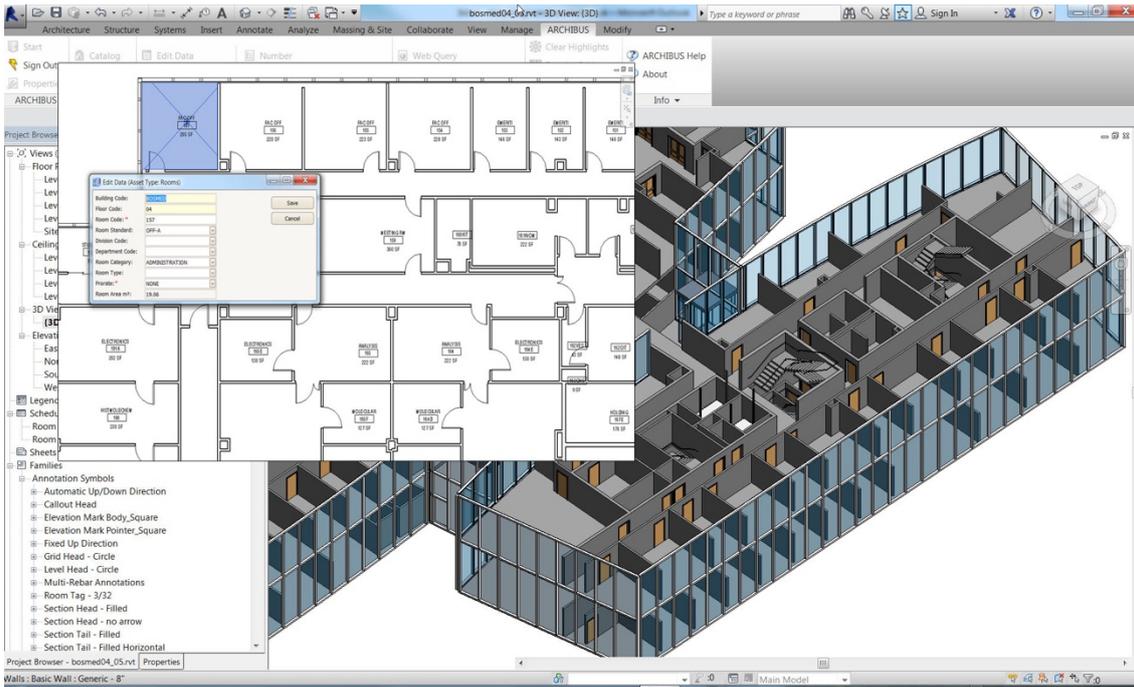


Figura 8 - Esempio di BIM 6D con Autodesk Revit ([bimportale.com](http://bimportale.com))

La figura precedente mostra un esempio di interrogazione del modello BIM attraverso la selezione dell'entità locale visibile in pianta, la risposta ottenuta contiene tutte le informazioni che sono state compilate attraverso i parametri degli oggetti, come la dotazione impiantistica, la tipologia di finiture o gli elementi strutturali presenti nel locale e altro ancora, tutto in relazione agli scopi prefissati all'inizio dell'attività di realizzazione e di arricchimento del modello digitale.

Come indicato in precedenza, la normativa italiana inverte la sesta e settima dimensione rispetto alle normative internazionali in cui il BIM 6D è associato alla sostenibilità mentre il BIM 7D al Facility Management.

La settima ed ultima dimensione è rivolta al tema della sostenibilità (7D – Sostenibilità): intesa in ambito economico, aziendale, energetico, ecc. In questo campo d'azione è possibile dotare il modello BIM di tutta una serie di informazioni tali da poter effettuare analisi e stime, a partire dalla fase di progetto, sulle prestazioni energetiche di un fabbricato e sulle dotazioni tecniche più idonee per garantire un risparmio energetico, e poi controlli sul benessere, igiene e salute degli utenti negli spazi progettati/costruiti. Il raggiungimento di uno standard di sostenibilità passa sicuramente attraverso

l'individuazione di una condizione di equilibrio stabile tra l'adempimento di requisiti economici, ambientali e sociali.<sup>9</sup>

Il BIM 7D è quello che solitamente viene sfruttato anche per eseguire valutazioni in merito al Life Cycle Assessment (LCA) di un sistema, ossia quantificare l'impatto ambientale delle opere civili durante l'intero ciclo di vita, dai sistemi di produttivi e di approvvigionamento dei materiali, alla posa in opera fino alla demolizione e possibile riciclo degli stessi. La norma italiana UNI EN ISO 14040:2021 definisce l'LCA come quel processo di "Compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita degli elementi in ingresso e in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali, di un sistema di prodotto", quest'ultimo inteso come qualsiasi bene o servizio.

Si tratta di un processo iterativo che può essere riassunto in quattro fasi in cui ognuna sfrutta i risultati delle altre. La prima fase è la determinazione dello scopo dell'indagine ed il campo d'applicazione della stessa, elementi fondamentali per capire la tipologia e la quantità di dati da raccogliere. Si procede poi con un'analisi dell'inventario (life cycle inventory analysis – LCI) ossia una fase di raccolta dei dati e di procedimenti di calcolo tali da quantificare gli input (materie prime, materiali ausiliari, ecc) e gli output (prodotti, rifiuti, ecc) riferiti all'intero processo produttivo. Segue poi una valutazione dell'impatto ambientale (life cycle impact assessment – LCIA) che prende i risultati dell'LCI ed associa ad essi delle categorie basate su indicatori di rischio ecologico. L'ultima fase è quella di interpretazione del ciclo di vita che fornisce risultati "in coerenza con l'obiettivo e il campo di applicazione definiti" con la finalità ultima di fare valutazioni e proporre soluzioni adatte per gli elementi oggetto d'analisi.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> *Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni – Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi*, UNI 11337-1:2017, Milano, Ente italiano di normazione, 2017.

<sup>10</sup> *Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Principi e quadro di riferimento*, UNI EN ISO 14040:2021, Milano, Ente italiano di normazione, 2021.

L'esempio nella figura sottostante è tratto da uno studio atto a confrontare delle alternative progettuali per un edificio residenziale attraverso analisi dell'LCA applicata a modelli BIM-based. Il flusso di lavoro presentato nello schema ha origine con la modellazione 3D delle varianti con i relativi bagagli informativi, si procede poi con la stima dei tempi, costi e di potenziali impatti ambientali attraverso software BIM-based. Gli output di tali stime confluiscono poi in un software per l'analisi LCA. L'ultimo passaggio consiste in un'elaborazione e confronto dei risultati ottenuti da cui poi verranno fatte valutazioni in merito allo scenario ottimale sulla base dei vincoli di contesto individuati all'inizio dell'attività progettuale.<sup>11</sup>

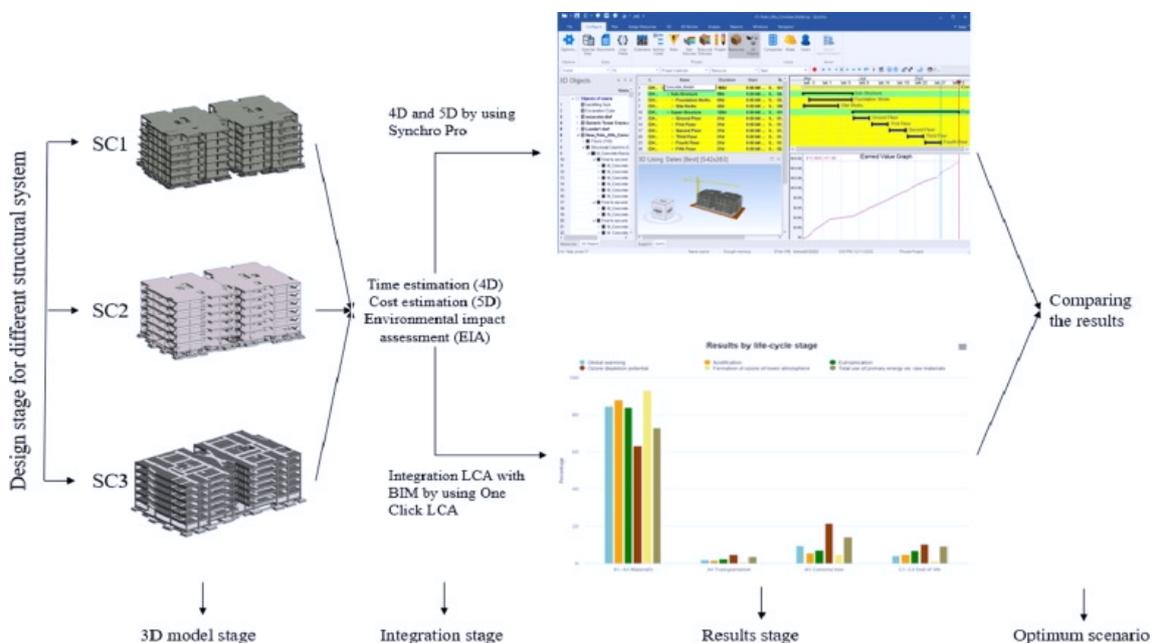


Figura 9 - Esempio di BIM 7D, workflow (sciencedirect.com - Dalia M.A. et al.)

<sup>11</sup> BIM-based life cycle assessment for different structural system scenarios of a residential building, Dalia M. A. Morsi et al., Ain Shams Engineering Journal, Volume 13, Issue 6, Il Cairo, Ain Shams University, 2022.

## 1.2. Il Facility Management

### 1.2.1. Definizioni della disciplina

La norma UNI EN ISO 41011:2018 definisce il Facility Management (FM) come quella “funzione organizzativa che integra persone, luoghi e processi nell'ambiente edificato con lo scopo di migliorare la qualità della vita delle persone e la produttività dell'attività principale”<sup>12</sup>. Il raggio d'azione di tale disciplina comprende l'insieme di edifici, impianti e servizi necessari per il funzionamento di un'organizzazione: in una parola le sue infrastrutture (*facilities*). Tra le attività che rispondono al FM vi è, ad esempio, il coordinamento di tutte quelle mansioni necessarie per mantenere un edificio funzionante e confortevole per i suoi occupanti. Si varia dalla semplice manutenzione di forniture e impianti all'organizzazione dei layout degli ambienti di lavoro, dalla gestione delle attrezzature di ufficio alla gestione dei movimenti di chi occupa l'edificio; il tutto con lo scopo di garantire, oltre che migliorare, gli standard di efficienza, produttività e sicurezza degli ambienti di lavoro. “L'FM è di importanza strategica in quanto essa supporta direttamente una strategia aziendale principale dell'organizzazione richiedente, consentendone di realizzare gli obiettivi e i piani attraverso la gestione di facility che siano sicure, affidabili, efficienti, efficaci in termini di costi e sostenibili”<sup>13</sup>.

Un'ulteriore definizione viene fornita dall'International Facility Management Association (IFMA) che definisce questa disciplina come quella che “coordina lo spazio fisico di lavoro con le risorse umane e l'attività propria dell'azienda. Integra i principi della gestione economica e finanziaria d'azienda, dell'architettura e delle scienze comportamentali e ingegneristiche”.<sup>14</sup> Viene dunque precisato come il Facility Management si avvalga del contributo di più materie per una gestione a 360° delle infrastrutture aziendali; in altre parole, si configura quello che viene definito come un *approccio integrato*.

---

<sup>12</sup> *Facility Management – Vocabolario*, UNI EN ISO 41011:2018, Milano, Ente italiano di normazione, 2018.

<sup>13</sup> *Facility Management – Sviluppo della strategia per il facility management*, UNI EN ISO 41014:2020, Milano, Ente italiano di normazione, 2020.

<sup>14</sup> *Cos'è il Facility Management*, IFMA Italia Chapter, [http://www.ifma.it/index.php?pagina=articolo.php&id\\_articolo=25&var\\_id\\_menu=68&nodata](http://www.ifma.it/index.php?pagina=articolo.php&id_articolo=25&var_id_menu=68&nodata)

In letteratura si fa riferimento a tre componenti fondamentali per riassumere tale tipologia di approccio: una strategica, una analitica ed una gestionale-operativa. La prima componente viene indicata per inglobare tutte quelle attività decisionali necessarie per definire una strategia per la determinazione e la gestione delle risorse da impiegare per il supporto dell'attività aziendale (es. budget da destinare, costi da ripartire, fornitori da individuare, ecc.). La seconda componente, quella analitica, riguarda invece l'azione di controllo dei risultati della gestione dei servizi erogati, fondamentale per far sì che le tecniche del Facility Management possano essere messe in atto. L'ultima componente, quella gestionale-operativa, corrisponde appunto al coordinamento dell'insieme dei servizi aziendali con le metodologie previste dalle componenti precedenti.

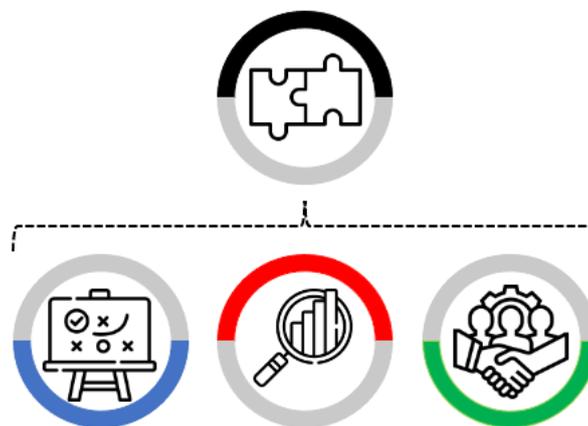


Figura 10 - Approccio integrato del Facility Management (flaticon.com)

### 1.2.2. Le facilities

Soffermandosi sul tema delle infrastrutture, è necessario precisare che con il termine facilities si individuano tutti quei fattori, concreti e no, che sono fondamentali per dare sostegno all'attività aziendale, in maniera tale da garantirla e migliorarne le prestazioni. Il compito del Facility Management è quello di impiegare tecniche di pianificazione strategica, implementazione e verifica, tramite le quali tali facilities possano inizialmente essere individuate, studiate, analizzate e quindi erogate (nel caso dei servizi) nel migliore dei modi con l'obiettivo di mantenere un determinato standard di qualità che favorisca la produttività aziendale. Richiamando la componente gestionale-operativa menzionata precedentemente è possibile individuare tre categorie di servizi attraverso i quali si compiono i principi del Facility Management. Difatti è possibile discutere di servizi

all'edificio, servizi agli spazi e servizi alle persone. Ad ognuno di essi è associato un set di informazioni necessarie.

Con *servizi all'edificio* s'intendono le attività manutentive necessarie in un ambiente edificato con riferimento al relativo involucro, nonché a strutture ed impianti. Tali servizi sono di ovvia importanza dato che è proprio all'interno di un edificio che si concretizza la produttività di un'azienda. Le informazioni necessarie ad esempio comprendono l'anagrafica immobiliare, le schede dei materiali, i manuali e i piani di manutenzione, ecc.

I *servizi agli spazi* sono riferiti in maniera più diretta agli ambienti di lavoro; si tratta della gestione dei layout intesi come supporti utili per la socializzazione, comunicazione e condivisione di conoscenze all'interno di un'azienda. Sono necessarie tutte quelle informazioni desumibili dall'anagrafica dei locali, con relative destinazioni d'uso oltre che informazioni sulle postazioni di lavoro (elementi d'arredo, finiture locali, utilities, ecc.)

Per ultimi si hanno i *servizi alle persone* ossia tutte quelle attività utili per il mantenimento di un determinato standard di qualità percepito dagli operatori stessi. L'obiettivo ultimo è l'incremento della produttività nonché del benessere e della fidelizzazione dei lavoratori. Per ottenere ciò serve raccogliere dati, ad esempio, sulle capienze e gli indici di occupazione degli spazi, sulla gestione amministrativa dei cespiti o delle utilities.

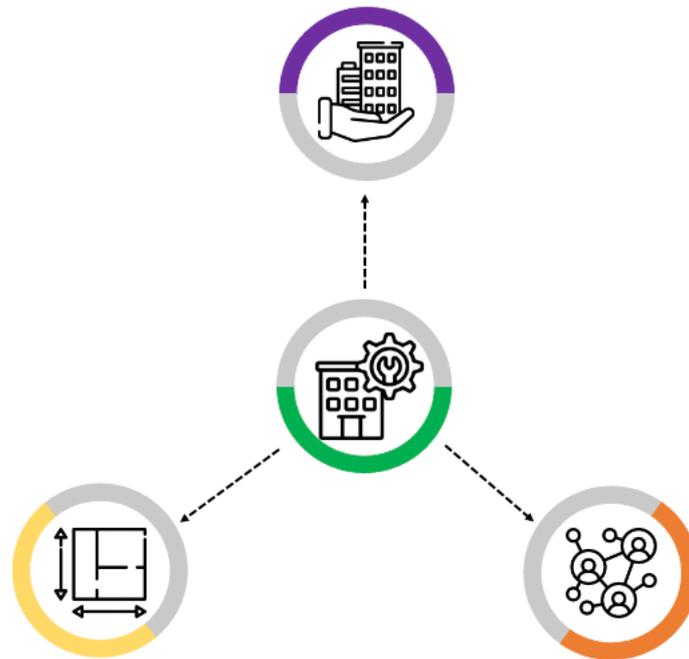


Figura 11 - Servizi all'edificio, agli spazi e alle persone (flaticon.com)

Il punto focale per comprendere a pieno questa disciplina è il cambio di punto di vista necessario nei confronti dell'infrastruttura in sé. Tradizionalmente essa viene vista come fine ultimo di un processo lungo e complesso come la progettazione nelle sue varie fasi; tuttavia, con il Facility Management essa diventa un vero e proprio strumento per facilitare la gestione aziendale. Analizzando poi il tema da un punto di vista temporale, spesso l'azione dell'FM viene impiegata maggiormente dopo le attività di pianificazione e realizzazione di un qualsiasi edificio o costruzione. Tale concetto trova maggior rilievo analizzando, ad esempio, la vita utile di un bene immobile; infatti, le fasi di progettazione e di costruzione interessano un lasso di tempo sicuramente limitato se messo a confronto con il periodo in cui esso stesso deve essere gestito e mantenuto nelle sue piene funzioni a fronte di una spesa sostenibile

L'azione del Facility Management, intensa con la gestione degli ambienti edificati, si compie con il raggiungimento di livelli ottimali di determinate caratteristiche necessarie per le infrastrutture aziendali. La prima di esse è sicuramente la *fruibilità* di un ambiente edificato, ossia la garanzia che esso mantenga degli standard di comfort e sicurezza affinché risulti accessibile per gli utenti che nello stesso transitano o lavorano. Per ottenere una fruibilità regolare è certamente necessario eseguire tutte quelle procedure di manutenzione atte a preservare gli spazi nelle stesse condizioni previste durante la

progettazione, oltre che eliminare ogni possibile fonte di disturbo all'attività lavorativa principale.

Da questa caratteristica dipende, poi, l'*efficienza* di un'infrastruttura, intesa come il miglior risultato possibile della capacità produttiva di un processo che nella stessa si svolge. Essa rappresenta probabilmente la caratteristica fondamentale per un'attività economica ed è perseguibile solo attraverso un'ottimizzazione di tutti quegli elementi che contribuiscono al prodotto finale.

Sicuramente poi si ha la *sostenibilità*, di certo non seconda per livello d'importanza. Questa è intesa secondo vari aspetti ma principalmente in termini economici ed ambientali. Il raggiungimento di uno status di "processo sostenibile" può essere conseguito ad esempio riducendo al minimo gli sprechi nella gestione del patrimonio aziendale e quindi attraverso un'attenta analisi e pianificazione di ogni entrata ed uscita (economica e materiale) oltre che di ogni possibile processo potenzialmente dannoso per l'ambiente.

Altro tema fondamentale viene individuato dalla caratteristica della *resilienza* che è esprimibile come la capacità di un sistema di rispondere a dei cambiamenti, potenzialmente dannosi, in maniera flessibile senza però compromettere la sua funzionalità principale. Questa caratteristica è diventata oggi necessaria per far fronte ai continui stravolgimenti economici ed ambientali a cui si sta assistendo negli ultimi anni. Solo attraverso una pianificazione che sia il più possibile incline ad accogliere variazioni in corso d'opera si può pensare di raggiungere tale obiettivo. Difatti, per rispondere al meglio alle possibili minacce future è necessaria un'attenta valutazione dei rischi cui può essere soggetta un'infrastruttura durante la sua vita utile, in maniera tale da poter dimensionare la risposta della stessa e, appunto, la relativa predisposizione all'adattamento a nuove possibili condizioni d'esercizio.



Figura 12 - Fruibilità, efficienza, sostenibilità e resilienza (flaticon.com)

### 1.2.3. Agenda 2030: sviluppo sostenibile

Nei paragrafi precedenti è stato ribadito più volte che la sostenibilità è uno dei temi principali legati alla disciplina del Facility Management. Negli ultimi anni tale concetto è diventato via via sempre più centrale all'interno dei dibattiti internazionali, tanto che nel settembre del 2015 si è giunti ad un punto di svolta, ossia quando i governi di 193 nazioni, membri dell'Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU), hanno sottoscritto l'Agenda 2030. Si tratta di un programma di sviluppo comune basato su 17 obiettivi da perseguire per la sostenibilità dell'azione umana nei confronti della vita del pianeta in cui essa stessa si svolge.



Figura 13 - Agenda 2030, obiettivi per lo sviluppo sostenibile (unric.org)

Tra essi vi sono obiettivi che mirano all'adozione sempre più diffusa di fonti di energia rinnovabile oppure al raggiungimento di livelli di consumi e produzione responsabili, oltre che un impegno per la lotta contro il cambiamento climatico o per la difesa degli ecosistemi marini. In generale questi obiettivi riguardano vari aspetti della vita e dell'economia delle nazioni del mondo, si va dai primi che individuano la necessità di porre fine a povertà e fame nel mondo o di assicurare salute e benessere per ogni essere umano, fino agli ultimi che invitano la comunità internazionale alla pace ed alla cooperazione.

Tuttavia, nel dettaglio di questo elaborato, è possibile fare riferimento a due obiettivi tra tutti: *l'obiettivo 9*, che corrisponde alla realizzazione di un'infrastruttura resiliente, alla promozione dell'innovazione e di un'industrializzazione equa, responsabile e sostenibile, oltre che *all'obiettivo 11*, dedicato all'inclusività, sicurezza, durabilità e sostenibilità delle città e degli insediamenti umani.

Il primo dei due, ad esempio, punta a “migliorare entro il 2030 le infrastrutture e riconfigurare in modo sostenibile le industrie, aumentando l'efficienza nell'utilizzo delle risorse e adottando tecnologie e processi industriali più puliti e sani per l'ambiente, facendo sì che tutti gli stati si mettano in azione nel rispetto delle loro rispettive capacità”<sup>15</sup>. Tale obiettivo è perseguibile solo attraverso un attento studio e gestione dei processi produttivi di un'industria, analizzando le risorse impiegate, in termini di materiali e forza lavoro, e i beni prodotti. Le politiche di Facility Management citate nei paragrafi precedenti non possono far altro che agevolare questo potenziamento dell'industria all'interno di una nazione, poiché un'attenta pianificazione e programmazione della stessa nei termini di fruibilità, efficienza e sostenibilità, può portare al raggiungimento di tale obiettivo.

---

<sup>15</sup> *Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile*, Risoluzione adottata dall'Assemblea Generale il 25 settembre 2015, A/RES/70/1, Assemblea Generale, Organizzazione delle Nazioni Unite, 2015.

## 1.3. La manutenzione

### 1.3.1. Definizioni

Con il termine *manutenzione* si identificano una serie di strategie ed azioni atte a preservare le condizioni di funzionalità e conservazione di un bene o di parte di esso. Uno dei riferimenti normativi da considerare in materia è la norma UNI EN 13306:2018 che definisce la stessa come quella “combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative e gestionali, durante il ciclo di vita di un’entità, destinate a mantenerla o riportarla in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta”<sup>16</sup>. Questa disciplina è una parte fondamentale della gestione del patrimonio di un’azienda, è necessaria per il mantenimento dei livelli di funzionalità ed operatività degli asset immobiliari. Riguarda strutture, finiture, attrezzature ed impianti relativi agli ambienti costruiti, facenti parte dell’attività produttiva. La gestione ottimale delle attività di manutenzione passa necessariamente attraverso un’attenta opera di rilievo, catalogazione, analisi e gestione di ogni elemento e dei suoi dettagli costruttivi e funzionali. Un’assenza di pianificazione può esporre un’azienda a dei rischi in termini economici e produttivi non indifferenti. Ogni intervento di manutenzione ha un costo che può variare sulla base della corposità dello stesso e sulla presenza di vincoli legati ai processi produttivi; infatti, un blocco delle funzionalità di un elemento può scaturire nell’interruzione delle attività di un’azienda ed avere delle ricadute importanti sul bilancio della stessa.

La norma UNI EN 13306:2018 introduce delle grandezze fondamentali atte a caratterizzare in maniera dettagliata i vari tipi di manutenzione. Inizialmente viene precisato l’oggetto delle attività manutentive detto *entità*, definita come “parte, componente, dispositivo, sottosistema, unità funzionale, attrezzatura o sistema che possa essere descritto e considerato individualmente”<sup>17</sup>. Viene definita in seguito la *manutenibilità* e cioè “l’attitudine di un’entità, in certe condizioni d’utilizzo, ad essere mantenuta o ripristinata in uno stato in cui essa possa eseguire la funzione richiesta, quando la manutenzione è effettuata in date condizioni e sono adottate le procedure e le risorse prescritte”<sup>18</sup>.

---

<sup>16</sup> *Manutenzione – Terminologia di manutenzione*, UNI EN 13306:2018, Milano, Ente Italiano di Normazione, 2018.

<sup>17</sup> *Ibidem*.

<sup>18</sup> *Ibidem*.

### 1.3.2. Strategie e tipologie manutentive

La normativa introduce e descrive vari tipi di manutenzione che differiscono tra loro in base alla strategia da attuare, al lasso di tempo in cui si interviene ed alle modalità dell'intervento stesso. Per questo motivo vengono distinte due principali tipologie di manutenzione da cui poi ne derivano altre. Si parla ad esempio di *manutenzione ordinaria* quando si indica una serie di interventi manutentivi eseguiti con una certa frequenza, anche regolare, durante l'intero ciclo di vita di un oggetto/bene; tali interventi solitamente coincidono con azioni non invasive poiché non prevedono sostituzione o ripristino di parti o di componenti. Lo scopo di questa strategia è quello di evitare il deterioramento di attrezzature, impianti o strutture, oltre che garantirne il corretto funzionamento. La manutenzione ordinaria è quindi un'attività che può essere programmata o meno ma che si ripete nel tempo con una certa frequenza; l'obiettivo è quello di preservare un bene ritardando il più possibile l'insorgenza di guasti dovuti all'usura che si manifesta in maniera naturale nel tempo.

Diversamente da questa tipologia si parla *manutenzione straordinaria* ogni qualvolta si vengono messi in atto degli interventi nel tempo che per frequenza e per corposità degli stessi richiedono sostituzioni o integrazioni tecnologiche necessarie quando la funzionalità di un oggetto è compromessa o è richiesto un aggiornamento secondo nuove esigenze. Si tratta di una pratica che in virtù della sua singolarità solitamente ha un peso economico rilevante in un bilancio aziendale. La manutenzione straordinaria è fortemente legata all'*obsolescenza* di un componente, caratteristica definita dalla norma UNI EN 13306:2018 come quella "impossibilità di un'entità di essere sottoposta a manutenzione a causa della indisponibilità sul mercato delle risorse necessarie a condizioni tecniche e/o economiche accettabili"<sup>19</sup>. In altre parole, quando è richiesto un intervento straordinario su un elemento degradato risulta naturale fare un bilancio sui costi di tale azione in rapporto alla possibilità di sostituire interamente l'elemento stesso; quando tale bilancio pende a favore della seconda opzione si ricade nel caso dell'obsolescenza. Com'è logico pensare una tipologia di manutenzione non esclude l'altra, infatti, se in un ambiente di lavoro si procede, ad esempio, con interventi periodici di tinteggiatura delle

---

<sup>19</sup> Ibidem.

pareti o pulizia delle vetrate di facciate continue, entrambi riconducibili a manutenzione ordinaria, allo stesso tempo può essere richiesto, in via del tutto straordinaria, di sostituire un elemento impiantistico che necessita di un aggiornamento poiché obsoleto.

La normativa introduce ulteriori termini per caratterizzare le varie strategie manutentive. Viene definita la *fidatezza* di un'entità come quella "attitudine a funzionare come e quando richiesto"<sup>20</sup>, differente dall'*affidabilità* di un oggetto che invece riguarda lo svolgimento "di una funzione richiesta in date condizioni durante un intervallo di tempo stabilito"<sup>21</sup>. Il *degrado* è descritto come quel "cambiamento pregiudizievole nella condizione fisica, dovuto al passare del tempo, al tempo di utilizzo o a una causa esterna. Il degrado ovviamente viene indicato come una delle cause che possono portare ad un *guasto* definito come quell'evento che causa una "perdita dell'attitudine di un elemento ad eseguire una funzione richiesta"<sup>22</sup>.

Giunti a questo punto è necessario precisare che ridurre le attività di manutenzione a due sole famiglie risulta sicuramente limitativo a fronte della vastità di strategie esistenti ed applicabili. Fatta eccezione per la manutenzione straordinaria che di per sé può avere una sola strategia *migliorativa*, che nel tempo si manifesta solo in casi eccezionali, è proprio la manutenzione ordinaria a presentare varie forme e tipologie sulla base di caratteristiche dell'entità o dell'intervento.

La normativa dà notevole rilevanza concetto del *guasto* sulla base dei possibili danni che può causare all'attività produttiva; se un'azione manutentiva viene eseguita prima che si manifesti un guasto in un elemento si parlerà di *manutenzione preventiva*, viceversa di *manutenzione correttiva* (o a guasto). La prima ha lo scopo di valutare e ridurre il degrado nonché la probabilità che si manifesti un guasto e si mette in atto nel lasso temporale antecedente allo stesso; la seconda invece si applica in seguito all'identificazione del guasto ed è volta principalmente a ripristinare la funzionalità originaria di un'entità.

---

<sup>20</sup> Ibidem.

<sup>21</sup> Ibidem.

<sup>22</sup> Ibidem.

La manutenzione correttiva, sebbene presupponga l'insorgenza di un guasto, può essere eseguita *d'urgenza* o in *differita*. La discriminante in questo caso è costituita dalla presenza di determinate regole che definiscono l'urgenza o meno dell'intervento. In generale la manutenzione a guasto va eseguita ogni qualvolta vi sia il rischio di un peggioramento delle condizioni di esercizio che possano portare a conseguenze gravi.

La manutenzione preventiva a sua volta viene suddivisa dalla normativa in due tipologie in base all'osservazione del degrado di un elemento. Quando un intervento viene effettuato a prescindere dalla stessa si rientra nel caso della *manutenzione ciclica*. Questa è caratterizzata da azioni eseguite con cadenza regolare e viene adottata secondo intervalli di tempo prestabiliti in funzione di uno studio dei meccanismi di guasto di un elemento o dei tempi di insorgenza del degrado. Difatti conoscendo in maniera dettagliata le caratteristiche di un'entità in relazione ai materiali costitutivi, ai sistemi e alle funzionalità intrinseche è possibile prevedere ed anticipare l'avvento di un guasto; ciò risulta fondamentale per ridurre al minimo le interruzioni della regolare attività produttiva di un'azienda oltre che le interferenze degli interventi di manutenzione con la stessa.

La tipologia di manutenzione che adotta una strategia opposta è la *manutenzione secondo condizione* che appunto si basa sull'osservazione del degrado di un elemento, per sua stessa definizione, infatti, include "la valutazione delle condizioni fisiche, l'analisi e le possibili azioni di manutenzione conseguenti"<sup>23</sup>. Queste azioni preliminari possono essere eseguite secondo diverse procedure come la semplice osservazione diretta del degrado, da parte di un operatore, l'ispezione o il collaudo di un elemento. La manutenzione secondo condizione viene in generale eseguita in seguito all'attività di monitoraggio di determinati parametri di sistema (es. ore di funzionamento) in virtù dei quali, raggiunto un valore limite stabilito, aumenta la possibilità di guasto, condizione per la quale viene messo in atto un intervento conservativo.

Dalla manutenzione secondo condizione discende quella che è attualmente una delle strategie migliori in termini di tempi di riconoscimento del degrado/guasto e, di conseguenza, di riduzione dei tempi di risposta del sistema. Per l'appunto la norma UNI EN

---

<sup>23</sup> ibidem

13306:2018 introduce la tipologia di *manutenzione predittiva* come quell'attività non programmata che viene messa in atto "in seguito a una previsione derivata dall'analisi ripetuta o da caratteristiche note e dalla valutazione dei parametri significativi afferenti il degrado dell'entità"<sup>24</sup>. In altre parole, è quella strategia manutentiva per la quale vengono impiegate dei sistemi tecnologici destinati al monitoraggio in tempo reale dello stato di funzionamento di un elemento. Oltre al monitoraggio, i sistemi impiegabili sono in grado di prevedere in anticipo eventuali anomalie per evitare di incorrere in interruzioni di operatività attraverso dei programmi di calcolo. Tali sistemi, ultimamente, possono essere costituiti anche da elementi software e hardware che rispondono alla disciplina dell'*Internet of Things (IOT)* – letteralmente "Internet delle Cose" – ossia quei mezzi che sfruttano la connettività web e l'accessibilità di ambienti cloud per stabilire uno scambio continuo di dati ed informazioni. Questi ultimi possono essere a loro volta processati per dare vita a previsioni sulla manifestazione di degrado o guasto nonché simulazioni di scenari di risposta del sistema a situazioni di rischio o ad interventi invasivi.

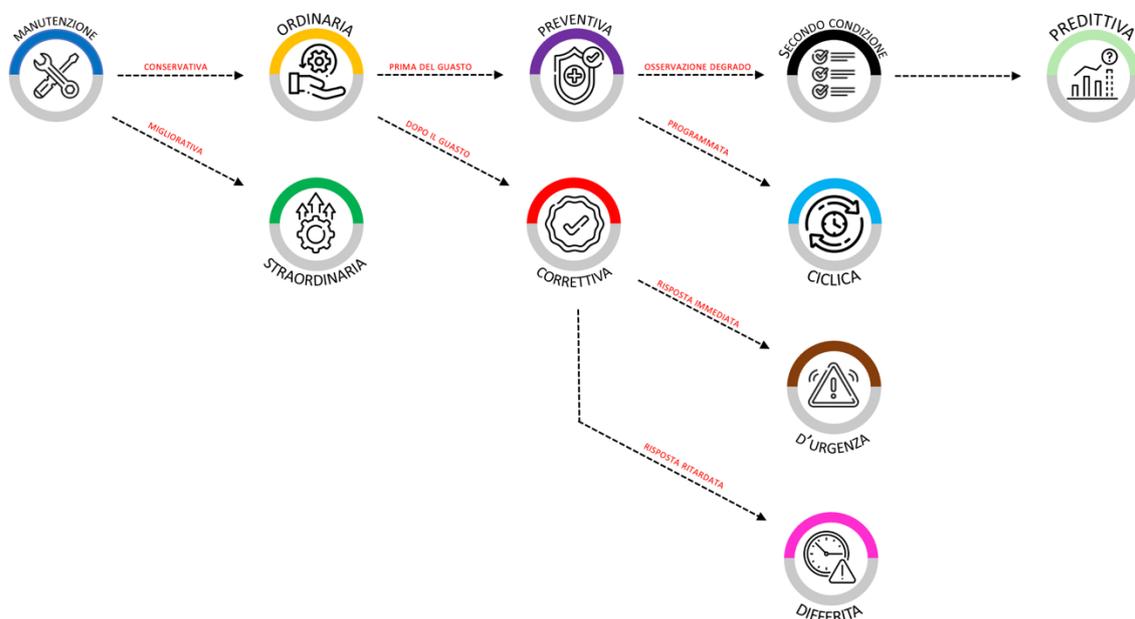


Figura 14 - Schema concettuale sui tipi di manutenzione (flaticon.com)

<sup>24</sup> Ibidem.

La manutenzione predittiva è quella strategia che più di ogni altre si sposa con il tema dell'*Industria 4.0*, ossia una delle ultime rivoluzioni industriali. A partire dalla seconda metà dell'Ottocento con l'introduzione della macchina a vapore e della meccanizzazione dei processi produttivi, nel corso della storia si sono verificate altre rivoluzioni in funzione dell'impiego di tecnologie innovative che hanno cambiato i paradigmi dei processi industriali. Tali tecnologie hanno portato all'adozione dell'elettricità e della produzione di massa, fino all'avvento dei sistemi di telecomunicazioni e di automazione, non dimenticando gli apporti dell'informatica moderna al settore. L'Industria 4.0 s'inserisce proprio in quest'ultima fase grazie alla digitalizzazione della produzione ed alla connessione dei dispositivi tramite le tecniche dell'IoT; il successivo impiego delle potenzialità dell'intelligenza artificiale, del Machine Learning e dei Big Data ha permesso di creare sistemi di analisi e controllo dell'industria in grado di produrre automaticamente previsioni, studi e simulazioni.

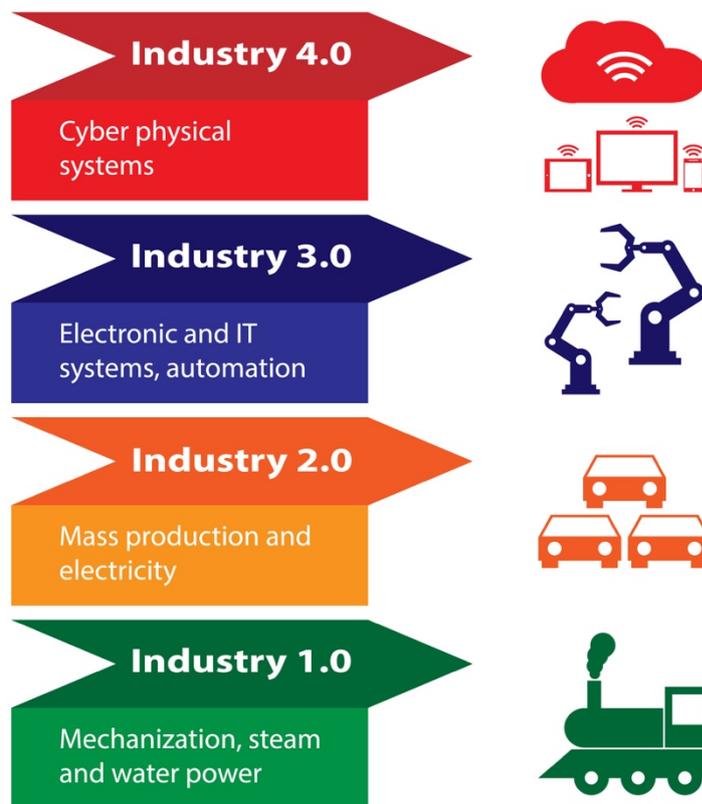


Figura 15 - Evoluzione dell'industria da 1.0 a 4.0 (universeit.blog)

### 1.3.3. La manutenzione e il Facility Management

Introdotta la manutenzione e le relative tipologie va segnalato come spesso tale disciplina sia confusa e sovrapposta al Facility Management, in funzione delle competenze, degli scopi e delle azioni da svolgere. Risulta dunque doveroso chiarire l'equivoco che sta alla base di tale errore.

L'attività manutentiva è incentrata sulla garanzia dei livelli di funzionalità richiesti per gli elementi che compongono un ambiente costruito (es. strutture, finiture, impianti, elementi d'arredo, ecc.); tale scopo viene perseguito secondo diverse strategie che includono o meno il monitoraggio delle opere e la programmazione degli interventi. Il Facility Management, invece, è focalizzato sulla gestione di ogni aspetto di un ambiente costruito soprattutto in funzione delle attività in esso svolte; è teso dunque al raggiungimento di un equilibrio tra le variabili che caratterizzano l'efficienza, la produttività e la sostenibilità economica e ambientale di un'azienda, fermo restando che ciò non può sicuramente prescindere dall'accessibilità e sicurezza degli ambienti di lavoro. Per l'appunto, più che distinguere le due discipline va precisato che una (la manutenzione) sia inclusa nell'altra (l'FM) ed entrambe mirano al mantenimento di determinati requisiti di un edificio.

Se per la manutenzione l'aspetto predominante è quello di salvaguardia delle opere in termini di sicurezza e funzionalità, per il Facility Management è l'aspetto gestionale ad essere preminente. In tale aspetto viene compresa la gestione del *patrimonio immobiliare* di un'azienda, intesa come amministrazione dei canoni di locazione, delle tasse, delle polizze assicurative o in generale di tutta quella documentazione necessaria per far sì che un'attività produttiva sia conforme alla legislazione corrente. A ciò si collega la gestione degli *spazi* e degli *ambienti di lavoro* tesa all'ottimizzazione dei layout degli uffici e delle postazioni dove gli utenti/operatori transitano o sostano. Altra forma di gestione è quella dei *servizi*, intesa come coordinazione delle prestazioni necessarie per l'azienda, che si concretizza con la gestione dei contratti, delle gare d'appalto o del dialogo con i fornitori. Da non trascurare si ha poi la gestione *ambientale* che si esplica nel raggiungimento di un livello di sostenibilità tale da ottimizzare processi fondamentali come i consumi di energia o la produzione di rifiuti, nonché gli standard di sicurezza e

salubrità dei luoghi di lavoro. In questi aspetti gestionali la logica manutentiva viene inclusa con la necessità di un'attenta pianificazione degli interventi, in maniera tale da essere compatibili con i numerosi vincoli economici e logistici presenti in un'attività produttiva.

#### 1.3.4. Piano di manutenzione

La manutenzione è un aspetto che nel dibattito comune spesso viene considerato, in maniera errata, in un secondo momento rispetto alle attività progettazione e di realizzazione di un edificio. Nella realtà dei fatti, nel settore delle costruzioni è possibile ritrovare innumerevoli esempi di casi in cui interventi di manutenzione indispensabili sono stati impediti a causa di scelte errate in fase di progettazione. La manutenibilità di un componente dipende direttamente dalla semplicità d'intervento ed indirettamente anche da come esso viene posizionato nel contesto di un ambiente edificato.

La legislazione italiana viene incontro a queste difficoltà imponendo un documento che va allegato alla consegna del progetto di un'opera: il *piano di manutenzione*. All'interno del Codice degli Appalti, più precisamente nell'articolo 23 del D.lgs. 50/2016 s.m.i., viene descritto quali siano gli elaborati che vanno a comporre il progetto esecutivo ossia l'ultimo livello di progettazione prima della cantierizzazione dell'opera. Il codice precisa che "il progetto esecutivo deve essere, altresì, corredato da apposito piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti in relazione al ciclo di vita".<sup>25</sup> Anche le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 ribadiscono l'obbligatorietà di tale documento. "Il piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera è il documento complementare al progetto strutturale che ne prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi dell'intera opera, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico."<sup>26</sup>

---

<sup>25</sup> D.lgs. 18 aprile 2016, n. 50 "Codice dei Contratti Pubblici"

<sup>26</sup> D.M. 17 gennaio 2018, "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Il piano di manutenzione è composto a sua volta da tre documenti operativi: il manuale d'uso, il manuale di manutenzione ed il programma di manutenzione. Si tratta per l'appunto di elaborati fondamentali per il mantenimento delle condizioni di funzionalità ed operatività di un'opera o di parte di essa.

Così come accade per prodotti di utilizzo comune per i quali è previsto il tradizionale "manuale dell'utente", così per un immobile il *manuale d'uso* deve includere tutte quelle indicazioni riguardanti le modalità per un corretto uso del bene. La principale motivazione su cui si basa tale documento è prevenire l'insorgenza di possibili danni derivanti da un utilizzo improprio del bene nelle sue componenti.

Il *manuale di manutenzione*, invece, secondo la normativa deve contenere le informazioni necessarie per eseguire gli interventi manutentivi in maniera corretta al fine di garantire il livello di prestazioni prestabilito. Il manuale viene redatto con riferimento alle unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali e dei costitutivi che ricadono in tali interventi. Se il precedente documento è diretto ad un utente generico di un bene, quest'ultimo invece è rivolto ad operatori specializzati, personale tecnico incaricato di eseguire la manutenzione.

Indicate le istruzioni d'uso e le corrette modalità d'intervento, rimangono da definire le tempistiche da rispettare per garantire la vita utile di un bene. Per questa ragione viene previsto il *programma di manutenzione* che prescrive le scadenze entro cui eseguire ispezioni, controlli ed interventi al fine di monitorare lo stato di salute di un'infrastruttura. Quest'ultimo documento è composto da tre ulteriori elaborati. Si ha il *sottoprogramma delle prestazioni* nel quale, per ogni parte dell'opera, vengono definiti i requisiti e le prestazioni fornite durante il ciclo di vita, il *sottoprogramma dei controlli* nel quale si pianificano le verifiche per un corretto monitoraggio dei livelli di prestazione di un elemento, nonché *sottoprogramma degli interventi* in cui vengono stabilite le tempistiche per le azioni manutentive da eseguire.



Figura 16 - Schematizzazione struttura del piano di manutenzione (flaticon.com)

La redazione di un corretto piano di manutenzione risulta dunque un aspetto imprescindibile ai fini della gestione di un'infrastruttura, poiché solo seguendo le indicazioni fornite da tale documento è possibile garantire gli adeguati livelli di funzionalità e quindi di operatività di un bene. È logico dunque associare tali concetti con le finalità del Facility Management esposte nel capitolo precedente.

## 1.4.L'anagrafica tecnica

### 1.4.1. Sistema anagrafico

Nei paragrafi che si sono susseguiti finora nel trattare gli argomenti della manutenzione e, più in generale, del Facility Management si è cercato di far emergere quanto sia rilevante considerare l'aspetto gestionale durante l'attività di progettazione e quanto essa necessiti di determinate condizioni per poter essere messa in atto al meglio. Tuttavia, se tali condizioni possono essere predisposte in maniera più agevole durante la progettazione ex-novo, un po' meno accade quando si tratta di agire su infrastrutture esistenti. In ogni caso per avere contezza della materia da gestire è necessario avere una base di conoscenze della stessa, ossia una serie di informazioni identificative e funzionali che sono legate ad un immobile e alle sue componenti necessarie per un controllo ottimale degli stessi. Nell'ambito del Facility Management si parla per l'appunto di *sistema anagrafico* intendendo quel prodotto che ha origine con la ricerca e catalogazione dei dati sull'entità e sulle caratteristiche tecniche di un'infrastruttura e delle sue parti, e che rappresenta un database che funge anche da supporto per la qualificazione e quantificazione degli interventi manutentivi su un'opera.

Tale sistema deve poter accogliere e contenere informazioni sugli ambienti costruiti interessati in relazione al riconoscimento, alla posizione, alle destinazioni d'uso, alle dimensioni, agli aspetti tecnologici, costruttivi e prestazionali. È opportuno, a questo punto, distinguere due componenti che partecipano coralmemente alla determinazione dell'anagrafica dell'edificio: l'anagrafica degli spazi e l'anagrafica tecnica. Date, infatti, due entità fondamentali per l'anagrafica come gli spazi e gli elementi tecnici, il sistema anagrafico deve essere in grado di stabilire e mantenere il legame tra di essi.

Il sistema anagrafico è uno strumento per il quale deve valere il principio di gradualità: dato un livello minimo di informazioni necessarie, deve poter essere arricchito durante la vita utile secondo le necessità della fase gestionale, consentendo sia un aumento del livello di dettaglio sia un aumento del numero di elementi censiti.

#### 1.4.2. Censimento e analisi documentale

L'ottenimento delle informazioni necessarie per elaborare un'anagrafica adeguata alla gestione di un'infrastruttura passa attraverso due fasi fondamentali: l'*analisi documentale* ed il *censimento dell'opera*. La prima è un'attività che ha come obiettivo quello di individuare e raccogliere gli elaborati derivati dalla progettazione e dalla fase di esercizio che portano con sé informazioni rilevanti per la quantificazione e qualificazione del bene da sottoporre a gestione. Si va da documenti come gli elaborati progettuali, le certificazioni a disposizione, le relazioni tecniche, i verbali di collaudo e altri ancora. Questa fase non va confusa con una semplice acquisizione dell'archivio documentale a corredo di un'opera, bensì si tratta di una vera e propria analisi critica per trarre il maggior numero possibile di dati disponibili, quelli da sottoporre a validazione e quelli da acquisire in un secondo momento.

È a tal punto che si pone la necessità di mettere in atto il censimento dell'opera, ossia quell'attività di rilievo ed estrazione di informazioni non direttamente disponibili dalla base documentale esistente. A ciò si unisce la necessità di stabilire un criterio per la classificazione e, soprattutto, per la codifica di entità spaziali e tecniche.

#### 1.4.3. Sistema di codifica, la WBS

Una volta determinati i criteri di ricerca ed individuazione delle informazioni necessarie per dar vita all'anagrafica dell'edificio, è di fondamentale importanza allestire un sistema di riconoscimento degli elementi che rientreranno nella fase gestionale da mettere in atto. Generalmente si opta per la predisposizione di un *sistema di codifica* che associ a degli elementi una sequenza alfanumerica univoca dipendente da caratteristiche spaziali, tecniche o funzionali. Oltre all'univocità è fondamentale che un codice sia "parlante" ossia il più esplicito possibile nel far riconoscere l'entità cui è associato. Un approccio del genere viene solitamente adottato nella disciplina del Project Management quando si ritiene necessario adottare un codice WBS.

La *Working Breakdown Structure* (WBS) è uno strumento impiegato generalmente per la pianificazione di progetti di qualsiasi natura. Consiste nella scomposizione degli stessi in porzioni più piccole classificate secondo un codice che le rende più gestibili e

riconducibili ad una struttura gerarchica dove ad ogni livello variano il grado di dettaglio, le competenze, i soggetti coinvolti, le fasi e le attività da svolgere. La WBS può essere visivamente pensata come uno schema ad albero dove ogni ramo si ricongiunge con gli altri in dei nodi superiori che a loro volta rimandano ad altrettanti nodi fino a giungere al tronco che è idealmente la somma delle sue componenti inferiori. L'utilità della WBS non è da ricercare solo per le attività di pianificazione e di gestione dei progetti, ma anche per la comunicazione con gli stakeholder che prendono parte agli stessi. È un mezzo che può agevolare non solo l'attività di programmazione ma anche la supervisione dello stato di avanzamento di attività consentendo inoltre delle modifiche in corso d'opera sulla base di richieste, problematiche o complicazioni che possono presentarsi durante un normale processo di lavoro. La WBS richiede quindi un costante aggiornamento per assorbire tali variazioni e per continuare a garantire un livello di gestione efficace del progetto nel suo insieme.

Esistono vari modi per determinare un sistema di codifica WBS che risulti efficace, per ognuno di essi va rispettata una condizione di fondamentale importanza: la cosiddetta *regola del 100%*. Si tratta di assicurarsi che ad ogni livello della gerarchia di scomposizione del progetto, la somma delle percentuali di scomposizione dei livelli inferiori deve essere pari alle relative percentuali del livello superiore, fino a giungere all'apice della struttura cui compete, per ovvie ragioni, il 100%.

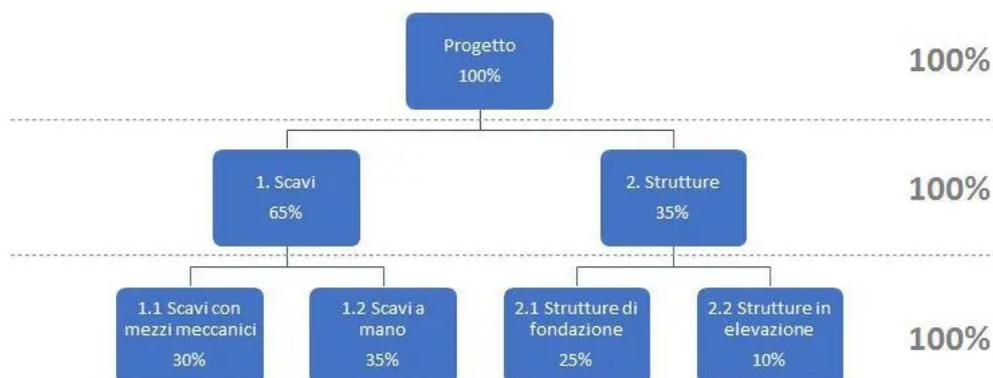


Figura 17 - Schematizzazione regola del 100% per un codice WBS (biblius.acca.it)

Esistono diversi metodi per la suddivisione in più parti di un intervento: si può operare una *scomposizione spaziale*, che consiste nel riconoscimento di aree operative in cui può essere suddiviso un intervento (es. livelli, dipartimenti, locali, ecc...), si può avere una *scomposizione funzionale*, che è legata alle destinazioni d'uso dei locali in cui tale intervento viene eseguito, inoltre si può considerare una *scomposizione tecnologica* ossia ricercare degli elementi o gruppi di elementi accomunati da medesime caratteristiche e per questo associabili a sottosistemi edilizi.

Un classico esempio di quest'ultima tecnica viene fornito dalla norma UNI 8290:1981 che individua un sistema di classificazione del sistema tecnologico che caratterizza il settore dell'edilizia residenziale. Viene adoperata, per l'appunto, una scomposizione secondo tre livelli le cui voci rappresentano delle classi di omogeneità. Il primo di questi è costituito dalle *classi di unità tecnologiche* dove è possibile individuare macrocategorie di opere corrispondenti a voci come "struttura portante", "chiusura" o "partizione interna", per citarne alcune. Al secondo livello si hanno le *unità tecnologiche* che specificano la funzionalità dell'elemento ed il livello di dettaglio nell'identificazione; in questa categoria si trovano voci distinte come "struttura di fondazione" o "struttura di elevazione" oppure "chiusura verticale" o "chiusura superiore". L'ultimo livello è rappresentato dalle *classi di elementi tecnici*, un'ulteriore specificazione del livello precedente in cui vengono dettagliate le tipologie degli elementi come le "strutture di fondazione dirette" o le "strutture di fondazione indirette".<sup>27</sup>

Una volta individuata la tecnica per eseguire la disarticolazione di un progetto/intervento, rimane da relazionare la stessa con un sistema di codifica adeguato. Associando, ad esempio, le sottocategorie individuate dalla norma UNI 8290:1981 ad un codice alfanumerico che sia riconoscibile e adattabile, è possibile determinare una metodologia per agevolare la creazione di un'anagrafica dedicata alle componenti di un'infrastruttura.

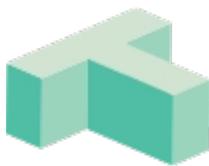
---

<sup>27</sup> *Edilizia residenziale – Sistema tecnologico – Classificazione e terminologia*, UNI 8290:1981, Milano, Ente Italiano di Normazione.

## 2. Nuovo polo di ricerca del Dipartimento di Biologia dell'UNIPi

In questa sezione dell'elaborato verranno studiati alcuni esempi di arricchimento informativo di un modello digitale in ambiente BIM, eseguito attraverso l'inserimento e la conseguente gestione di dati a seconda degli obiettivi prefissati. Gli argomenti riportati in questo capitolo sono stati trattati durante il percorso di tirocinio curriculare tenuto presso la Tecnicaer Engineering s.r.l.: si tratta di una società di ingegneria integrata con sede a Torino che opera nell'ambito di appalti pubblici per la progettazione e l'esecuzione di lavori per edifici di rilevante interesse sociale quali ospedali, caserme, auditorium, tribunali o penitenziari. È stato impiegato un totale di 250 ore di tirocinio, dedicate ad attività di supporto al gruppo di Progettazione Edile per la redazione dei progetti.

Gli argomenti trattati in seguito fanno riferimento alla progettazione definitiva del nuovo Polo di ricerca del Dipartimento di Biologia dell'Università di Pisa.



**TECNICAER**  
engineering s.r.l.



**UNIVERSITÀ  
DI PISA**

Il lavoro è stato svolto interamente in ambiente BIM operando principalmente con i software Autodesk Revit e MS Excel. Il gruppo di Progettazione Edile ha prodotto un modello tridimensionale dell'edificio che è stato popolato da elementi e da entità caratterizzate da un bagaglio di dati informativi legati ad aspetti organizzativi, costruttivi e soprattutto manutentivi.

Nei successivi paragrafi verrà riassunta l'attività di progettazione e verranno descritte le tipologie di informazioni richieste con i relativi scopi e le modalità di inserimento delle stesse attraverso la parametrizzazione degli oggetti presenti nel modello BIM. Si tratteranno esempi di codici WBS, di stratigrafie, di schede prestazionali e di validazione del progetto.

## 2.1. Inquadramento caso studio

### 2.1.1. Introduzione generale



Figura 18 - Inquadramento territoriale (Google Maps)

Il nuovo polo di ricerca e didattica di Biologia è un'opera che è stata prevista per rispondere alla necessità della Università di Pisa di accentrare in un'unica area le attività didattiche e di ricerca legate alle discipline biologiche e chimiche. L'area d'intervento si estende per oltre 18.000 mq ed è posta a cavallo tra i comuni di Pisa e di San Giuliano Terme. In essa sono già presenti le sedi di altri istituti accademici come il CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche), la Scuola Normale Superiore, la Scuola Superiore Sant'Anna o altre strutture facenti riferimento alla stazione appaltante.



Figura 19 - Vista dall'alto del lotto d'intervento (Google Maps)

Per rispondere a tale esigenza è stato progettato un edificio con pianta a C di oltre 18.000 mq di superficie utile lorda ripartita in 4 livelli che raggiungono un'altezza massima di 15 m. La forma della struttura genera una corte interna che risulta aperta verso l'edificio che attualmente ospita il Dipartimento di Chimica; tale disposizione è stata pensata per poter mettere in comunicazione diretta gli spazi esterni dei due edifici ed agevolare lo spostamento di utenti tra di essi.

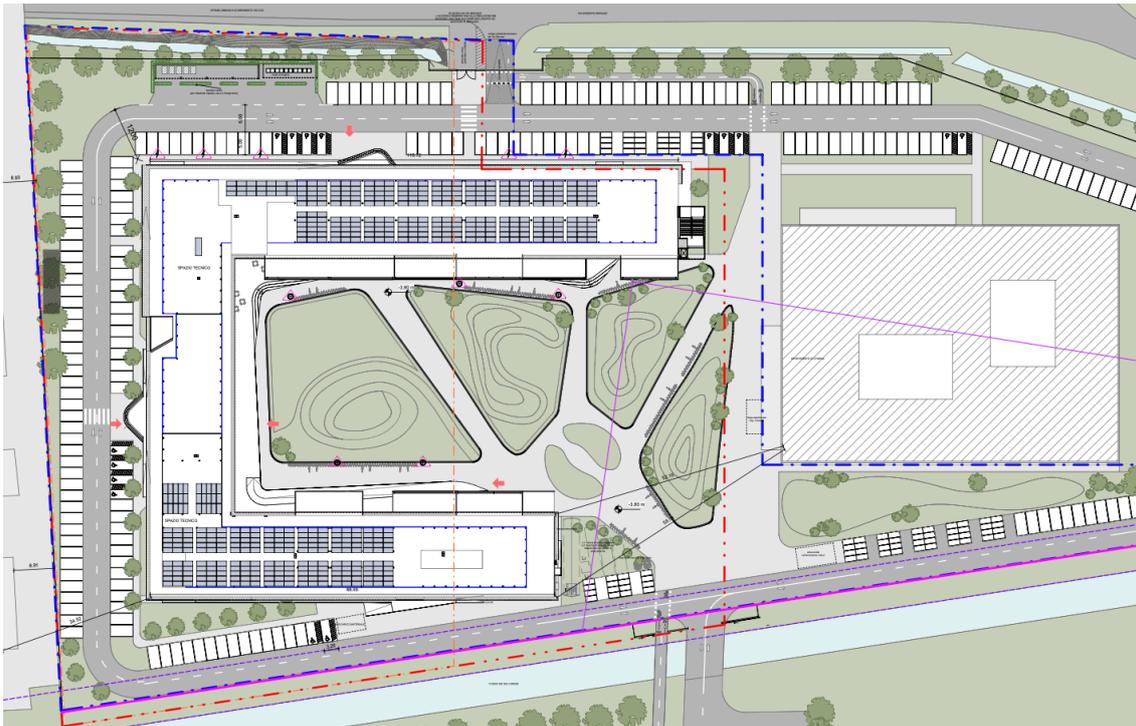


Figura 20 - Planimetria generale di progetto – non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

Il layout dell'edificio si compone dunque di tre stecche, una posta a nord, la maggiore in termini di dimensioni, una centrale posta ad ovest ed una a sud; ognuna di esse presenta delle specificità in base alla destinazione d'uso richiesta dalla stazione appaltante. La corte interna è costituita da quattro grandi aree verdi pensate per essere attraversabili o per fornire ristoro agli utenti. Gli spazi interni sono organizzati in maniera tale da dedicare i primi tre livelli della stecca nord alla didattica da svolgere in maniera frontale, l'ultimo livello è destinato invece ai laboratori di ricerca. Nella stecca centrale, i primi due livelli comprendono i locali d'accoglienza e gli ambienti comuni come l'atrio, la biblioteca, la sala studio e l'auditorium; in questo caso sono gli ultimi due livelli ad essere dedicati ai laboratori oltre che agli studi per il personale, gli spazi per i dottoranti, per gli assegnisti e i tesisti. L'ultima stecca, rivolta a sud, nei primi tre piani è dedicata ad un'area magazzino, spazi per il personale tecnico ed amministrativo, ulteriori studi per

dottoranti, assegnisti e tesisti oltre che sale riunioni e laboratori di ricerca. La stecca sud è completata da uno stabulario, area accessoria ai laboratori, che ricopre l'intero piano superiore. Le figure che seguono sono frutto di attività di rendering e restituiscono una vista d'insieme delle ipotesi di progetto.



Figura 21 - Vista esterna dei prospetti su corte (Tecnicaer Engineering s.r.l.)



Figura 22 - Vista esterna del prospetto nord su corte (Tecnicaer Engineering s.r.l.)



Figura 23 - Vista interna dell'atrio d'ingresso (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

In fase di progettazione è stata dedicata particolare attenzione alle aree verdi in ottica di tutela e valorizzazione del paesaggio che caratterizza le aree limitrofe. Si contano oltre 5.700 mq di superficie da destinare a verde, almeno il 40% della superficie di progetto non edificata, che comprende specie arboree appartenenti alla macchia mediterranea. La progettazione dell'ampia corte verde, chiusa su tre lati, è stata tesa anche alla creazione di uno spazio protetto dai venti dominanti.

L'accessibilità del sito è stata garantita attraverso lo studio e la conseguente eliminazione di possibili barriere architettoniche in ottemperanza della normativa vigente in materia. Le soluzioni progettuali che mirano a tale obiettivo sono molteplici: ad esempio, ogni accesso all'edificio si compone di rampe con pendenza inferiore all'8% oltre che di gradonate, anche all'interno del plesso, lo spostamento tra i vari livelli è agevolato dalla presenza di altre rampe ed ascensori. Nelle parti comuni e nelle aree limitrofe agli ingressi sono stati previsti dei percorsi tattilo-vocali che agevolano gli utenti con disabilità visive nei movimenti attraverso la struttura evidenziando possibili ostacoli o svolte improvvise. Inoltre, in ogni piano dell'edificio sono presenti servizi igienici accessibili progettati con dimensioni e dotazioni tecnologiche tali da rispettare la normativa vigente nei confronti di utenti diversamente abili. Per quanto riguarda l'esterno poi, nell'area destinata al parcheggio delle auto sono presenti diverse aree di sosta dedicate ai disabili.

La viabilità per l'accesso al sito su cui sorgerà il nuovo polo di ricerca è stata oggetto di attenta pianificazione che è culminata con l'inserimento dell'area nel Piano della Mobilità Ciclabile del Comune di Pisa con lo scopo di invogliare gli utenti a scegliere delle alternative di mobilità cosiddetta *dolce* ai metodi tradizionali. Per l'appunto sono stati previsti circa 200 posti bici costituiti da rastrelliere nonché 130 posti auto e 55 stalli per motocicli.

### 2.1.2. Dotazione funzionale e tecnica

Come già presentato precedentemente, l'edificio si presenta come un parallelepipedo caratterizzato da una pianta a C che si sviluppa su quattro livelli dai quali fuoriescono dei volumi in aggetto. La *struttura portante* è costituita da una classica configurazione a telaio con pilatri e travi in c.a. sostenuti da un graticcio di fondazione del medesimo materiale. L'*involucro esterno* è composto da blocchi di calcestruzzo aerato autoclavato (vedi Gasbeton) contraddistinto dal peso ridotto e dalle ottime prestazioni in termini di coibentazione e di traspirabilità; tali attributi consentono di escludere ulteriori strati di isolamento diminuendo così i materiali e le lavorazioni di eseguire in cantiere. A ciò si aggiunge la riciclabilità di questa tipologia di calcestruzzo che è pressoché del 100%. Nella figura seguente è riportata la stratigrafia di tale soluzione tecnologica.

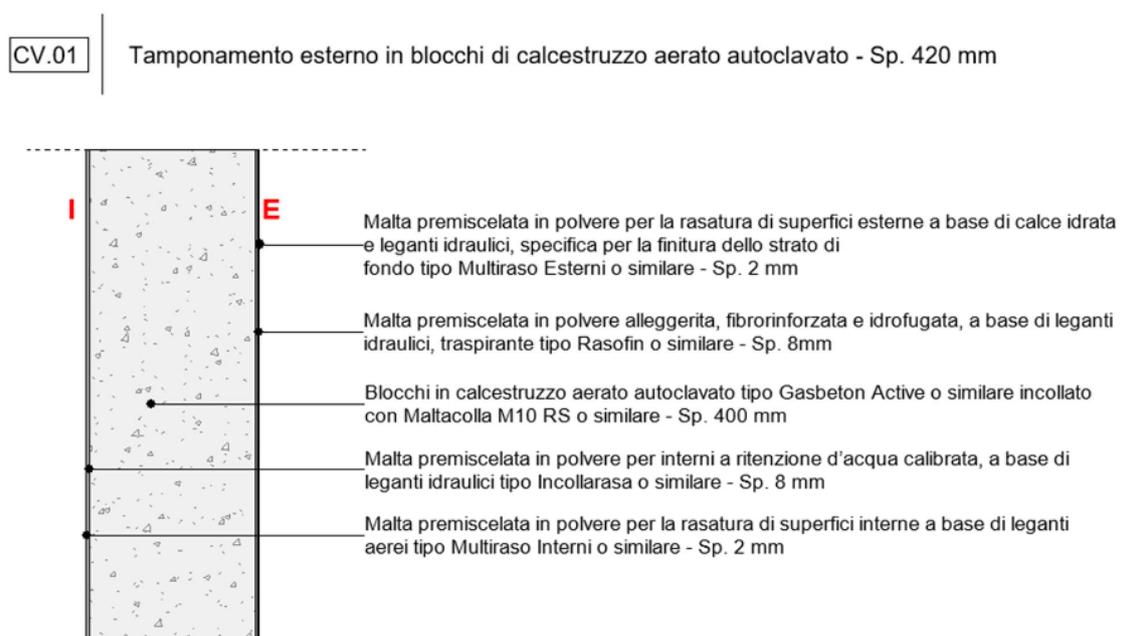


Figura 24 - Stratigrafia elemento di tamponamento esterno – non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

Per mantenere un linguaggio architettonico leggero e moderno e per nascondere gli elementi di cemento grezzo è stata prevista una facciata esterna costituita da uno strato di lamiera d'alluminio presso-piegata e forata posta a circa 80 cm dal filo esterno. Questa soluzione con elementi a secco è stata individuata per la capacità di protezione passiva delle facciate dagli elementi atmosferici diretti, attenuando di fatto le sorgenti dannose, e per la possibilità di assumere pieghe diverse a seconda delle forme del prospetto portando alla formazione di giochi di ombre che spezzano la monotonia in facciata. A ciò si aggiungono alte prestazioni in termini acustici, termici e di traspirabilità oltre che ad un'ottimizzazione delle operazioni di posa e di manutenzione.

L'involucro esterno è completato da serramenti di diverse tipologie. Nelle aree comuni, nella biblioteca e in generale nei prospetti rivolti verso la corte interna è stato scelto un sistema a facciata continua composto da profili in alluminio a taglio termico in vetrocamera con lastra esterna antinfortuno. L'altra tipologia presente è costituita da serramenti anch'essi in alluminio e vetrocamera, ad anta singola apribile verso l'interno a battente.

Per agevolare la comprensione delle scelte progettuali precedentemente descritte, nella pagina seguente sono riportate le viste prospettiche dell'edificio, le quali, data la conformazione dello stesso, sono state suddivise in prospetti esterni ed interni. Si precisa che per motivi legati alla tipologia di stampa di questo elaborato, tali viste sono state inserite non rispettando la scala rappresentativa; pertanto, la loro presenza è giustificata solo per scopi di comprensione di quanto esposto.

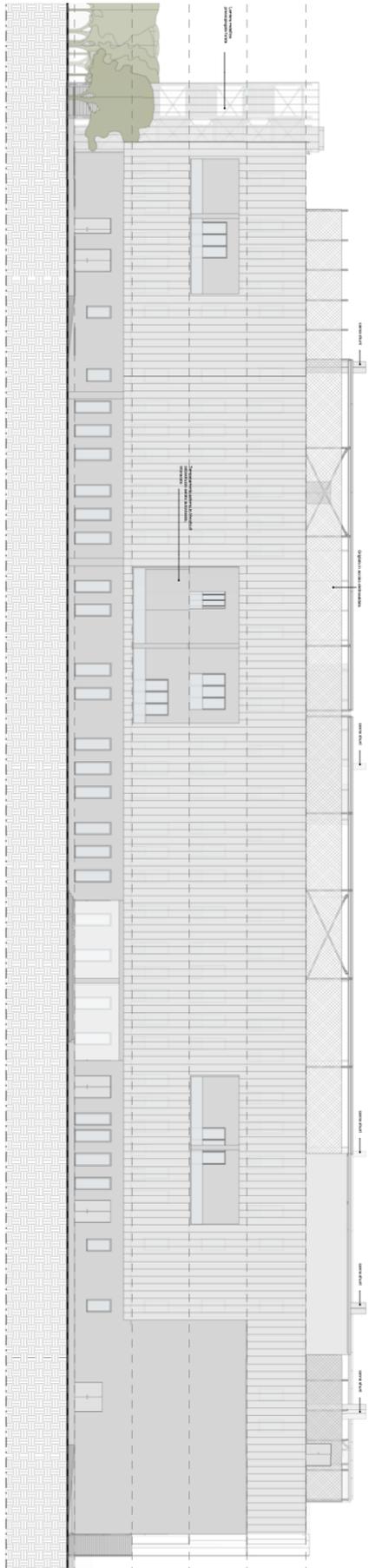


Figura 25 - Prospetto Nord - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

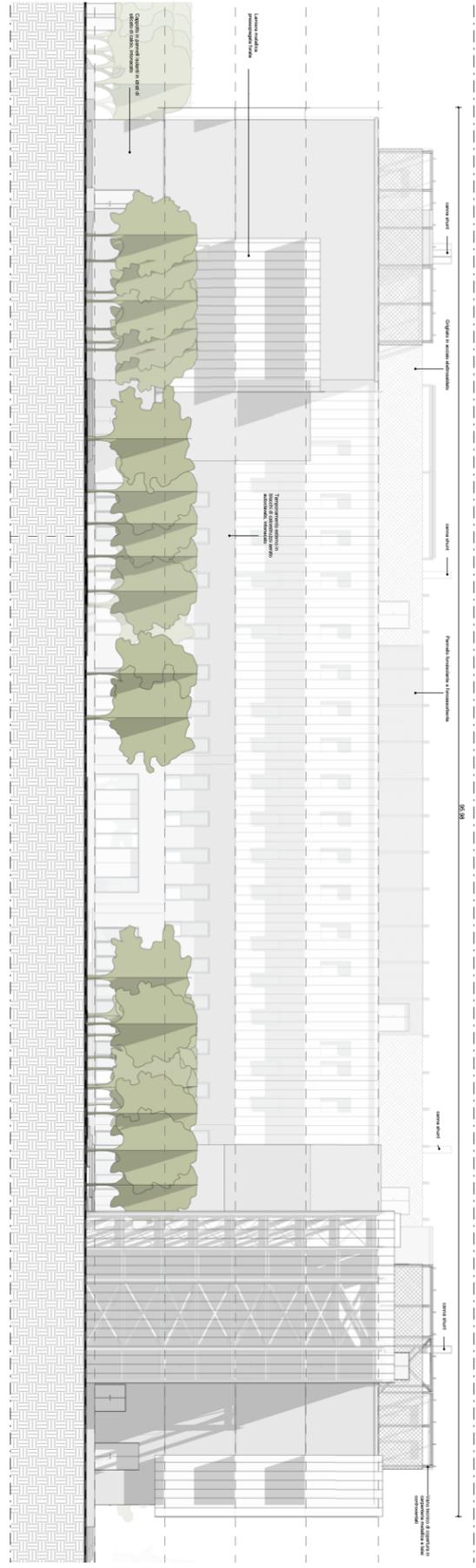


Figura 26 - Prospetto Est - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)



Figura 27 - Prospetto Ovest - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

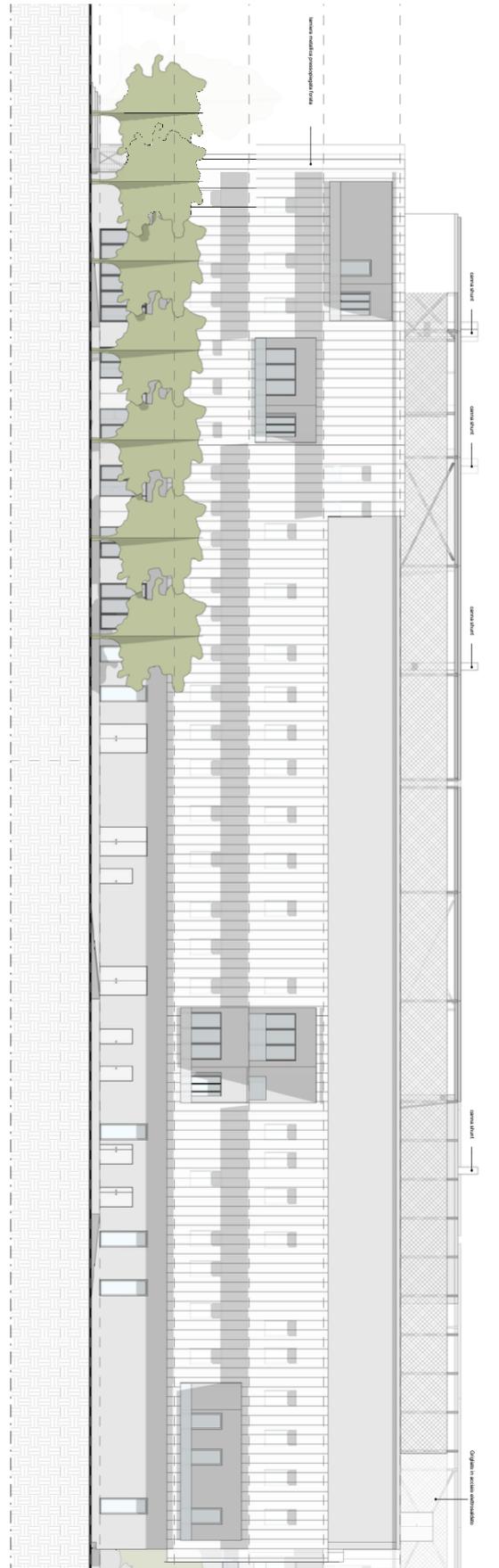


Figura 28 - Prospetto Sud - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)



Per determinare l'*involucro interno* dell'edificio sono stati scelti, per lo più, dei pannelli in cartongesso a doppia lastra con struttura portante ed isolamento in lana minerale, tinteggiati con idropittura lavabile. Il rivestimento delle pareti dei locali adibiti a laboratori è leggermente differente in quanto è previsto uno strato di smalto murale batteriostatico con tinteggiatura igienizzante, così da rispondere alle prescrizioni della normativa in materia di ambienti destinati alla ricerca scientifica. Per locali come spogliatoi o servizi igienici è previsto invece un rivestimento in gres porcellanato con trattamento antibatterico.

PS.01	Parete divisoria in cartongesso con struttura di sp. 75 mm - Sp. 12,50 cm
PS.02	Parete divisoria in cartongesso con struttura di sp. 150 mm - Sp. 20 cm

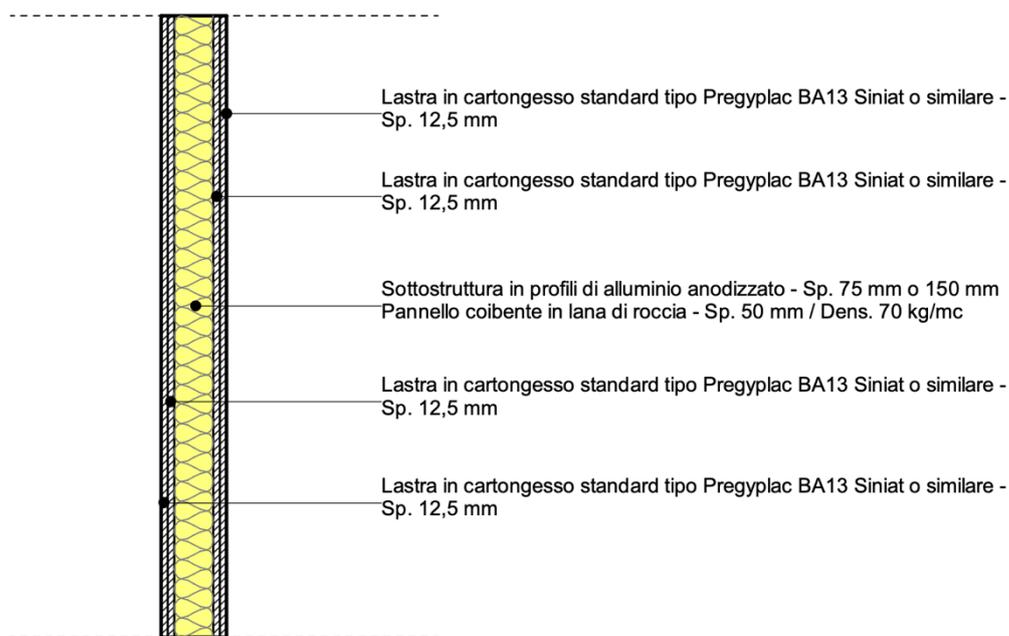


Figura 31 - Stratigrafia pacchetto tecnologico per partizioni interne - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

I *solai interpiano* sono di tipologia classica con soletta armata, strato di regolarizzazione, strato fonoassorbente, sottofondo armato, pavimentazione in gomma per i locali adibiti ad aule, studi e laboratori, in gres porcellanato per gli ambienti comuni e i locali di servizio. È prevista la controsoffittatura di tutti i locali ad eccezione degli uffici, degli studi, dei laboratori e dei locali tecnici; per i restanti si prevede una soluzione di pannelli modulari ispezionabili con strato coibente in fibra minerale.

PO.02a

Partizione orizzontale con strato di finitura in gomma - Interpiano

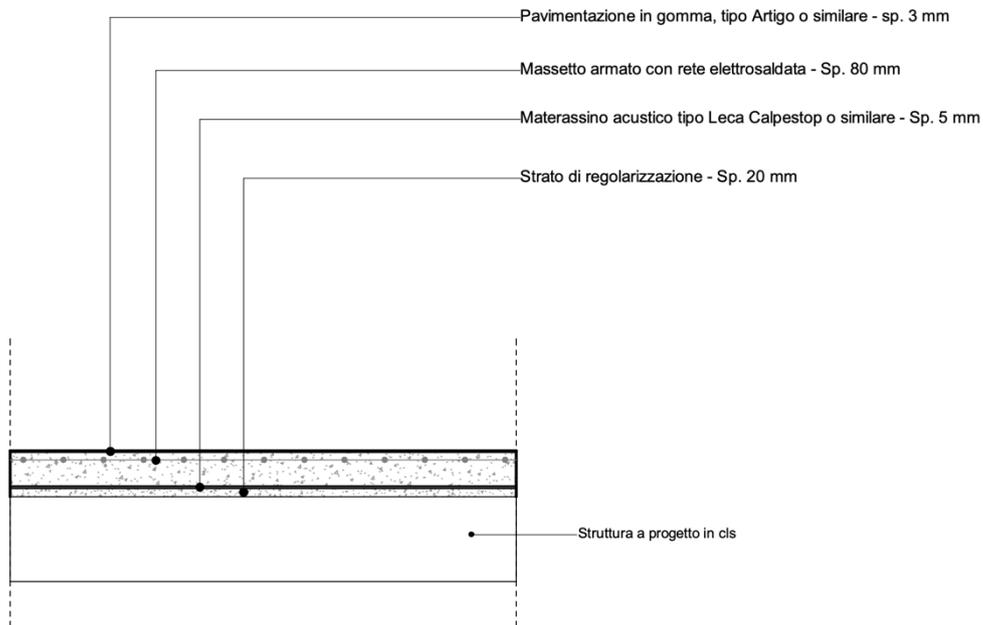


Figura 32 - Stratigrafia solaio interpiano - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

Infine, per quanto riguarda il sistema di *copertura* è stata scelta una configurazione piana da destinare all'alloggiamento degli impianti meccanici ed elettrici come le centrali di trattamento aria (UTA – Unità di trattamento aria), le pompe di calore o gli estrattori a corredo delle cappe posizionate nei laboratori di ricerca, e ancora, i gruppi elettrogeni, i trasformatori, i quadri elettrici e i gruppi di pompaggio dei fluidi termovettori. Per contenere l'impatto acustico di tutti questi elementi impiantistici sono stati previsti dei pannelli fonoisolanti e fonoassorbenti. Per ultimo, parte della superficie della copertura è stata destinata alla realizzazione di un'ulteriore struttura composta da elementi metallici che funge da supporto per l'installazione di pannelli fotovoltaici.

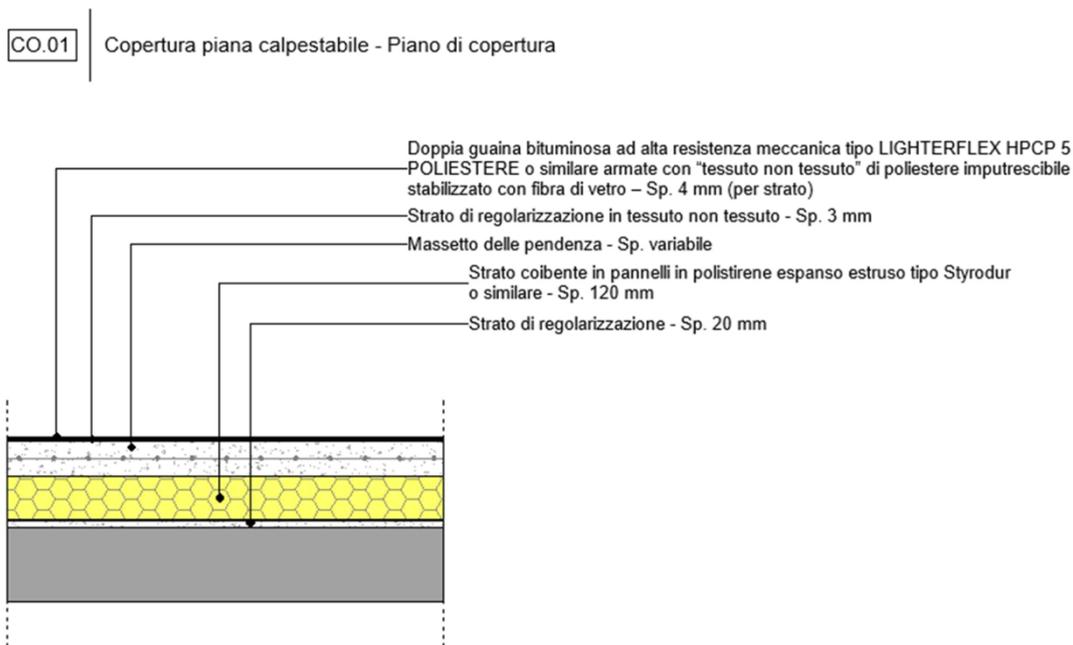


Figura 33 - Stratigrafia pacchetto funzionale di copertura - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

La strategia adottata per la progettazione del nuovo polo di ricerca è stata quella di cercare di garantire un'elevata efficienza energetica con lo scopo di raggiungere lo status di *N-ZEB* (Nearly Zero Energy Building).

### 2.1.3. Criteri di progettazione ambienti didattici e di ricerca

Come indicato nell'introduzione del precedente paragrafo, alla base dell'ipotesi progettuale vi è l'intento di concentrare in un unico edificio le attività di ricerca, di didattica e le attività amministrative del Dipartimento di Biologia dell'Università di Pisa. Questo obiettivo è stato prefissato per superare l'attuale frammentazione delle sedi dell'ateneo pisano, fonte di difficoltà logistiche ed amministrative. La soluzione proposta è stata individuata per favorire la creazione di sinergie operative, la possibilità di interscambio disciplinare oltre che la condivisione di spazi e l'ottimizzazione delle risorse dell'ateneo.

Per l'attività didattica, nel primo e secondo piano, è stata prevista una disponibilità di oltre 2000 posti distribuiti in 22 aule di differente capienza: si va dalle più piccole da 20 posti fino alle più grandi da 220 posti.

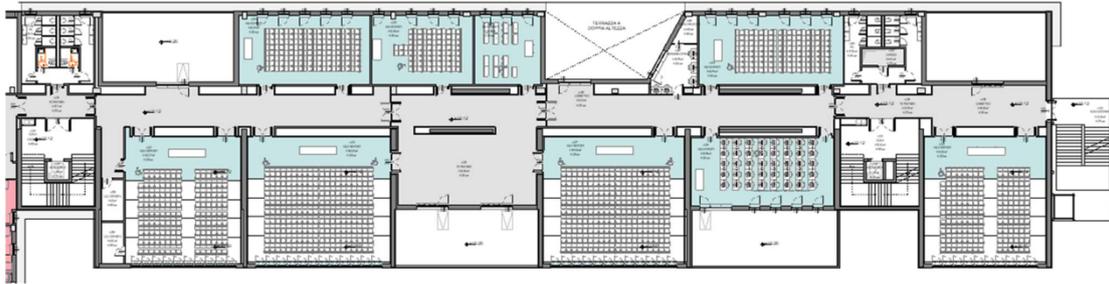


Figura 34 - Stralcio pianta piano secondo, stecca Nord - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

Ogni aula è allestita con un tradizionale sistema di sedute e tavoli continuo, componibile in linea retta. È prevista la presenza di lavagne mobili, impianto audio-video, diffusori acustici, impianto di proiezione con annesso sistema di oscuranti per garantire condizioni ottimali di visibilità durante l'utilizzo. L'immagine sottostante, tratta da uno stralcio di una vista in pianta, rappresenta un esempio di aula da 150 posti disposta su un piano in leggera pendenza.

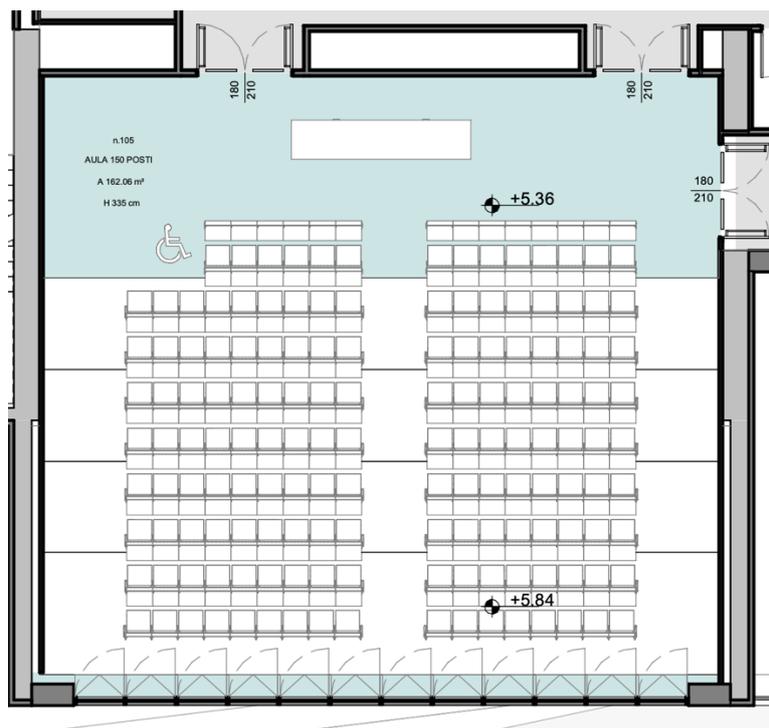


Figura 35 - Stralcio pianta piano primo con esempio locale adibito ad aula didattica - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

Tuttavia, la sfida principale dell'attività di progettazione definitiva del nuovo Dipartimento di Biologia dell'Università di Pisa è stata la determinazione degli spazi adibiti alla ricerca accademica, i laboratori. Tali locali sono caratterizzati dalla presenza di arredi tecnici ed attrezzature fuori dall'ordinario, tra cui cappe chimiche, gruppi di lavaggio, banchi a parete, docce di emergenza ed altri ancora. Il dimensionamento di spazi del genere è stato condotto seguendo le prescrizioni delle normative nazionali e regionali che consentono di garantire condizioni igieniche idonee per le attività di sperimentazione e ricerca. Per tale motivo si è reso necessario adottare una particolare attenzione nella scelta di soluzioni tecniche e funzionali per rispondere alle esigenze della stazione appaltante. Per la progettazione del totale di 120 laboratori di ricerca previsti, è stato fondamentale il dialogo continuo con il corpo docenti del dipartimento di Biologia dell'Università di Pisa. Come prima istanza è stata definita una lista di reparti in cui suddividere la superficie dei vari livelli del fabbricato, ai quali poi destinare spazi ed intere aree. Nello specifico si hanno due gruppi di locali: il gruppo A formato dai reparti di Biochimica e igiene, Biologia cellulare, Fisiologia generale, Microbiologia e dal reparto di Genetica, oltre che da stanze comuni, ed il gruppo B che comprende le discipline di Botanica, Fisiologia vegetale, Zoologia, Antropologia e di Ecologia, anch'esso completato da stanze comuni.



Figura 36 - Stralcio pianta distribuzione funzionale piano secondo, stecca Sud; il colore dei locali indica l'appartenenza ad un reparto di ricerca – non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

Successivamente si è passati ad analizzare ogni esigenza legata all'operatività dei laboratori di ricerca. Ad esempio, una di queste è stata garantire la disponibilità di locali adibiti a spogliatoio, dedicati a ciascun reparto, nell'ottica di stabilire le condizioni igieniche idonee nell'accesso a locali del genere. Questo anche per assicurare i parametri di asetticità e sterilità necessari per gli ambienti in questione. In più si è reso necessario

disporre di una serie di ulteriori locali accessori, rappresentati da depositi per prodotti chimici e solventi, locali tecnici, cavedi per impianti, oltre che spazi distributivi ed elementi di collegamento verticale (vedi scale, ascensori, ecc.), tutti allocati nella parte centrale dell'edificio per garantire una migliore distribuzione lungo l'asse verticale dell'edificio. A tali spazi di servizio sono stati riservati degli elementi d'arredo specifici per la destinazione d'uso dedicata. In generale la scelta di tali elementi è stata guidata dal concetto di modularità; per ogni elemento d'arredo, infatti, deve essere consentita in ogni momento la sostituzione od integrazione in modo da poter adeguare le forniture dei laboratori stessi alle esigenze future.



Figura 37 - Stralcio pianta stecca centrale, piano secondo, con laboratori, locali tecnici ed accessori - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

Facendo ancora riferimento all'ambito della ricerca accademica, per l'edificio in questione è stato richiesto di destinare una corposa porzione di superficie edificata per lo *stabulario*, ossia un complesso di locali adibiti alla cura e detenzione di animali da utilizzare per gli esperimenti in laboratorio. Si è scelto di comprendere parte del terzo piano della stecca Sud e dunque gli spazi delimitati dai due prospetti principali aperti a Nord, verso la corte interna, e a Sud verso l'esterno.



Figura 38 - Stralcio pianta stecca Sud, piano terzo, con stabulario – non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

L'impianto distributivo prevede dei locali disposti in serie in entrambi i lati con al centro una fascia di locali tecnici e di servizio, intervallati da fasce di locali connettivi parallele al blocco centrale. Questa distribuzione ha agevolato la gestione del layout del reparto dello stabulario così come indicato dalle direttive del Dipartimento; infatti, essendo necessaria un'Area Barrierata (nell'immagine precedente visibile in azzurro) ed un Area Convenzionale (in verde), per ragioni di sicurezza non deve essere consentita la comunicazione diretta tra le due aree. Per gli utenti il passaggio da un'area all'altra deve avvenire previo utilizzo di dispositivi di decontaminazione.



Figura 39 - Stralcio pianta stecca Sud, piano terzo con dettaglio su locali stabulario - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

## 2.2. Arricchimento informativo del modello BIM

Nel capitolo che segue verranno esposti alcuni esempi circa le informazioni che caratterizzano le entità del modello relativo al caso studio trattato, le modalità di inserimento delle stesse e le motivazioni che ne giustificano la presenza. Il fine di questo capitolo è quello di dimostrare come la base dati in dotazione agli elementi di un modello BIM sia essenziale per le finalità progettuali, costruttive e gestionali. Si tratteranno temi come la dotazione di un sistema di codifica degli elementi o la gestione e parametrizzazione di elaborati tecnici a servizio della progettazione e manutenzione di locali, e ancora si introdurrà l'attività di etichettatura di elementi di chiusura verticale ai fini della validazione del progetto e del computo metrico estimativo.

### 2.2.1. Codice WBS

Trattando il tema del sistema anagrafico, introdotto come quello strumento necessario per avviare l'attività di gestione di un immobile, è stato dedicato un paragrafo al sistema di codifica, dove si è evidenziata la potenzialità della creazione di un codice univoco da associare a parti ed elementi di un'infrastruttura nell'ottica di agevolare la catalogazione ed il riconoscimento degli stessi negli interventi di manutenzione.

Si è fatto l'esempio della *Working Breakdown Structure* (WBS) come uno mezzo di codifica di un progetto e delle sue parti, da utilizzare per le attività di programmazione, supervisione e di gestione di un flusso di lavoro.

Nella fattispecie del caso studio considerato la WBS è di fondamentale importanza in quanto, vista la moltitudine di elementi presenti nel modello BIM, con tale strumento è stato possibile classificare gli stessi secondo categorie e sottocategorie di lavorazioni omogenee associate a dei soggetti che intervengono in cantiere. Questa attività trova riscontro favorevole anche nei confronti della disciplina del Facility Management poiché restituisce un mezzo di controllo e gestione delle infrastrutture nei dettagli richiesti dalla stazione appaltante. Per il progetto del nuovo polo di Biologia dell'Università di Pisa è stato individuato un codice WBS suddiviso in sei livelli ordinati in base ad un dettaglio

crescente. Il suddetto codice è stato poi associato al modello attraverso un'attività di parametrizzazione degli elementi.

Il primo livello della struttura è il 01 e contiene soltanto il codice "TW2002" che serve a contraddistinguere la commessa del dipartimento di Biologia dalle altre. Immediatamente dopo si ha il livello 02 che è riferito alla scala dell'edificio, e distingue tre ambiti: il dipartimento, le aree esterne e un ambito generale. Con il livello 03 si distingue il piano all'interno di un edificio, si va dalle fondazioni fino al livello della copertura. 02 e 03 sono inseriti nel modello come parametri d'istanza. Proseguendo nel codice WBS si trova il livello 04 corrispondente alla disciplina costruttiva di riferimento di un elemento: si considerano opere propedeutiche, opere geotecniche, opere strutturali, opere edili-architettoniche, impianti meccanici, impianti elettrici e speciali e opere relative alla sicurezza e al cantiere. Al livello 05 competono invece le lavorazioni omogenee: si va dalle demolizioni alle chiusure verticali o orizzontali, dagli isolamenti fino ai serramenti, ecc... L'ultimo livello, il 06, specifica la sottocategoria di lavorazioni omogenee associando elementi diversi a codici diversi ma comunque appartenenti alla stessa macrocategoria di lavorazione. Nelle immagini seguenti sono riportati delle tabelle inerenti allo schema del codice WBS appena descritto.

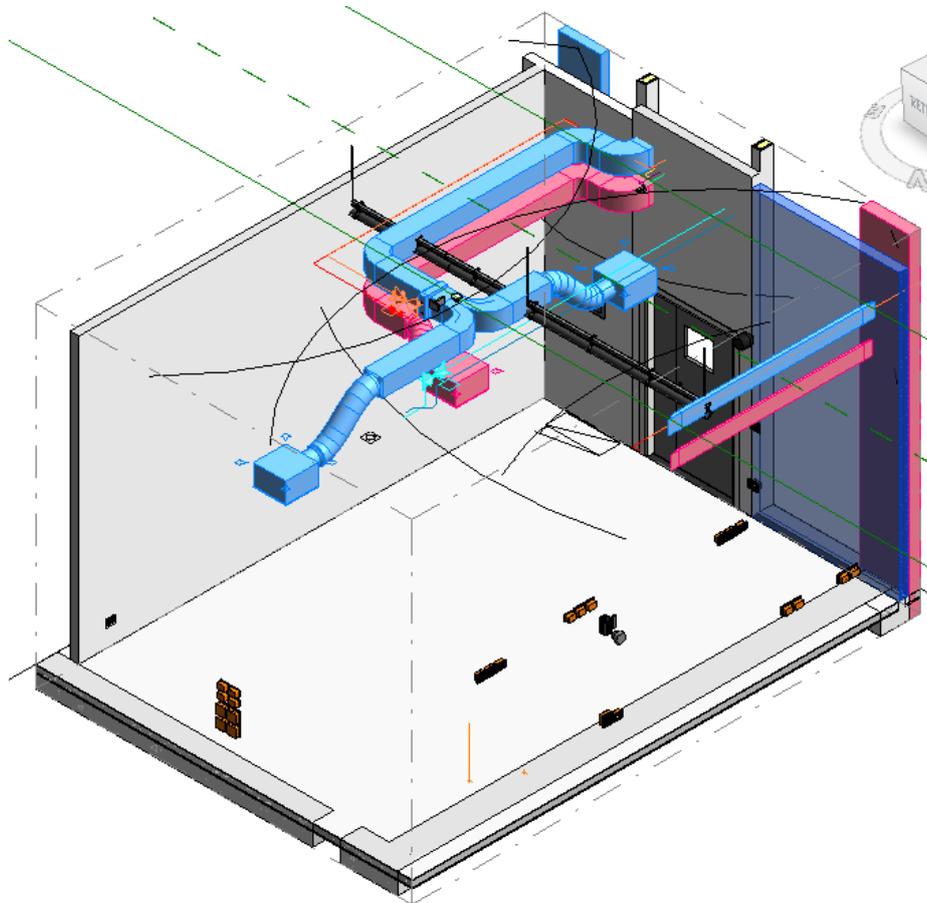
cod. WBS 00		cod. WBS 01 <i>parametri di istanza</i>			
Livello 01 <i>Commessa</i>		Livello 02 <i>Edificio</i>		Livello 03 <i>Piano</i>	
TW2002	UNIFI Biologia	1D	Dipartimento	FO	Fondazioni
		2A	Aree esterne	IN	Interrato
		3G	Generale	P0	Livello 0
				P1	Livello 1
				P2	Livello 2
				P3	Livello 3
				PC	Livello Copertura
				AE	Aree esterne
				GE	Generico

Tabella 1 - WBS caso studio - Codici 01,02 e 03 (Technicaer Engineering s.r.l.)

cod. WBS 02 parametri di tipo		
Livello 04 Disciplina	Livello 05 Lavorazioni omogenee	Livello 06 Sottocategorie di lavorazioni
0P Opere propedeutiche	200 Demolizioni e rimozioni	DA Demolizione accurata pre-amianto
1G Opere geotecniche		RE Rimozione elementi interni
2S Opere strutturali		RI Rimozione impianti
2A Opere edili-architettoniche		DP Demolizione partizioni verticali
3M Impianti meccanici		DS Demolizione pavimenti e sottofondi
4E Impianti elettrici e speciali		TS Taglio solai e orizzontamenti
6C Sicurezza e cantiere		DT Demolizione tamponamenti esterni
	202 Scavi e rinterrati	SC Scavi di sbancamento
		SZ Scavi in sezione
		RT Rinterrati
		PZ Pulizia area
	212 Impermeabilizzazioni	RI Ripristino manto di impermeabilizzazione
		IM Manto impermeabilizzante
	214 Copertura	MC Manti di copertura in laterizio
		PS Piastrelloni in copertura
		GH Ghiaia copertura
		TG Tetto giardino
		SC Sistemi pre-assemblati di copertura
		IC Impermeabilizzazione in copertura
		CC Colbertazioni in copertura
		MC Massetti copertura
	216 Chiusure verticali	TE Tamponamenti esterni
	218 Isolamenti termici	CA Sistema a cappotto
		IS Pannelli di isolamento termico
		SW Pannello sandwich
	224 Sistemi di facciata	CW Curtain wall
		FV Facciata ventilata
		SC Schermature
	226 Serramenti esterni	PF Porta finestra
		PE Porte esterne
		FB Finestre esterne battente
		FV Finestre esterne vasistas
		FS Finestre esterne scorrevoli
		GR Griglie ventilazione
		SM Apertura Smoke out
	230 Stratigrafie orizzontali esterne	PC Pacchetto di chiusura controterra
	236 Partizioni verticali interne	CP Contropareti interne
		MR Muratura in blocchi
		PS Partizioni a secco in cartongesso
		PR Linee vita
		MB Pareti mobili
	234 Isolamenti acustici	MA Materassini anticalpestio
	236 Sottofondi e massetti	SF Sottofondi
		MP Massetti pendenzati
	242 Pavimenti e rivestimenti	PV pavimentazioni
		PG pavimentazioni galleggianti
		BT battiscopa e sgusce
		RV rivestimenti in copertura
		IG casseri a perdere
	244 Finiture a soffitto	CT Controsoffitti
		NT Soffitti intonacati
		PL Placcaggi a soffitto
	246 Finiture murarie	TN Tinteggiature a parete
		RP Rivestimenti a parete
	250 Serramenti interni	PI Porte interne standard
		PT Porte interne speciali
		VI Visive interne
		PX Pass-box, passamalai, ecc.
	262 Protezione antincendio	T3 Porte tagliafuoco REI30
		T6 Porte tagliafuoco REI60
		T9 Porte tagliafuoco REI90
		FI Porte tagliafuoco REI120
		CS Canne evacuazioni fumi tipo Shunt
	264 Opere da fabbro	PM Parapetti metallici
		GR Grigliati verticali
		GO Grigliati orizzontali
		RG Ringhiere
		CN Cancelli
	266 Lattinerie e sistemi anticaduta	PL Gronde e pluviali
		SC Scossaline metalliche
		CN Canalette di gronda
		LV Linee vita
	272 Assistenze murarie	IE Impianti elettrici
		IM Impianti meccanici
	282 Attrezzatura e arredi	AR Arredi interni
	292 Sottoservizi	CD Caditoie
		PZ Pozzetti
		RC Canaline di raccolta
	294 Sistemazioni esterne	CD Cordoli
		MC Marciapiedi
		AE Arredi esterni
		PP Pavimentazioni in pietra
		LG Pavimentazioni loes
		PC Pavimentazioni in calcestruzzo
		AS Asfalto
		PK Pavimentazioni parcheggi
	296 Opere a verde	FI Fioriere
		AR Arbusti
		SI Siepi
		ER Manto erboso

Tabella 2 - WBS caso studio - Codici 04,05 e 06 (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

Le immagini che seguono, estratte dal software Autodesk Revit, illustrano le modalità di visualizzazione dei valori di parametri di istanza o di tipo all'interno del modello BIM. In particolare, dal complesso edilizio è stato isolato un locale sito al terzo piano ed è stato selezionato un elemento corrispondente ad una partizione interna verticale composto da un pannello in cartongesso ignifugo.



*Figura 40 - Estratto di schermata dal software Revit con evidenziazione partizione verticale interna in un locale (Tecnicaer Engineering s.r.l.)*

Dalla selezione di un elemento è possibile prendere visione delle proprietà geometriche e dei dati informativi che lo caratterizzano. Così come evidenziato nell'immagine sottostante è possibile notare la presenza dei codici WBS associati all'edificio (1D – Dipartimento) e al piano in cui è collocato l'elemento (P3 – Livello 3).

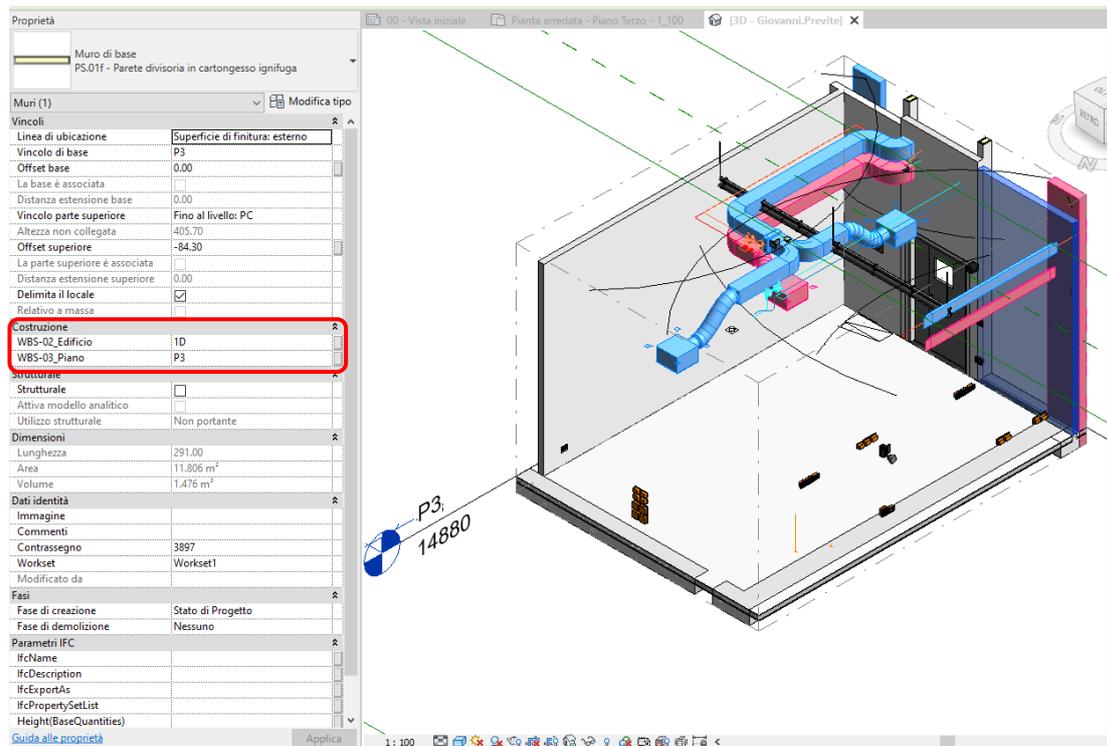


Figura 41 - Estratto schermata Revit con Parametri d'istanza (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

Selezionando il comando "Modifica tipo" è possibile visualizzare le proprietà del tipo di elemento. Qui è possibile notare il codice relativo alla disciplina (2A – Opere edili-architettoniche), il codice associato alla lavorazione (235 – Partizioni verticali interne) ed alla sottocategoria di lavorazione (PS – Partizioni a secco in cartongesso).

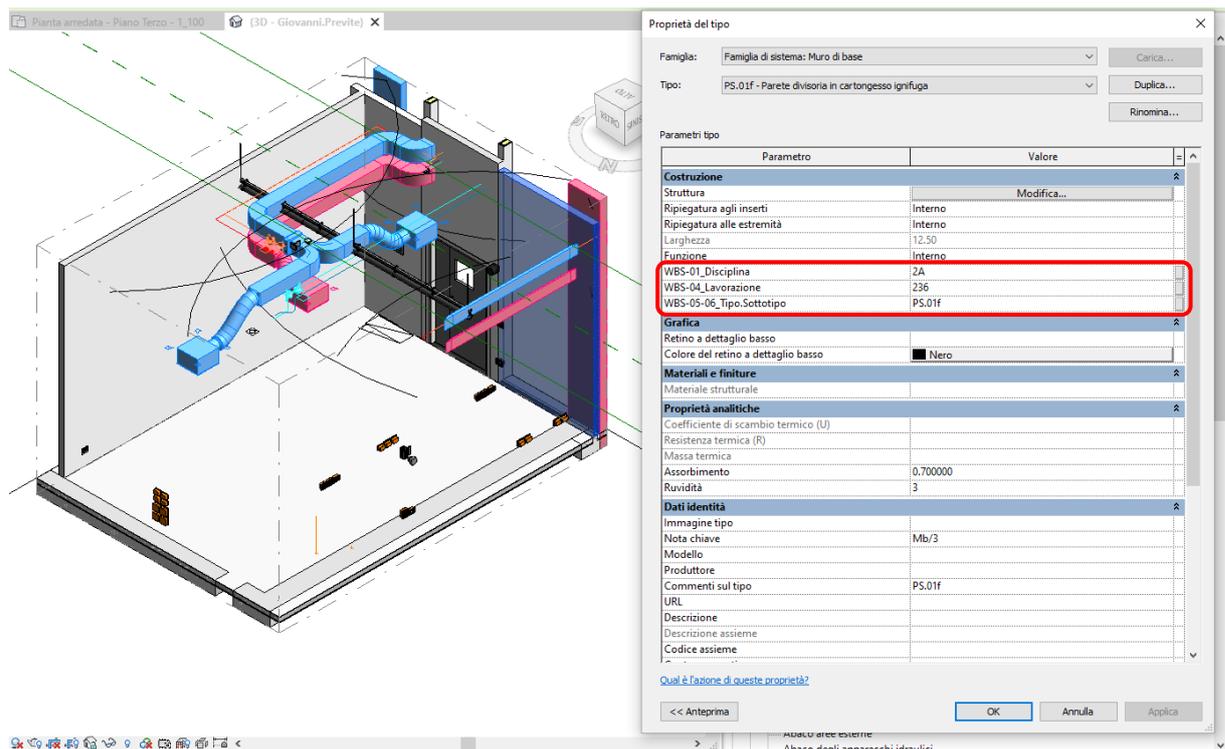


Figura 42 - Estratto schermata Revit con parametri del tipo (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

La compilazione di tali parametri risulta fondamentale poiché si ottiene un mezzo attraverso il quale è possibile determinare gruppi di elementi sotto un codice univoco; ciò si rivela utile ogni qualvolta è richiesta una qualsiasi attività che prevede un'analisi delle quantità presenti in un modello, come, ad esempio, ai fini del computo dei costi di costruzione o di manutenzione o della stima dei tempi di realizzazione.

### 2.2.2. Schede prestazionali dei laboratori

Nella sezione che ha introdotto l'attività progettuale, si è evidenziato come la progettazione dei laboratori di ricerca in termini di layout, arredi e dotazione MEP abbia richiesto particolare cura ed attenzione data la complessità delle specifiche tecniche richieste dalla committenza. Nei capitoli di approfondimento teorico in cui si è discusso del sistema anagrafico, invece, è stato introdotto il concetto di archivio documentale come quell'insieme di elaborati da cui realizzare una prima base di informazioni per costruire l'anagrafica spaziale e tecnica di un'infrastruttura.

Difatti, durante l'iter progettuale del caso studio analizzato, grazie ad un dialogo costante con l'Università di Pisa, sono stati forniti ed elaborati una serie di documenti molto utili per indirizzare la scelta delle soluzioni architettoniche ed impiantistiche all'interno dei laboratori di ricerca del polo di biologia. In particolare, ciò che ha costituito fonte essenziale di informazioni sono state le *schede prestazionali* dei laboratori didattici e di ricerca: si tratta di documenti univoci per ogni laboratorio, inoltrati in formato .xls o .pdf e redatti dai docenti a capo dei vari reparti del Dipartimento di ricerca di Biologia dell'ateneo toscano. Più precisamente in tali schede sono contenute indicazioni dettagliate su tutto l'equipaggiamento necessario per il corretto utilizzo del laboratorio: si va dalla tipologia di illuminazione richiesta fino a materiali speciali da impiegare per le finiture, dagli arredi da inserire alle prestazioni necessarie per l'impiantistica MEP. Di seguito verranno presentate le suddette schede con le parti che le compongono, per agevolare l'esposizione verrà riportato l'esempio del *locale 384*, corrispondente al *laboratorio di biochimica sperimentale*, nel reparto di Biochimica e Igiene, sito al piano terzo lungo la stecca sud del Dipartimento.

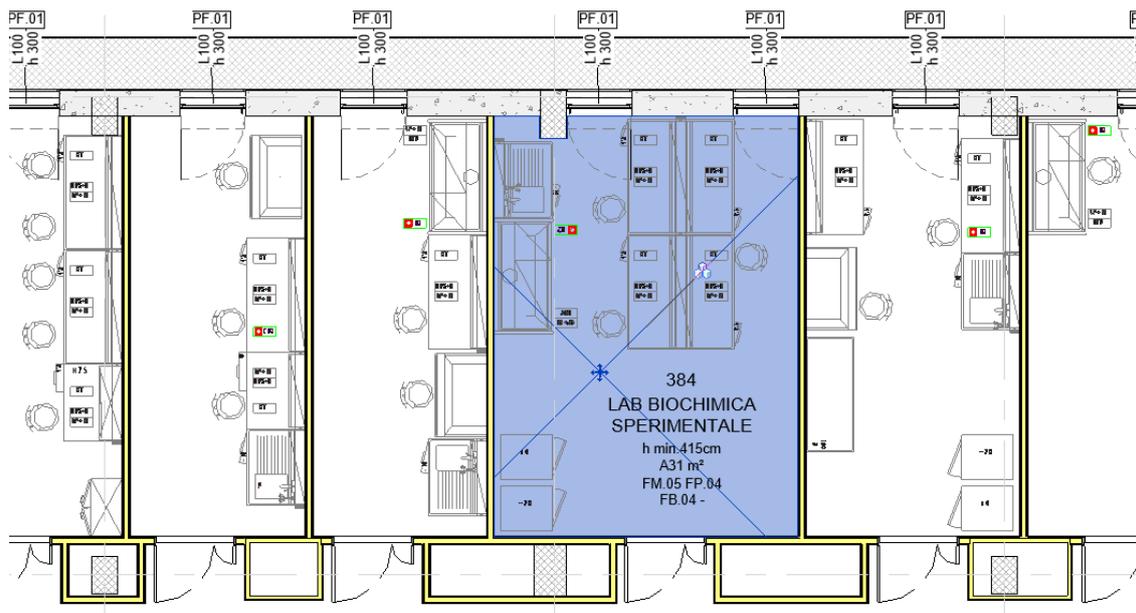


Figura 43 - Stralcio pianta piano terzo con indicazione laboratorio di biochimica sperimentale (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

Ogni documento viene introdotto da un resoconto generale sulla tipologia di laboratorio in questione (chimico, biologico e/o strumentale), sulla metratura e il numero di postazioni. È presente, inoltre, una descrizione delle attività svolte e delle attrezzature installate nel locale. Completa il tutto l'indice di affollamento permanente ed occasionale.

LOCALE 5.10 (384)		Laboratorio di biochimica sperimentale	
BIOCHIMICA E IGIENE - GRUPPO A			
Attrezzature	Cappa chimica, cappa biologica, frigo 4°C, freezer, -20°C		
Superf. (mq)	30		
Postazioni	8		
Attività			
Gas	azoto		
<b>TIPOLOGIA LABORATORIO:</b>			
0.01. Chimico	X		
0.02. Biologico	<input type="checkbox"/>		
0.03. Strumentale	X		
<b>DESCRIZIONE ATTIVITA':</b>			
(indicare anche eventuali condizioni climatiche particolari)			
Svolgimento delle attività di biochimica sperimentale			
<b>DESCRIZIONE ATTREZZATURE UTILIZZATE:</b>			
(indicare le dimensioni di eventuali attrezzature e se sono da posizionare sul banco o a terra)			
Cella frigo a terra (dimensioni larghezza 1,5 m, profondità 0,7 m, altezza 2m) ; centrifuga refrigerata a terra; frigo 4°C e freezer -20°C a terra			
<b>PERSONALE:</b>			
		Permanente n. <u>7</u>	Occasionale n. <u>1</u>

Figura 44 - Scheda prestazionale laboratorio di biochimica sperimentale (introduzione) (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

Dopo questa sezione introduttiva ne seguono altre cinque per ogni documento. La prima fa riferimento alle *opere edili* con una descrizione della tipologia di pavimentazione e di rivestimento delle altre superfici, sono presenti poi le caratteristiche ambientali da garantire nei laboratori come il tipo di illuminazione richiesta, che sia essa artificiale o naturale, o la necessità di elementi che provvedano all’oscuramento del locale. Conclude la sezione una parte con indicazioni su materiali specifici da adottare nel laboratorio in questione.

1. Opere edili e caratteristiche ambientali			
1.01. Pavimentazione (*)			
1.02. Rivestim./intonaco (*)			
1.03. Illuminazione artificiale diffusa	X	Note:	
1.04. Illuminazione naturale	<input type="checkbox"/>	Note:	
1.05. Illuminazione concentrata	<input type="checkbox"/>	Note:	
1.06. Oscuramento	<input type="checkbox"/>	Note:	
(*) indicare solo se necessitano materiali specifici			
Altro:			

Figura 45 - Scheda prestazionale laboratorio di biochimica sperimentale (opere edili e caratteristiche ambientali) (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

La seconda sezione riguarda la dotazione MEP da garantire nel laboratorio, in particolare si va dall’impianto idraulico con indicazioni sulla distribuzione e lo scarico delle acque, sulle tipologie di gas richiesti per l’attività di ricerca (aria compressa, gas inerti, infiammabili, ecc.) e sulla dotazione di attrezzature speciali come cappe d’aspirazione o docce di emergenza come dispositivi per garantire la sicurezza degli operatori.

2. Impianti Meccanici			
2.01. Acqua fredda	X	N° prese:	Note:
2.02. Acqua calda	X	N° prese:	Note:
2.03. Scarico acqua	X	N° prese:	Note:
2.04. Gas inerte: Azoto	X	N° prese: 1	Note: sotto cappa
2.05. Gas inerte: _____	<input type="checkbox"/>	N° prese:	Note:
2.06. Gas inerte: _____	<input type="checkbox"/>	N° prese:	Note:
2.07. Gas infiammabile: _____	<input type="checkbox"/>	N° prese:	Note:
2.08. Aria compressa	<input type="checkbox"/>	N° prese:	Note:
2.09. Aspirazione	<input type="checkbox"/>	N° prese:	Note:
2.10. Scarichi speciali	<input type="checkbox"/>	N° prese:	Note:
2.11. Doccia di emergenza	X	N° prese: 1	Note:
2.12. Doccetta lavacchi	X	N° prese: 1	Note:
NOTA: precisare il gas utilizzato, indicare la posizione (sotto-cappa o su banco) e la tipologia della presa di utilizzo			
NOTA: indicare se sono necessarie condizioni impiantistiche particolari, non ordinarie, legate ad attività specifiche o se la presenza di attrezzature di laboratorio produce carichi termici notevoli			
Altro:			

Figura 46 - Scheda prestazionale laboratorio di biochimica sperimentale (impianti meccanici) (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

La terza sezione è un proseguimento della seconda e riguarda gli impianti elettrici e speciali, con informazioni sulle prese elettriche e prese per la trasmissione dati necessarie per i piani di lavoro.

3. Impianti Elettrici e Speciali				
3.01. Impianto 220 V	<input type="checkbox"/>	Kw	_____	N° prese: _____ Note: _____
3.02. Impianto 220 V gr. contin.	<input type="checkbox"/>	Kw	_____	N° prese: _____ Note: _____
3.03. Impianto 380 V	<input type="checkbox"/>	Kw	_____	N° prese: _____ Note: _____
3.04. Telefono	<input type="checkbox"/>		_____	N° prese: _____ Note: _____
3.05. Trasmissione dati	<input checked="" type="checkbox"/>		_____	N° prese: <u>1</u> Note: _____
<p>NOTA: la dotazione impiantistica standard (sotto-cappa o su banco) prevede un pannello da 4 prese 220V + 1 presa dati per ciascun piano di lavoro, eventuali variazioni devono essere segnalate e motivate. Le prese sotto gruppo di continuità devono riguardare esclusivamente attrezzature sensibili.</p> <p>Altro: (indicare strumenti con assorbimenti sensibili e relativi KW)</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>				

Figura 47 - Scheda prestazionale laboratorio di biochimica sperimentale (impianti elettrici e speciali) (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

La quarta sezione è riferita agli arredi necessari per svolgere l'attività di ricerca. Si possono trovare prescrizioni sugli elementi specifici per il tipo di laboratorio, ad esempio la necessità di avere cappe chimiche, gruppi di lavaggio e altri componenti fondamentali.

4. Arredi laboratorio				
4.01. Gruppo di lavaggio (120 cm)	<input checked="" type="checkbox"/>	N.	<u>1</u>	Note: _____
4.02. Banco di lavoro (120 cm)	<input checked="" type="checkbox"/>	N.	_____	Note: _____
4.03. Banco di lavoro (180 cm)	<input checked="" type="checkbox"/>	N.	<u>4</u>	Note: _____
4.04. Piano in gres monolitico	<input type="checkbox"/>	N.	_____	Note: _____
4.05. Piano in pvc	<input type="checkbox"/>	N.	_____	Note: _____
4.06. Piano in acciaio porcellanato	<input checked="" type="checkbox"/>	N.	<u>1</u>	Note: _____
4.07. Cappa chimica (180 cm)	<input checked="" type="checkbox"/>	N.	<u>1</u>	Note: _____
4.08. Cappa per radiottivi	<input type="checkbox"/>	N.	_____	Note: _____
4.09. Cappa biologica (indicare dimensioni)	<input type="checkbox"/>	N.	_____	Note: _____
4.10. Cappa per polveri	<input type="checkbox"/>	N.	_____	Note: _____
4.11. Piano scrivania	<input type="checkbox"/>	N.	_____	Note: _____
4.12. Sgabelli da laboratorio	<input checked="" type="checkbox"/>	N.	<u>3</u>	Note: _____
4.13. Altro	<input type="checkbox"/>	N.	_____	Note: _____
<p>NOTA: ogni banco chimico di lavoro prevede una vaschetta di scarico con presa acqua, alzata tecnica con due mensole e un mobiletto sottopiano ad anta</p> <p>NOTA: indicare la possibilità di recupero di arredi esistenti</p>				

Figura 48 - Scheda prestazionale laboratorio di biochimica sperimentale (arredi laboratori) (Tecnicaer Engineering s.r.l.)

La quinta ed ultima sezione contiene informazioni sulla presenza di solventi e sostanze tossiche. Indicazioni del genere sono necessarie al fine di provvedere alla fornitura di adeguati elementi di arredo atti a contenere tali sostanze, sempre nell'ottica di gestione della sicurezza del personale impiegato in attività di ricerca in locali del genere.

5. Solventi e tossici			
5.01. Armadi per infiammabili	X	N.	<u>1</u> Note: <u>5 lt alcool</u>
5.02. Armadi per acidi e basi	X	N.	<u>1</u> Note: <u>3 lt acidi</u>
5.03. Armadi per radioattivi	<input type="checkbox"/>	N.	_____ Note: _____
5.04. Armadi per strumentazione	<input type="checkbox"/>	N.	_____ Note: _____

NOTA: indicare quantità e tipologia delle sostanze tenendo presente che nei laboratori potranno essere stoccati piccoli quantitativi di sostanze infiammabili e acidi-basi necessarie all'attività giornaliera; quantitativi maggiori, e comunque non superiori a 1 mc per le sostanze infiammabili, saranno stoccati nei depositi interni all'edificio, mentre le scorte saranno stoccate in depositi accessibili al piano terra.

Figura 49 - Scheda prestazionale laboratorio di biochimica sperimentale (solventi e tossici) (Technicaer Engineering s.r.l.)

Documenti del genere sono risultati indispensabili per lo scambio di informazioni tra committente e progettista circa la progettazione di spazi e ambienti non ordinari come i laboratori in questione; difatti l'impiego delle seguenti schede, in questa fase, ha permesso di semplificare l'intera attività garantendo delle linee guida ben precise da seguire. Tuttavia, va precisato che la trasmissione di queste schede non è stata unidirezionale; fin dall'affidamento dell'appalto per la progettazione definitiva c'è stato uno scambio costante con continui aggiornamenti e revisioni da parte della stazione appaltante.

### 2.2.3. Parametrizzazione delle schede prestazionali

Come anticipato nel paragrafo precedente, la rilevanza delle schede prestazionali appena descritte ha evidenziato la necessità di una libera fruizione delle stesse per tutti i soggetti impiegati nell'attività di progettazione. Per ottenere ciò si è cercato di sfruttare al meglio lo strumento della condivisione in rete locale attraverso la generazione di link che reindirizzassero l'utente alla risorsa in formato .pdf presente sul server dell'ufficio. A partire dal modello BIM poi, si è scelto di associare tali link alle entità locale presenti in Revit.

Per raggiungere questo risultato è stato creato un parametro di progetto denominato Scheda prestazionale laboratorio da compilare con l'indirizzo del file. La scelta di un parametro d'istanza è stata intrapresa per poter agire agevolmente sulle proprietà dei singoli elementi Locale senza influenzare la restante parte.

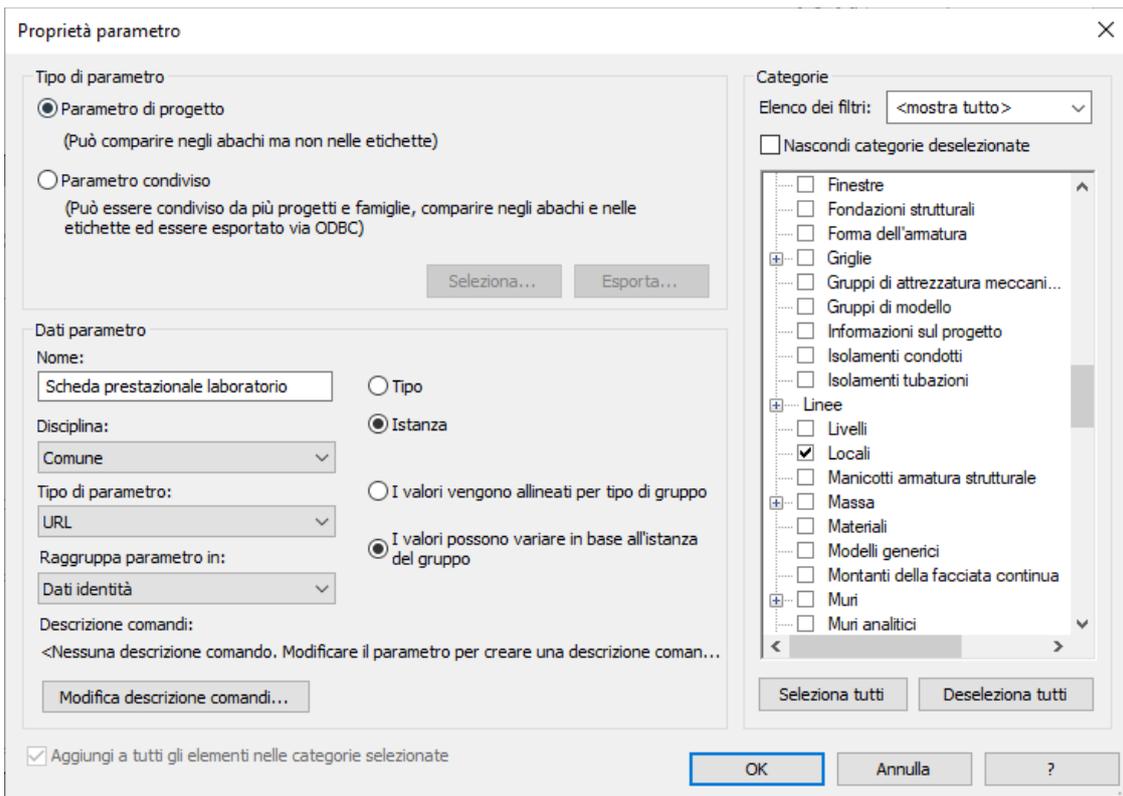


Figura 50 - Schermata scheda creazione parametri in Revit (Autodesk Revit)

Come tipo di parametro si è scelto l'URL, ossia l'Uniform Resource Locator, che consiste in una sequenza di caratteri alfanumerici utilizzata per identificare l'indirizzo di una risorsa su una rete di computer, sia essa un server locale o remoto. Nell'immagine sottostante è possibile notare un esempio di URL relativo alla scheda prestazionale precedentemente descritta.

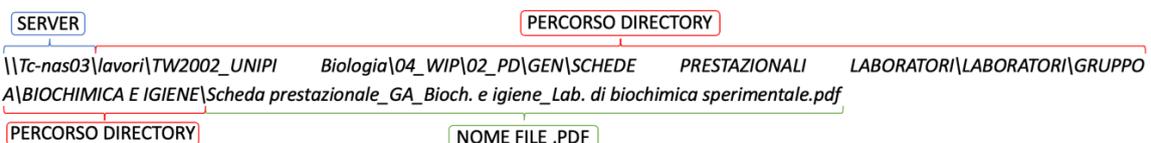


Figura 51 - Schema URL per scheda prestazionale laboratorio.

La compilazione del nuovo parametro è stata eseguita generando in Revit un abaco dei locali contenete le informazioni minime necessarie all'identificazioni degli stessi.



In seguito, attraverso l'estrazione dello stesso abaco in formato .xls si è proceduto con la compilazione della colonna adibita al parametro individuato. Il passaggio finale è stato compiuto tramite il plug-in DiRoots One con cui è stato possibile reimportare l'abaco da Excel verso Revit ed aggiornare lo stesso con i nuovi dati informativi.

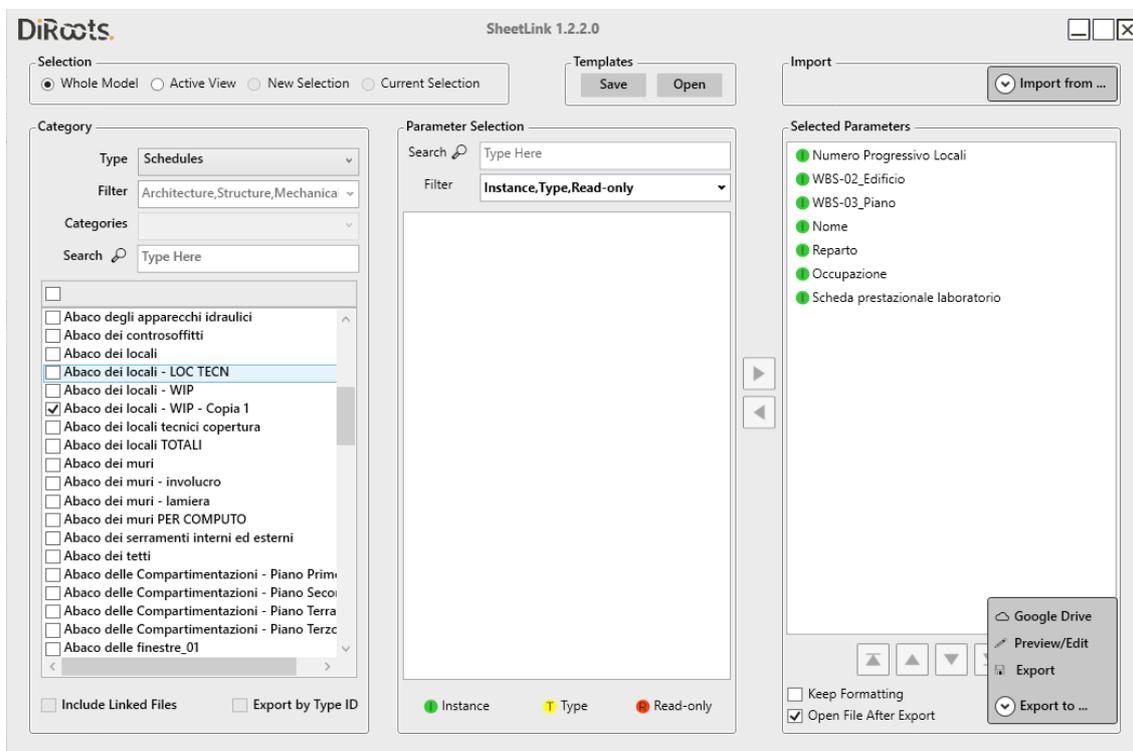


Figura 52 - Schermata DiRoots One per importazione abaco in Revit (Autodesk Revit)

#### 2.2.4. WBS chiusure verticali ai fini della validazione

In questo paragrafo viene trattato un esempio di elaborazione dei dati informativi del modello. Si tratta dell'opera di riconoscimento e catalogazione delle opere murarie presenti nel modello BIM del caso studio, attività necessaria per agevolare l'attività di verifica e validazione del progetto definito.

Con i termini *verifica del progetto* s'intende quella fase di analisi che ha lo scopo di evidenziare tutte le qualità o imperfezioni del progetto nell'ottica della comunicazione dello stesso alla stazione appaltante. Si accertano la completezza della progettazione, la coerenza del quadro economico, l'appaltabilità del progetto, la riduzione dei rischi in termini di varianti o di contenziosi, la possibilità di rispettare i tempi di costruzione previsti, la sicurezza di maestranze e di utilizzatori, nonché la manutenibilità delle opere.<sup>28</sup> La verifica viene sempre condotta su tutti i livelli di progettazione e può essere data in carico a personale intero o esterno alla stazione appaltante.

La *validazione* invece consiste in un atto formale che include gli esiti delle verifiche e conclude il processo di progettazione attestando che il lavoro compiuto possa essere posto a base di gara. Sancisce quindi l'accettabilità del progetto da parte della stazione appaltante con lo scopo di dare il via alla procedura per la scelta del soggetto a cui affidare l'esecuzione oppure l'ulteriore sviluppo e il completamento della progettazione, nonché l'esecuzione. La validazione è inoltre sottoscritta dal responsabile del procedimento.

Nella fattispecie dell'attività progettuale presa in esame, i soggetti incaricati di svolgere questi compiti dovevano visionare ed accertare tutti gli elaborati definitivi, siano essi tavole grafiche o relazioni. Con riferimento ai computi metrici, in essi ad esempio erano riportate le quantità degli elementi muri, presenti e modellati in Revit, ma non la relativa collocazione negli elaborati grafici; difatti i verificatori avevano a disposizione informazioni come nome, famiglia, dimensioni geometriche, ma mancando la posizione degli

---

<sup>28</sup> Decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207, Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE», articolo 45, comma 2 e articolo 55, comma 1.

elementi all'interno del progetto non era possibile il confronto con gli elaborati grafici. Per portare a termine la verifica e la validazione è necessario che sia sempre possibile il controllo di un elemento del progetto.

Per tali motivi il gruppo deputato alla stesura del Computo Metrico Estimativo ME (CME) ha presentato al gruppo di Progettazione Edile la richiesta di uno strumento che facilitasse la distinzione, e di conseguenza il computo, delle opere murarie presenti. Ciò si è concretizzato in una serie di viste in pianta e di abachi estratti dal modello.

Dal punto di vista operativo a partire dal modello architettonico in Revit, la prima parte del processo è stata la generazione un abaco dei muri provvisto di tutte quelle informazioni che potessero essere utili per lo scopo. Tra le proprietà di questi elementi è stata fatta una cernita per riconoscere quali potessero essere più adeguate e funzionali all'attività di computo e validazione.

Per l'appunto sono stati selezionati i seguenti parametri:

- Tipo, che identifica degli elementi all'interni di una famiglia e che è stato definito durante la fase di modellazione e di scelta delle stratigrafie;
- WBS-01\_Disciplina, medesimo per tutte le voci dell'abaco appartenendo esse al modello architettonico (2A);
- WBS-02\_Edificio, anch'esso pressoché uguale per ogni voce trattandosi di opere murarie caratterizzanti il dipartimento (1D);
- WBS-03\_Piano, fondamentale per riconoscere il livello cui è associato l'elemento;
- WBS-04\_Lavorazione, che individua all'interno di categorie di lavorazioni omogenee quella relativa all'istanza;
- WBS-05-06\_Tipo.Sottotipo, che distingue le tipologie di chiusura verticale (ad esempio PP – Parete prefabbricata, CP – Controparete);
- Commenti sul tipo, che contiene il codice relativo alla stratigrafia;
- Lunghezza, Altezza non collegata ed Area, semplici caratteristiche geometriche utili per l'associazione di un costo al m<sup>2</sup> o al m<sup>3</sup>.

L'abaco così ottenuto è servito per restituire una visione generale della moltitudine di tipi di elementi presenti nel modello, ognuno con le proprie caratteristiche ed informazioni a corredo.



Lo step successivo è stato inserire un ulteriore parametro, Contrassegno, per identificare in maniera univoca ogni singolo elemento appartenente alla famiglia dei muri. In Revit la compilazione di tale dato è stata eseguita in tempi molto brevi grazie al plug-in DiRoots One che, rimanendo all'interno dello stesso software, consente di gestire gli abachi del modello esportandoli in vari formati.

Per l'appunto, ottenuto un file con estensione .xls tramite il software Excel è stata compilata la colonna relativa al parametro contrassegno inserendo un progressivo numerico. Lo stesso plug-in poi, essendo in grado di riconoscere le informazioni contenute nelle tabelle, presenti sottoforma di caratteri alfanumerici, consente di reimportare gli stessi abachi e di sovrascrivere eventuali modifiche al modello BIM.

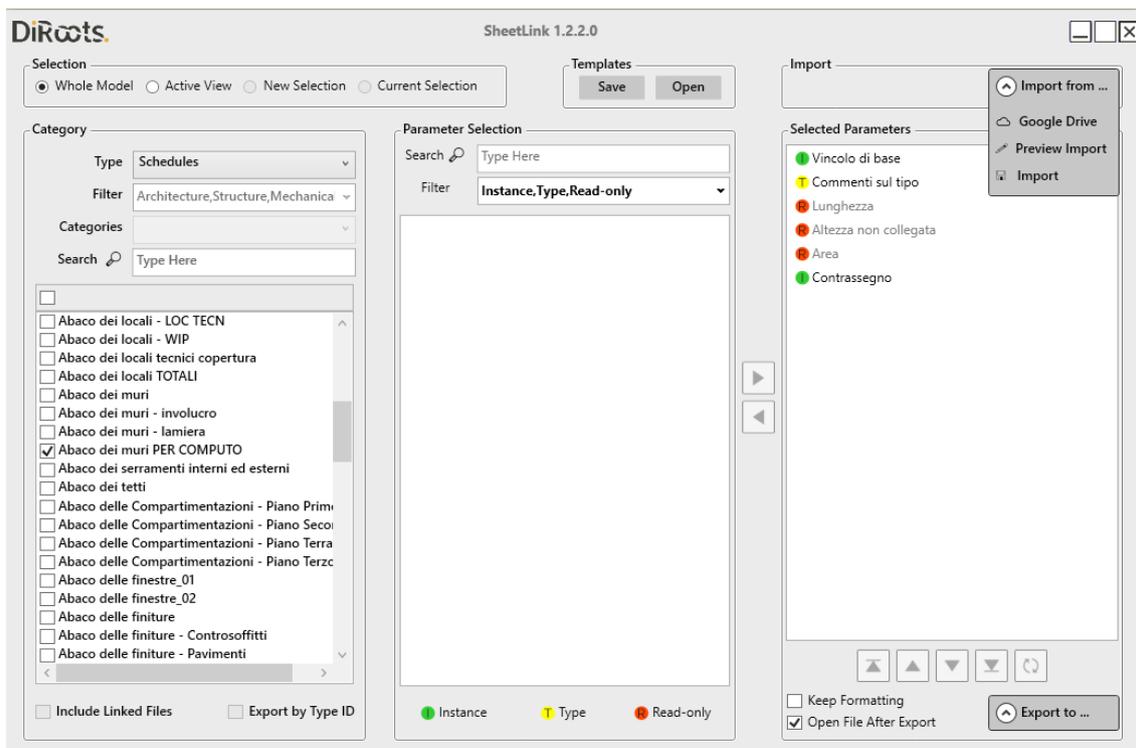


Figura 53 - Schermata DiRoots per importazione/esportazione abachi da Revit (Autodesk Revit)

Questo procedimento si è reso necessario poiché, nonostante ogni istanza di un abaco sia dotata di per sé di un codice ID univoco, quest'ultimo non è inseribile direttamente in delle etichette da mostrare in viste del modello; infatti, per ovviare a ciò e per garantire questa univocità, ogni elemento è stato dotato in maniera progressiva di un codice numerico, prescindendo dal tipo e dall'istanza stessa.

L'abaco così ottenuto porta con sé 4380 elementi, ciascuno corrispondente ad un elemento di chiusura verticale, arricchito da tutte le informazioni necessarie per l'attività di computo preposta.

R TW2002_PD_ARCH.rvt - Abaco: Abaco dei muri PER COMPUTO												
<Abaco dei muri PER COMPUTO>												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
Vincolo di base	Tipo	WBS-01 Disciplina	WBS-02 Edificio	WBS-03 Piano	WBS-04 Lavorazione	WBS-05-06 Tipo Sottotipo	Comments sul tipo	Lunghezza	Altezza non collegata	Area	Contrassegno	
Piano di campagna	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	IN	222	PP 01	CE 01	1891	536	92.41 m²	1	
P0	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P0	222	PP 01	CE 01	55.5	476	2.38 m²	2	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	40.5	476	1.67 m²	3	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	40.5	476	1.58 m²	4	
Piano di campagna	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	IN	222	PP 01	CE 01	775.23	476	37.08 m²	5	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	46	386	1.78 m²	6	
P3	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P3	222	PP 01	CE 01	39	509	1.71 m²	7	
Piano di campagna	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	IN	222	PP 01	CE 01	40.5	491	1.68 m²	8	
Piano di campagna	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	IN	222	PP 01	CE 01	45.5	536	2.68 m²	9	
P3	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P3	222	PP 01	CE 01	40.5	490	2.25 m²	10	
P0	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P0	222	PP 01	CE 01	1913	490	90.29 m²	11	
P0	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P0	222	PP 01	CE 01	1761	491	80.19 m²	12	
P3	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P3	222	PP 01	CE 01	835	490	38.8 m²	13	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	40.5	545.5	2.51 m²	14	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	40.5	443	1.55 m²	15	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	852.21	476	40.83 m²	16	
Piano di campagna	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	IN	222	PP 01	CE 01	40.5	536	1.88 m²	17	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	1761.5	476	80.97 m²	18	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	1758.6	476	83.19 m²	19	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	40.5	586	2.05 m²	20	
P3	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P3	222	PP 01	CE 01	64.44	490	2.85 m²	21	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	549.5	490	30.08 m²	22	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	40.5	578.5	2.66 m²	23	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	1405.5	509	13.85 m²	24	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	1213	582	25.02 m²	25	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	1141	578.5	64.62 m²	26	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	565.5	578.5	31.18 m²	27	
P0	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P0	222	PP 01	CE 01	9.53	490	0.93 m²	28	
P0	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P0	222	PP 01	CE 01	775.23	419	32.71 m²	29	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	663.63	426	27.14 m²	30	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	550	578.5	32.35 m²	31	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	984.06	492.5	47.16 m²	32	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	869.23	509	43.45 m²	33	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	550	545.5	30 m²	34	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	463.8	476	22.34 m²	35	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	46	476	1.67 m²	36	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	1755.5	476	71.23 m²	37	
P1	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P1	222	PP 01	CE 01	1813	476	86.56 m²	38	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	565.5	509	27.44 m²	39	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	544.5	495	27.2 m²	40	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	565.5	586	31.65 m²	41	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	565.5	586	32.03 m²	42	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	1823	476	76.55 m²	43	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	1813	476	86.56 m²	44	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	680.57	476	31.66 m²	45	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	550	582	31.38 m²	46	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	46	476	1.67 m²	47	
P2	CE 01 - Cappotto in pannelli di lana di roccia	2A	1D	P2	222	PP 01	CE 01	550	582	32.01 m²	48	

Figura 54 - Schermata abaco dei muri estratto da Revit (Autodesk Revit)

Il passo successivo è stato generare una famiglia di etichette in grado di poter mostrare tali informazioni aggiuntive.

Partendo da una serie di template di famiglie messe a disposizione in automatico dal software Revit, è stata selezionata una Annotazione generica metrica. Da qui, selezionando l'opzione Parametri e categorie di famiglie, si è scelto lo scopo dell'annotazione che si andava a creare, ossia quello di essere un'etichetta dei muri. Dalla scheda Crea, scegliendo di inserire un Testo etichetta, sono state individuate le informazioni e, dunque, i parametri da mostrare nell'annotazione.

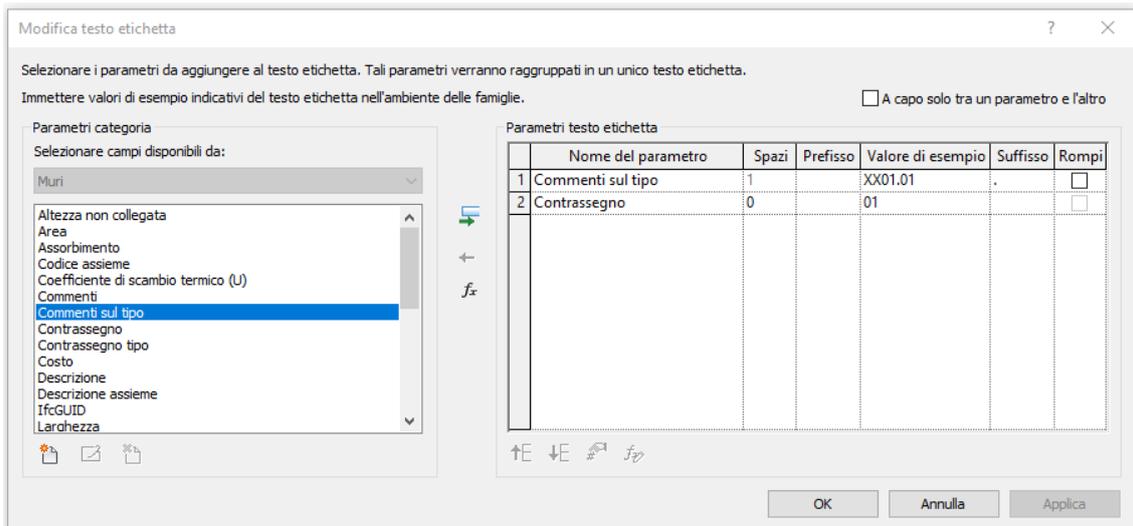


Figura 55 - Schermata finestra modifica testo etichetta in Revit (Autodesk Revit)

Una volta compilati i valori d'esempio e scelto il tipo di combinazione testuale da far comparire si è giunti al risultato voluto.

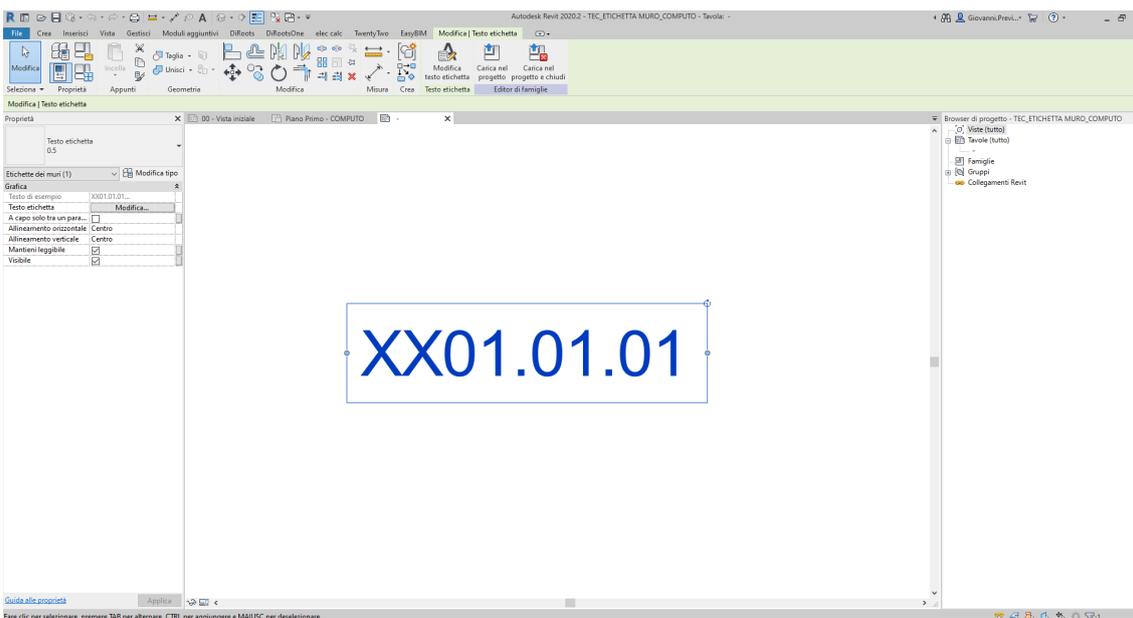


Figura 56 - Schermata modifica famiglia etichetta in Revit (Autodesk Revit)

Giunti all'ultimo passaggio è stato creato un set di viste in pianta, ognuna corrispondente ad un livello del Dipartimento di Biologia, ricavate nascondendo ogni elemento che potesse creare disturbo ad un'individuazione chiara e nitida delle varie tipologie di chiusure verticali all'interno dello stato di progetto. L'inserimento delle etichette dei muri è stato immediato grazie alla funzionalità presente in Revit di assegnazione automatica delle stesse alla famiglia del modello scelta. L'immagine sottostante rappresenta un estratto di una delle viste in pianta sopraccitate.

## WBS chiusure verticali ai fini della validazione

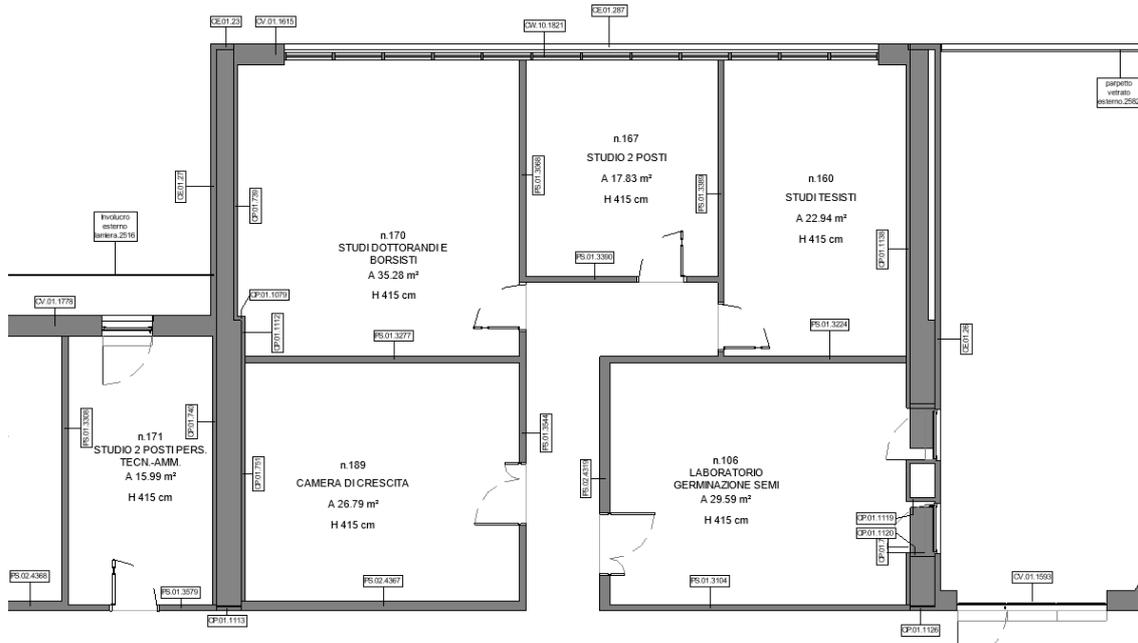


Figura 57 - Stralcio pianta piano secondo con etichette muri (Autodesk Revit)

## Conclusioni

Giunti alla conclusione di questo elaborato finale risulta doveroso ribadire quale fosse lo scopo iniziale dello stesso: giustificare attraverso esempi pratici, l'utilizzo della metodologia BIM ai fini del Facility Management. I primi capitoli di approfondimento teorico sono serviti per preparare adeguatamente il lettore all'esposizione successiva del caso studio. Era necessario, prima di tutto, chiarire i concetti relativi al BIM e alla disciplina del Facility Management, dalle definizioni ai possibili impieghi, così come per la manutenzione, concetto che a volte viene eccessivamente semplificato ma, come si è visto, di vitale importanza per la gestione tecnica, funzionale ed economica di un'infrastruttura. Per non parlare poi del sistema anagrafico, elemento imprescindibile per avviare un qualunque intervento di manutenzione su un'opera.

In seguito, la trattazione di un caso studio come il nuovo polo di Biologia dell'Università di Pisa, caratterizzato da una certa rilevanza economica e strategica, ha fatto sì che i temi sopracitati trovassero largo impiego. Da una parte, l'adozione di un sistema di codifica WBS ha permesso, in primo luogo, di catalogare la moltitudine di elementi ed entità presenti nel modello digitale; in questo modo, il prodotto è stato arricchito da uno strumento in grado di agevolare tutte quelle attività che per essere messe in atto richiedono un'estrazione delle quantità dal modello, come evidenziato nel paragrafo relativo alla validazione del progetto. Oltre ciò è stato possibile strutturare la commessa determinando una gerarchia ed una suddivisione degli obiettivi per i vari gruppi di lavoro. D'altra parte, invece, l'inserimento e la gestione parametrica delle schede prestazionali dei laboratori di ricerca sono state delle attività di valorizzazione del bagaglio informativo associato alle entità del modello. Da semplici elaborati tecnici si è passati ad avere dei documenti vivi, oggetto di dialogo, oltre che di modifica, con la stazione appaltante.

Dall'esperienza di tirocinio svolta nell'ultimo anno della laurea magistrale non può che essere stata maturata un'ulteriore consapevolezza riguardo ai mezzi messi a disposizione dall'universo BIM, un'innovativa metodologia non solo di progettazione, ma anche di gestione del ciclo di vita delle opere, che in tempi recenti sta sempre di più dominando il mercato del settore delle costruzioni. Il BIM offre anche al settore una piattaforma per

l'integrazione di informazioni relative alle attività di manutenzione, alle riparazioni e alla gestione degli impianti. Se usato correttamente e consapevolmente non può che agevolare una maggiore efficienza del processo, una sostenibilità dei costi di esercizio e una maggiore soddisfazione degli utenti.





## Indice delle figure

Figura 1 - Schema flusso di informativo - UNI 11337-5:2017 (biblius.acca.it)	14
Figura 2 – Schema legame informativo tra entità di un’opera, oggetto digitale e livello di sviluppo (flaticon.com)	15
Figura 3 - Scala di riferimento LOD secondo la UNI 11337-4:2017 (4mgrou.com)	17
Figura 4 - Dimensioni del BIM (biblius.acca.it)	18
Figura 5 - Esempio di BIM 4D con Autodesk Navisworks (editeca.com)	19
Figura 6 - Esempio di diagramma di Gantt (support.microsoft.com)	20
Figura 7 - Esempio di BIM 5D (corso di BIM e Construction Management – a.a. 2021/2022)	22
Figura 8 - Esempio di BIM 6D con Autodesk Revit (bimportale.com)	23
Figura 9 - Esempio di BIM 7D, workflow (sciencedirect.com - Dalia M.A. et al.)	25
Figura 10 - Approccio integrato del Facility Management (flaticon.com)	27
Figura 11 - Servizi all'edificio, agli spazi e alle persone (flaticon.com)	29
Figura 12 - Fruibilità, efficienza, sostenibilità e resilienza (flaticon.com)	31
Figura 13 - Agenda 2030, obiettivi per lo sviluppo sostenibile (unric.org)	31
Figura 14 - Schema concettuale sui tipi di manutenzione (flaticon.com)	37
Figura 15 - Evoluzione dell'industria da 1.0 a 4.0 (universeit.blog)	38
Figura 16 - Schematizzazione struttura del piano di manutenzione (flaticon.com)	42
Figura 17 - Schematizzazione regola del 100% per un codice WBS (biblius.acca.it)	45
Figura 18 - Inquadramento territoriale (Google Maps)	48
Figura 19 - Vista dall'alto del lotto d'intervento (Google Maps)	48
Figura 20 - Planimetria generale di progetto – non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	49
Figura 21 - Vista esterna dei prospetti su corte (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	50
Figura 22 - Vista esterna del prospetto nord su corte (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	50
Figura 23 - Vista interna dell'atrio d'ingresso (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	51
Figura 24 - Stratigrafia elemento di tamponamento esterno – non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	52
Figura 25 - Prospetto Nord - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	54
Figura 26 - Prospetto Est - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	54
Figura 27 - Prospetto Ovest - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	55
Figura 28 - Prospetto Sud - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	55
Figura 29 – Prospetto Sud su corte interna – non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	56
Figura 30 – Prospetto Nord su corte interna – non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	56
Figura 31 - Stratigrafia pacchetto tecnologico per partizioni interne - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	57
Figura 32 - Stratigrafia solaio interpiano - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	58
Figura 33 - Stratigrafia pacchetto funzionale di copertura - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	59
Figura 34 - Stralcio pianta piano secondo, stecca Nord - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	60
Figura 35 - Stralcio pianta piano primo con esempio locale adibito ad aula didattica - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	60
Figura 36 - Stralcio pianta distribuzione funzionale piano secondo, stecca Sud; il colore dei locali indica l'appartenenza ad un reparto di ricerca – non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	61
Figura 37 - Stralcio pianta stecca centrale, piano secondo, con laboratori, locali tecnici ed accessori - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	62
Figura 38 - Stralcio pianta stecca Sud, piano terzo, con stabulario – non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	63
Figura 39 - Stralcio pianta stecca Sud, piano terzo con dettaglio su locali stabulario - non in scala (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	63
Figura 40 - Estratto di schermata dal software Revit con evidenziazione partizione verticale interna in un locale (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	67
Figura 41 - Estratto schermata Revit con Parametri d'istanza (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	68
Figura 42 - Estratto schermata Revit con parametri del tipo (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	69
Figura 43 - Stralcio pianta piano terzo con indicazione laboratorio di biochimica sperimentale (Tecnicaer Engineering s.r.l.)	71

<i>Figura 44 - Scheda prestazionale laboratorio di biochimica sperimentale (introduzione) (Tecnicaer Engineering s.r.l.)</i>	71
<i>Figura 45 - Scheda prestazionale laboratorio di biochimica sperimentale (opere edili e caratteristiche ambientali) (Tecnicaer Engineering s.r.l.)</i>	72
<i>Figura 46 - Scheda prestazionale laboratorio di biochimica sperimentale (impianti meccanici) (Tecnicaer Engineering s.r.l.)</i>	72
<i>Figura 47 - Scheda prestazionale laboratorio di biochimica sperimentale (impianti elettrici e speciali) (Tecnicaer Engineering s.r.l.)</i>	73
<i>Figura 48 - Scheda prestazionale laboratorio di biochimica sperimentale (arredi laboratori) (Tecnicaer Engineering s.r.l.)</i>	73
<i>Figura 49 - Scheda prestazionale laboratorio di biochimica sperimentale (solventi e tossici) (Tecnicaer Engineering s.r.l.)</i>	74
<i>Figura 50 - Schermata scheda creazione parametri in Revit (Autodesk Revit)</i>	75
<i>Figura 51 - Schema URL per scheda prestazionale laboratorio.</i>	75
<i>Figura 52 - Schermata DiRoots One per importazione abaco in Revit (Autodesk Revit)</i>	77
<i>Figura 53 - Schermata DiRoots per importazione/esportazione abachi da Revit (Autodesk Revit)</i>	81
<i>Figura 54 - Schermata abaco dei muri estratto da Revit (Autodesk Revit)</i>	82
<i>Figura 55 - Schermata finestra modifica testo etichetta in Revit (Autodesk Revit)</i>	83
<i>Figura 56 - Schermata modifica famiglia etichetta in Revit (Autodesk Revit)</i>	83
<i>Figura 57 - Stralcio pianta piano secondo con etichette muri (Autodesk Revit)</i>	84

## Indice delle tabelle

<i>Tabella 1 - WBS caso studio - Codici 01,02 e 03 (Tecnicaer Engineering s.r.l.).....</i>	<i>65</i>
<i>Tabella 2 - WBS caso studio - Codici 04,05 e 06 (Tecnicaer Engineering s.r.l.).....</i>	<i>66</i>
<i>Tabella 3 - Stralcio abaco dei locali con compilazione parametri su Excel (Tecnicaer Engineering s.r.l.)... </i>	<i>76</i>
<i>Tabella 4 - Stralcio abaco dei muri estratto da Revit in formato .xls (Tecnicaer Engineering s.r.l.) .....</i>	<i>80</i>

## Bibliografia

Assemblea Generale, Organizzazione delle Nazioni Unite (2015), Risoluzione adottata dall'Assemblea Generale il 25 settembre 2015, A/RES/70/1, *Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile*, New York (USA).

Dalia M. A. Morsi et al. (2022), *BIM-based life cycle assessment for different structural system scenarios of a residential building*, Ain Shams Engineering Journal, Volume 13, Issue 6, Ain Shams University, Il Cairo (Egitto).

Decreto del Presidente della Repubblica del 5 ottobre 2010, n. 207, *Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE».*

Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50, *Codice dei Contratti Pubblici*.

Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, *Norme Tecniche per le Costruzioni*.

Ente Italiano di Normazione (1981), UNI 8290:1981, *Edilizia residenziale – Sistema tecnologico – Classificazione e terminologia*, Milano.

Ente italiano di normazione (2017), UNI 11337-1:2017, *Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni – Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi*, Milano.

Ente italiano di normazione (2017), UNI 11337-4:2017 *Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni – Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti*, Milano.

Ente italiano di normazione (2017), UNI 11337-5:2017, *Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni – Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati*, Milano.

Ente Italiano di Normazione (2018), UNI EN 13306:2018, *Manutenzione – Terminologia di manutenzione*, Milano.

Ente italiano di normazione (2018), UNI EN ISO 41011:2018, *Facility Management – Vocabolario*, Milano.

Ente italiano di normazione (2020), UNI EN ISO 41014:2020, *Facility Management – Sviluppo della strategia per il facility management*, Milano.

Ente italiano di normazione (2021), UNI EN ISO 14040:2021, *Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Principi e quadro di riferimento*, Milano.

Talamo C., *Basi di conoscenza per i servizi di FM: il ruolo dell'anagrafica immobiliare* in "Facility Management Italia", n.11, 2011

## Sitografia

01Building - [www.01building.it](http://www.01building.it)

4m Group – [www.4mgroup.it](http://www.4mgroup.it)

Autodesk - [www.autodesk.it](http://www.autodesk.it)

BibLus BIM – [www.bim.acca.it](http://www.bim.acca.it)

BibLus-net – [www.biblus.acca.it](http://www.biblus.acca.it)

BIM Idea - [www.bimidea.it](http://www.bimidea.it)

Bosetti Gatti & partners, norme statali - [www.bosettiegatti.eu](http://www.bosettiegatti.eu)

Building in Cloud – [www.buildingincloud.net](http://www.buildingincloud.net)

Codice Appalti .it – [www.codiceappalti.it](http://www.codiceappalti.it)

Ente Italiano di Normazione, UNI store – [www.store.uni.com](http://www.store.uni.com)

International Facility Management Association (IFMA) – [www.ifma.it](http://www.ifma.it)

Ingenio, informazione tecnica e progettuale - [www.ingenio-web.it](http://www.ingenio-web.it)

Nazioni Unite, Centro Regionale di Informazione delle Nazioni Unite – [www.unric.org](http://www.unric.org)