

II BUILDING INFORMATION MODELING

Bibliografia essenziale: il BIM – Guida completa al Building Information Modeling, Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston, edizione italiana a cura di Giuseppe Martino Di Giuda, Valentina Villa, 2016.

Dal disegno (manuale e poi CAD) degli elaborati di progetto
alla formulazione di un

MODELLO informativo.

Dal tracciamento di linee, che poi definiranno i componenti
dell'edificio, alla introduzione di

OGGETTI EDILIZI (ad esempio, MURI)

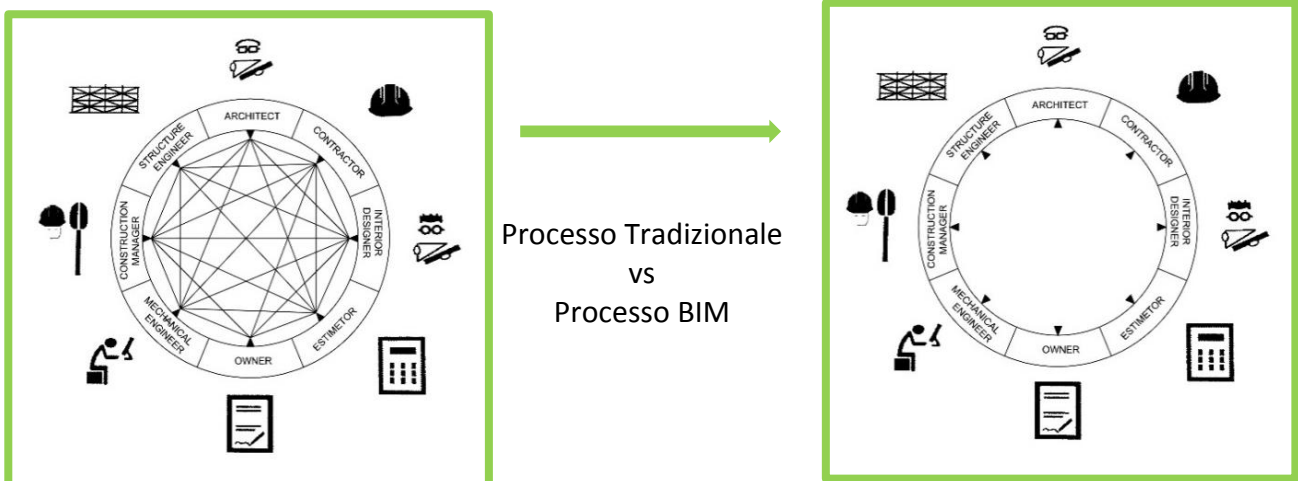
corredati di tutte le loro caratteristiche (non solo geometriche), ad
esempio: materiali, conducibilità termiche.....

Il Building Information Modeling rappresenta, così, un

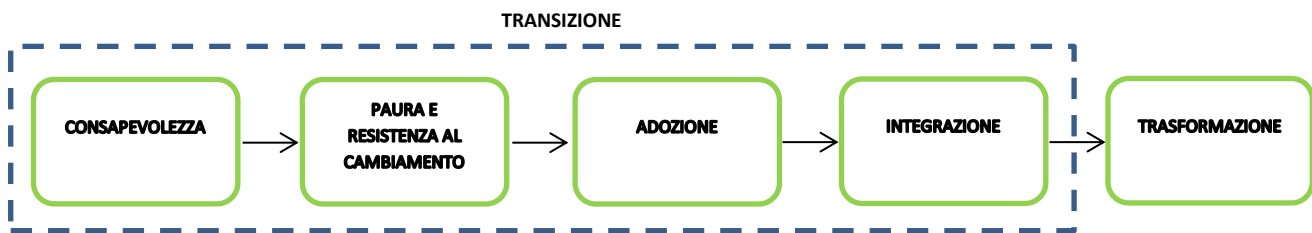
cambio di paradigma

per l'intero processo edilizio.

Esso consente il passaggio da una configurazione del processo tradizionale, spesso incoerente ed asincrono, ad una integrata, basata sulla **collaborazione** e sul **lavoro congiunto**.



L'adozione di un nuovo paradigma necessita, tuttavia, di una **fase di transizione** la quale vede i soggetti coinvolti affrontare una serie di ostacoli.



Sequenze di un processo di cambiamento di paradigma

Si assisterà ad una fase iniziale nella quale si assume **consapevolezza dell'esistenza della metodologia BIM** e delle sue potenzialità.

In seguito si incorrerà in una possibile **resistenza al cambiamento**, derivante dalla paura che l'introduzione di una nuova prassi metodologica della progettazione conduca ad uno sconvolgimento di assetti consolidati.

Superata la seconda fase critica, preso coscienza dei benefici, si passa alla **adozione**

seguita da processi di **integrazione e trasformazione** del paradigma.

Il Building Information Modeling consente di **connettere meglio le fasi del processo edilizio** che, pur essendo dipendenti tra loro, sono state sin qui gestite in maniera scoordinata.

Con il BIM è più agevole **generare e gestire le attività che si riferiscono alle fasi come componenti di un processo unitario.**

Un concetto efficace di BIM, derivante dalla letteratura, intende:

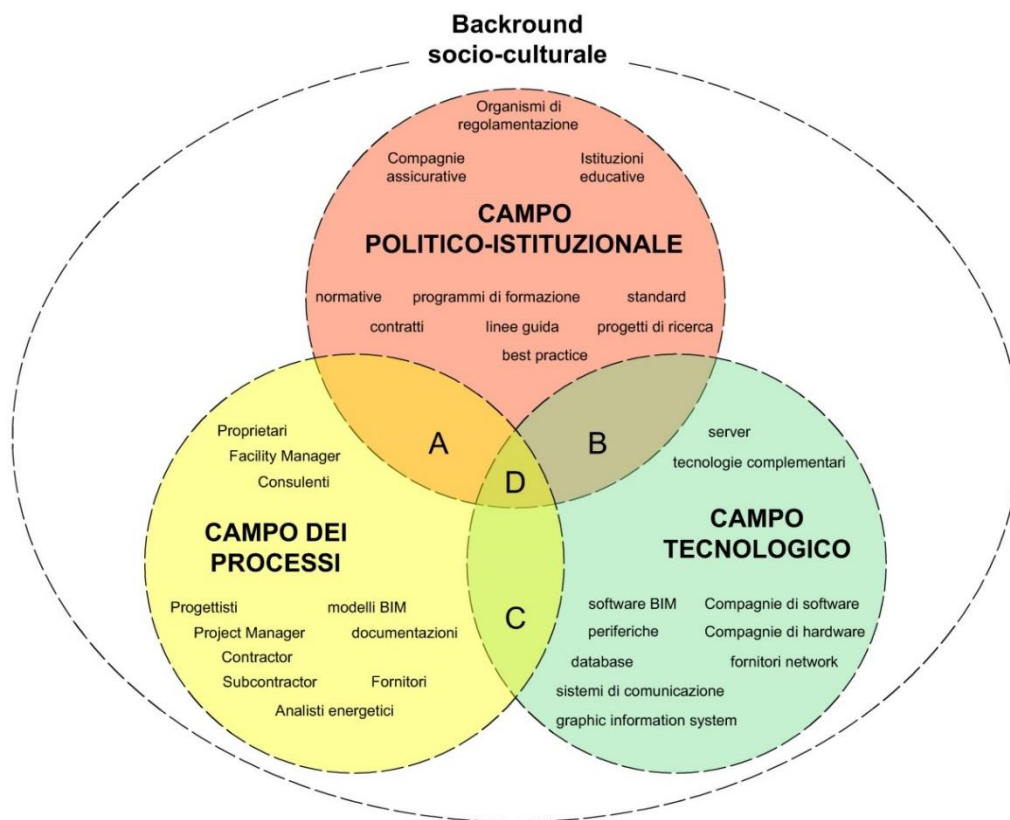
“il BIM non è né una cosa né un tipo di software, ma un'attività umana che comporta, alla fine, ampie modifiche dei processi di progettazione, costruzione e facility management”.

Le resistenze al cambiamento derivano in gran parte dalla scorretta interpretazione che si fa di esso.

Infatti, vi è la vaga concezione generale che vede il BIM essere ricollegato ad una semplice evoluzione nel campo della modellazione tridimensionale.

In realtà

l'approccio BIM si identifica all'interno di campi di applicazione molto più vasti ed interagenti tra di loro.



Bilal Succar, 2009

RINNOVAMENTO DEGLI ASSETTI

La possibilità, introdotta dal Building Information Modeling, di rendere computabili i dati dell'edificio, induce una evoluzione di assetti consolidati.

Tutti gli attori coinvolti nel rinnovamento offerto dal BIM devono reinterpretare ruoli e responsabilità per favorire compiutamente i vantaggi resi possibili dall'approccio BIM:

- Alla **committenza** è richiesta una progettualità (ingegneria della committenza)

nei termini di definizione di

esigenze e dei requisiti anche in termini informativi (computazionali).

In questo modo la committenza è in grado di monitorare efficacemente l'operato dei progettisti (tramite applicativi software).

- I **progettisti** sono tenuti ad offrire prestazioni più impegnative, basate sul ciclo di vita dell'organismo edilizio e nei termini di anticipazione delle prestazioni basata sulla prototipazione del modello (che si ottiene proprio grazie al corredo informativo).
- L'**impresa di costruzioni** deve adottare un approccio legato al ciclo di vita del manufatto.

Può interfacciarsi con gli altri attori sin dalle prime fasi del processo edilizio,

partecipando alla condivisione dei rischi e delle responsabilità e determinando la possibilità di non disattendere le esigenze e gli obiettivi della committenza.

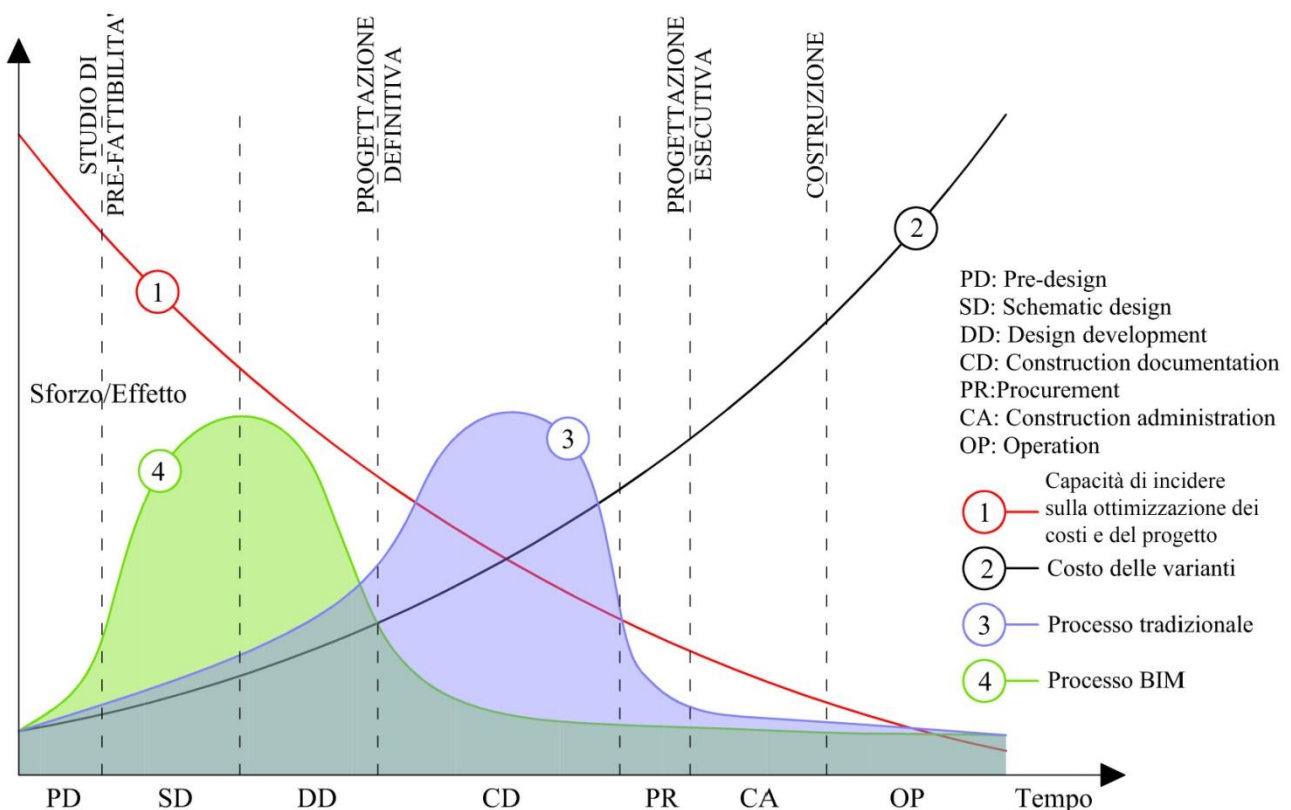
PARADIGMA DELL'ANTICIPAZIONE

L'approccio BIM può definirsi come
Beginning with the End in Mind.

Con questa definizione si fa chiarezza sull'obiettivo finale di un edificio performante che deve riguardare la gestione del *Whole Life Cycle*, fondato sul

paradigma dell'anticipazione
del Building Performance e dello User Behaviour.

Una interessante declinazione delle performance offerte da un approccio BIM, in contrasto rispetto alle inefficienze prodotte da un processo progettuale tradizionale, è mostrata dalle *curve di MacLeamy*.



La curva (1) rappresenta l'andamento dell'impatto o della capacità di incidere che il processo decisionale ha sulla ottimizzazione dei costi e delle procedure (efficacia delle azioni).

Partendo dalla fase di pre-design il suo andamento è decrescente. Ciò significa che le scelte progettuali avranno un riscontro maggiore sulla qualità del prodotto finale se effettuate nelle fasi iniziali.

La curva (2), con andamento contrario rispetto alla (1), rappresenta i costi derivanti da un'eventuale variante progettuale. Le modifiche progettuali risultano avere un costo minore se effettuate durante le prime fasi.

Infatti, è intuibile come una modifica del progetto effettuata durante la fase della modellazione impatti in maniera quasi nulla sui costi; al contrario, una modifica generata durante la fase di costruzione contribuirà ad incrementarli notevolmente.

Il **processo progettuale tradizionale** rappresentato dalla **curva (3)** prevede che le modifiche al progetto siano effettuate tra la fase di progettazione definitiva e quella esecutiva ottenendo un picco delle attività di progettazione nel momento della "Construction documentation".

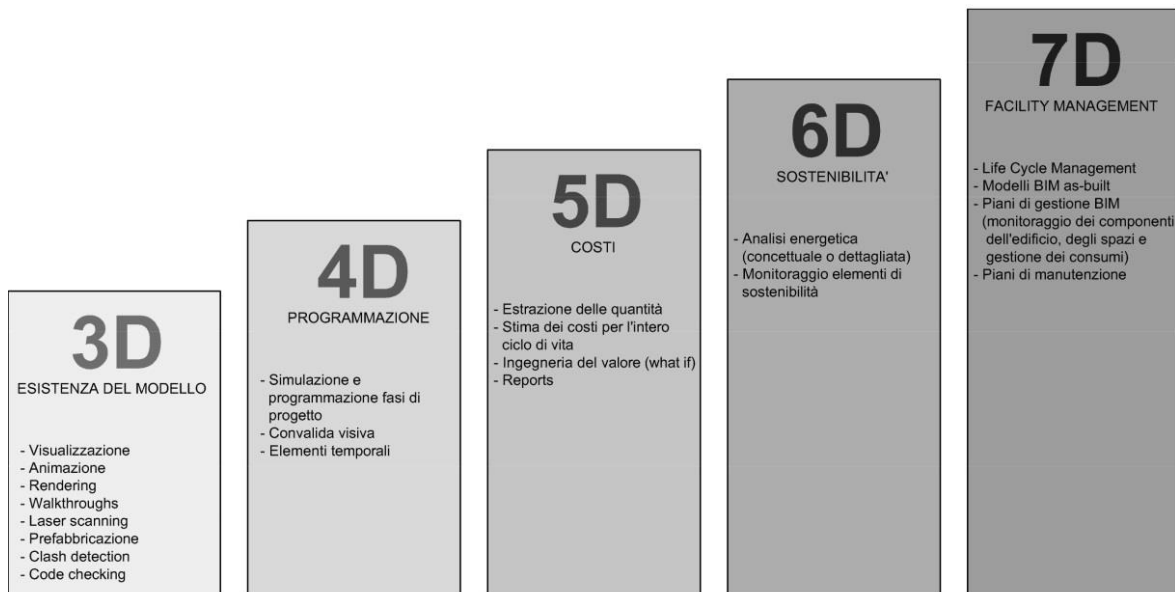
In questo momento i costi per la realizzazione delle varianti (curva 2) sono notevolmente più alti rispetto ai costi che le stesse avrebbero se le modifiche fossero anticipate nel tempo.

La **curva (4)** rappresenta l'**approccio**. Esso consente proprio di anticipare le modifiche in una fase ancora flessibile del progetto, in cui i costi delle varianti al progetto stesso risultano molto ridotte.

Essere in grado di poter agire su un progetto ancora flessibile offre al progettista la possibilità di esplorare lo spazio delle soluzioni ancora disponibili ed effettuare la scelta migliore in quel determinato contesto, consentendo di ottenere una progettazione ad alto contenuto qualitativo.

BIM DIMENSIONI

L'evoluzione del contenuto di modelli "intelligenti", sempre più ricchi di informazioni, ha comportato una estensione dimensionale del progetto oltre le classiche tre dimensioni.



BIM 3D:

La modellazione 3D è alla base di tutte le successive analisi che saranno effettuate sul modello: la precisione della modellazione e i dati aggiuntivi richiesti per le analisi specialistiche sono alla base della buona riuscita delle simulazioni n-dimensionali.

Il modello 3D, anche nelle fasi di BIM meno avanzato, comporta dei vantaggi, tra i quali i principali sono:

- Immediata elaborazione di tavole di progetto 2D;
- Riduzione degli errori dovuti a incoerenza degli elaborati.

La dimensione del modello 3D, attraverso specifiche applicazioni, determina anche la possibilità di effettuare analisi specialistiche basate proprio sulla geometria del modello:

- **Clash detection** (analisi delle interferenze);
- **Code checking** (convalida del progetto in riferimento alle normative vigenti e al quadro esigenziale).

Queste due pratiche innovative di **controllo della qualità del modello (Quality Assurance – QA)** rappresentano un tassello fondamentale nello sviluppo del BIM e nell'incremento qualitativo della progettazione più in generale.

BIM 4D:

Il modello 4D è generato partendo da un modello 3D e integrandone il **programma lavori (parametro tempo) al fine di visualizzare la sequenza costruttiva dell'opera.**

In questo modo gli attori coinvolti possiedono un mezzo con cui avere tangibilità circa:

- Il reale dimensionamento delle aree specifiche di cantiere;
- La logistica;
- Le procedure e le misure organizzative previste per l'eliminazione o la riduzione dei rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori;
- I flussi degli operai addetti ai lavori.

Inoltre, in cantiere, il modello 4D può essere utilizzato per:

- Confrontare l'*as-built* con l'*as-planned*;
- Aggiornare il programma lavori in maniera semi-automatica, consentendo di riallocare le risorse per raggiungere gli obiettivi prefissati.

BIM 5D:

La quinta dimensione concerne la stima delle quantità e la relativa stima dei costi.

Predisporre un modello intelligente consente la possibilità di avere i **dati sempre aggiornati e coerenti in relazione ad eventuali modifiche apportate.**

Le informazioni presenti nel modello supportano il progettista nella gestione dei costi dell'edificio consentendo di **analizzare *real-time* i differenti scenari progettuali eventualmente proposti.**

BIM 6D:

La modellazione 6D supporta le analisi mirate alla sostenibilità ambientale dell'edificio.

Le **informazioni necessarie per la certificazione energetica e lo studio degli impatti ambientali dell'edificio** sono acquisite anche sulla base delle specifiche tecniche dei prodotti e dei materiali utilizzati grazie ai contributi forniti, in termini di collaborazione su piattaforma unica, dai contractor e sub-contractor. Anche in questo caso la simulazione consente di governare i risultati mediante cicli di feedback derivanti dalle differenti analisi.

BIM 7D:

Il modello 7D rappresenta la dimensione del *Facility Management* (FM) inteso come “gestione dell'edificio” in rapporto ai fattori economici, ambientali e sociali.

Questa dimensione contempla tutte le **operazioni di gestione, manutenzione e rinnovamento degli edifici.**

Tra le aree caratterizzanti il FM è possibile citare anche attività di:

- Pianificazione strategica (*strategic planning*);
- Visualizzazione e gestione degli spazi (*space planning and management*);
- Gestione energetica (*environment quality and sustainable management*);
- Gestione dei sistemi di sicurezza (*emergency/security management*).

Per quanto riguarda la normazione tecnica internazionale

Norma ISO 19650 - parti 1 e 2

pubblicate a febbraio 2017

ISO/DIS 19650-1

Organization of information about construction works — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles

ISO/DIS 19650-2

Organization of information about construction works — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of assets

Definisce

i concetti e i principi per i processi nel settore dell'ambiente costruito,

a sostegno

della **gestione e produzione di informazioni durante il ciclo di vita dei beni costruiti**

attraverso

l'utilizzo del **Building Information Modeling**

Questi processi sono in grado di determinare risultati positivi per i proprietari, gli operatori, i clienti, le catene di approvvigionamento e i soggetti coinvolti nelle fonti di finanziamento, attraverso la creazione di *project information models*.

STATO DELL'ARTE IN ITALIA

Il Nuovo Codice Appalti (decreto legislativo 50/2016)

costituisce l'attuazione delle Direttive Comunitarie 23, 24 e 25 del 2014
che regolano

l'aggiudicazione dei contratti di concessione, gli appalti pubblici e le procedure d'appalto degli enti erogatori in alcuni settori specifici e il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.

Una delle principali novità del Codice
riguarda

la **graduale adozione della metodologia Building Information Modeling**,
come così enunciato
nell'articolo 23, comma 13

Art. 23. Livelli della progettazione per gli appalti, per le concessioni di lavori nonché per i servizi

13. Le stazioni appaltanti possono richiedere per le nuove opere nonché per interventi di recupero, riqualificazione o varianti, prioritariamente per i lavori complessi, l'uso dei

metodi e strumenti elettronici specifici di cui al comma 1, lettera h.

Art. 23, comma 1. La progettazione in materia di lavori pubblici si articola, secondo tre livelli di successivi approfondimenti tecnici, in progetto di fattibilità tecnica ed economica, progetto definitivo e progetto esecutivo ed è intesa ad assicurare:

h) la razionalizzazione delle attività di progettazione e delle connesse verifiche attraverso il progressivo uso di metodi e strumenti elettronici specifici quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture.

Tali strumenti utilizzano

piattaforme interoperabili a mezzo di **formati aperti non proprietari**,

al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti.

L'uso dei metodi e strumenti elettronici può essere richiesto soltanto dalle stazioni appaltanti dotate di

personale adeguatamente formato.

Con decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti da adottare entro il 31 luglio 2016, anche avvalendosi di una Commissione appositamente istituita presso il medesimo Ministero, senza oneri aggiuntivi a carico della finanza pubblica sono definiti

le modalità e i tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà dei suddetti metodi presso le stazioni appaltanti, le amministrazioni concedenti e gli operatori economici, valutata in relazione alla tipologia delle opere da affidare e della strategia di digitalizzazione delle amministrazioni pubbliche e del settore delle costruzioni.

L'utilizzo di tali metodologie costituisce parametro di valutazione dei requisiti premianti di cui all'articolo 38.

Il decreto 1 dicembre 2017, n. 560, che stabilisce le modalità e i tempi di progressiva introduzione dei metodi e degli strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture, è entrato in vigore dal 27 gennaio 2018 ed è stato successivamente modificato con

D.M. 2 agosto 2021, n. 312.

Il decreto fissa le date di implementazione del BIM negli appalti: l'obbligo all'utilizzo dei metodi e degli strumenti elettronici di modellazione decorre dal 1° gennaio 2019 per le opere di importo pari o superiore a 100 milioni di euro, e poi via via per importi minori a decorrere dagli anni successivi al 2019 fino alle opere di importo inferiore a 1 milione di euro, per le quali il termine decorre dal 1° gennaio 2025.

Per quanto riguarda la normazione tecnica italiana

Norma UNI 11337

elaborate dal gruppo di lavoro “Codificazione dei prodotti e dei processi costruttivi in edilizia” e pubblicate tra il gennaio 2017 e il dicembre 2018

Le parti della Norma UNI 11337 sono:

- **Parte 1:** *Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi;*
- **Parte 2:** *Criteri di denominazione e classificazione dei modelli, prodotti e processi;*
- **Parte 3:** *Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell’informazione tecnica per i prodotti da costruzione (schede informative digitali per prodotti e processi);*
- **Parte 4:** *Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati ed oggetti;*
- **Parte 5:** *Flussi informativi nei processi digitalizzati;*
- **Parte 6:** *Esemplificazione di capitolato informativo;*
- **Parte 7:** *Requisiti di conoscenza, abilità e competenza per le figure coinvolte nella gestione digitale dei processi informativi.*
- **Parte 8:** Il tavolo UNI ha anche approvato l’inserimento di una nuova parte 8 nella serie, rivolta ai flussi informativi e che dovrà accogliere la traduzione ed accordarsi con la *ISO 19650 - Organization of information about construction works -- Information management using building information modelling*, per una piena rispondenza ai dettami internazionali.

I contenuti delle norme sono di seguito sintetizzati:

- **Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi**

Viene definito l’ambito di applicazione, si introducono **terminologia e definizioni**.

Un ulteriore concetto della parte 1 è la definizione del **livello di maturità digitale del processo**, che parte da un “livello 0”, basato su supporto cartaceo, fino a un “livello 4” definito “ottimale”.

Sono poi definiti gli **Stadi di sviluppo** e le **fasi** degli stadi numerate da 0 a 7:

Programmazione

- fase 0 esigenziale
- fase 1 della fattibilità e sostenibilità

Progettazione

- fase 2 funzionale spaziale
- fase 3 autorizzativa
- fase 4 tecnologica

Produzione

- fase 5 esecutiva
- fase 6 del collaudo e della consegna

Esercizio

- fase 7 della gestione e manutenzione

- **Parte 4: *Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti***

In questa parte sono trattati i **LOD (Level Of Development)**, a partire dal LOD A fino al LOD G.

Contiene numerosi esempi:

Architettura

- Parete
- Parete portante in laterizio
- Solaio strutturale
- Copertura
- Finestra
- Porta
- Finiture orizzontali
- Spazi
- Facciate continue

Contiene, inoltre, esempi relativi a Strutture, Impianti, Cantiere, Infrastrutture e territorio.

- **Parte 5: *Flussi informativi nei processi digitalizzati***

Questa parte della norma vede una serie di definizioni, dove si ritrovano termini italiani corrispondenti a tematiche ormai diffuse in ambito internazionale, quali ad esempio il **“Piano per la Gestione Informativa (pGI)”**, che corrisponde al **“BIM Execution Plan (BEP)”**, il **“Capitolato Informativo (CI)”**, che corrisponde all’**“Employer Information Requirement”**.

Compaiono altresì interessanti terminologie riguardanti il **“Coordinatore delle informazioni”**, **“Gestore delle informazioni”**, **“Modellatore delle informazioni”**, teoricamente corrispondenti agli anglosassoni **“BIM Coordinator”**, **“BIM Manager”**, **“BIM Specialist”**.

- **Parte 6: *Linee guida per la redazione del capitolato informativo***

La parte 6 fornisce indicazioni procedurali e uno schema generale del capitolato informativo. E’ applicabile a qualsiasi tipologia di prodotto, sia esso un edificio od una infrastruttura, di nuova costruzione o conservazione e/o riqualificazione dell’ambiente o del patrimonio costruito.

- **Parte 7: *Requisiti di conoscenza, abilità e competenza per le figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa.***

La parte 7 stabilisce i requisiti relativi all’attività professionale delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa.

In particolare, sono definiti:

gestore dell’ambiente di condivisione dei dati (CDE manager)

è una figura che si occupa dell’ambiente di condivisione dei dati implementato dalla organizzazione a cui appartiene;

gestore dei processi digitalizzati (BIM manager)

è una figura che si relaziona principalmente al livello dell'organizzazione, per quanto attiene alla digitalizzazione dei processi posti in essere dalla stessa, avendo eventualmente la supervisione o il coordinamento generale del portafoglio delle commesse in corso;

coordinatore dei flussi informativi di commessa (BIM coordinator)

opera a livello della singola commessa, di concerto con i vertici dell'organizzazione e su indicazione del gestore dei processi digitalizzati (BIM manager);

operatore avanzato della gestione e della modellazione informativa (BIM specialist)

agisce solitamente all'interno delle singole commesse, collaborando in maniera stabile od occasionale con una specifica organizzazione.

LA MODELLAZIONE PARAMETRICA E LA GESTIONE DELLE PROPRIETA'

La modellazione parametrica consiste di
definizioni geometriche

alle quali sono associati
dati e regole

e queste definizioni sono tra di loro
integrate

in modo tale da non risultare mai ridondanti e non consentono incongruenze tra il modello e l'insieme dei dati ad esso associati.

Ad ogni modifica effettuata direttamente sul modello corrisponde un coerente cambiamento nell'insieme dei dati ad esso associati ed è valido anche il processo contrario.

Le famiglie di oggetti parametrici sono definite mediante parametri riferiti a distanze, angoli e regole, per esempio "attaccato a", "parallelo a", "distante da", oppure a condizioni di "se modifico succede" (utilizzata per esempio per selezionare il tipo di connessione in base ai carichi e agli elementi collegati).

Con questo tipo di relazioni ogni istanza (il singolo elemento modellato), può variare in relazione alle impostazioni dei parametri e alle condizioni di contesto in cui si trovano i singoli oggetti (ad esempio un muro collegato ad un solaio che modifica la sua altezza in relazione allo spostamento del solaio).

Le regole degli oggetti parametrici, inoltre, possono essere definite come requisiti da soddisfare (ad esempio lo spessore minimo di un muro): durante le modifiche al progetto le regole sono verificate automaticamente per garantirne la conformità all'elemento modellato,

segnalando, attraverso warning, quando i vincoli non possono essere soddisfatti.

L'attribuzione di proprietà all'oggetto consente di **effettuare delle analisi.**

Il BIM offre un sistema in grado di gestire e integrare le proprietà durante tutte le attività connesse alle varie fasi del ciclo di vita.

In relazione al tipo di attività che sarà eseguita successivamente sul modello, **possono essere create differenti proprietà.**

Le proprietà in gioco nel ciclo di vita di un organismo edilizio sono molteplici e possono essere, ad esempio, relative ai nomi dei locali, prestazioni degli impianti, proprietà termiche, caratteristiche meccaniche, comportamenti strutturali, dati di costo, parametri temporali.

Le piattaforme BIM, pur definendo un set di proprietà di default, consentono la possibilità di estendere questo insieme.

CENNI SULL' INTEROPERABILITA'

Per interoperabilità

si intende la

capacità di scambiare dati sia tra piattaforme software differenti e sia tra piattaforme appartenenti alla stessa suite.

Essa consente

l'automazione di procedure altrimenti lente e macchinose e

permette di

uniformare i flussi di lavoro.

Minimizza

la necessità di copiare manualmente i dati generati da un'altra applicazione,

riducendo

la possibilità di incorrere in errori.

La necessità di trasferire dati in modo automatico sussiste a tre livelli:

- tra progettisti dello stesso team di lavoro;
- tra professionisti di diverse discipline;
- tra le fasi di lavoro.

Questo induce

una **visione più ampia del concetto di interoperabilità,**

inteso non solo sotto l'accezione di un formato di scambio che consenta il trasferimento ma, altresì, declinato nel concetto di procedure che assistano tale scambio in maniera coerente e aderente agli obiettivi che la fase progettuale richiede.

I **formati elettronici** dei dati, sulla base dei quali è possibile impostare uno scambio efficace tra piattaforme software, sono di due tipi:

- Formati proprietari (formati nativi);
- Open standard (formati aperti).

I formati proprietari sono originari di un determinato software e consentono lo scambio di dati tra software appartenenti alla stessa società produttrice. L'utilizzo di tale tecnologia potrebbe sollevare problematiche che ostacolano il fluire delle informazioni tra diversi attori del processo edilizio utilizzatori di differenti software, riducendo l'interoperabilità.

Gli open standard rappresentano il fattore che può determinare lo sviluppo della metodologia BIM, o meglio Open BIM, costituendo di fatti il supporto sulla base del quale instaurare un processo di trasferimento di informazioni anche tra utilizzatori di software differenti.

La **buildingSMART International** promuove la **standardizzazione dei processi** mediante la realizzazione dell'*Industry Foundation Class (IFC)* come modello di dati neutrale.

L'**IFC**, liberamente a disposizione degli sviluppatori software che intendono supportare l'interoperabilità delle informazioni in BIM, è stato **progettato per soddisfare tutte le informazioni dell'edificio, su tutto il ciclo di vita della costruzione** e basa la propria struttura in termini di semantica, relazioni e proprietà.

VANTAGGI

I benefici derivanti dalla completa applicazione della metodologia BIM sono molteplici e la loro rilevanza sarà sempre più accentuata in relazione alla continua evoluzione delle pratiche lavorative, del settore tecnologico e del campo politico-istituzionale.

Tra i vantaggi più immediati che la filosofia BIM genera per il processo edilizio, si sottolineano:

- Incremento della **collaborazione** tra i vari attori del processo edilizio;
- Consentire una **migliore comprensione** da parte di tutti gli attori coinvolti (inclusi i clienti) del concept di progetto grazie alle potenzialità di visualizzazione;
- **Rapida valutazione** del target progettuale (qualità, tempi e costi);
- Favorire l'**ingegneria delle alternative** consentendo la possibilità di rimodellazioni finalizzate alla scelta della migliore proposta possibile;
- Generazione di **stime precise e accurate**;
- **Aumentare la qualità del processo edilizio attraverso le attività di clash detection e code checking**;
- **Produzione di elaborati** progettuali (piante, sezioni, prospetti, particolari, ecc.) **immediata e coerente**;
- **Riduzione degli errori** di progettazione, stima delle quantità, approvvigionamento, logistica, realizzazione e consegna;
- Prevenire i contenziosi;
- **Individuazione di omissioni o errori prima della costruzione** con conseguente diminuzione di errori in corso d'opera e correzioni in loco (abbattimento dei costi);
- Prefabbricazione accurata dei componenti;
- **Simulazione delle prestazioni** dell'edificio **lungo l'intero ciclo di vita** con conseguente possibilità di miglioramento degli impatti ambientali;
- Realizzazione del **modello as-built**;
- Sostenere le operazioni di **gestione e manutenzione dell'edificio**;
-

I LIVELLI DI SVILUPPO (Levels of Development, LOD)

Un modello BIM può essere utilizzato per differenti scopi e dai diversi attori del processo edilizio.

In relazione della fase del processo edilizio in cui ci si trova ad operare e in relazione alle discipline dell'ingegneria coinvolte, **gli obiettivi della modellazione possono essere diversificati.**

Per questi motivi, l'uso che se ne fa di un modello BIM può variare e di conseguenza varia la richiesta del contenuto informativo (*Information Exchange, IE*).

I LOD, partendo da questi presupposti,

individuano

i requisiti di contenuto minimo, in termini di dati, relativamente al singolo elemento modellato in ambiente BIM, definendone gli usi autorizzati ad esso associati.

I LOD, in sintesi, definiscono la granularità degli elementi del modello in termini di informazioni.

La definizione del concetto di Level of Development (LOD), sviluppato originariamente dalla società Vico Software, è stato chiarito e approfondito nel 2008 dall'**American Institute of Architects** (AIA) attraverso il documento *E202TM-2008 Building Information Modeling Protocol*.

Le successive revisioni a questo lavoro hanno portato alla pubblicazione dei seguenti documenti:

- *E203TM-2013 Building Information Modeling and Digital Data Exhibit*;
- *G201TM-2013 Project Digital Data Protocol Form*;
- *G202TM-2013 Project Building Information Modeling Protocol Form*.

A corredo di questi protocolli è anche stata realizzata la *Guide and Instructions to the AIA Digital Practice Documents*.

All'interno del documento G202TM-2013 l'AIA ha individuato **cinque Livelli di Sviluppo** (100, 200, 300, 400, 500), con la possibilità di inserire LOD intermedi, ognuno dei quali è strutturato mediante due contributi:

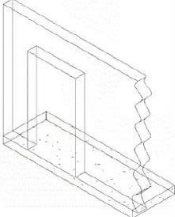
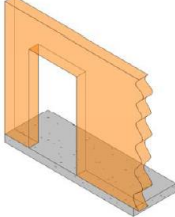
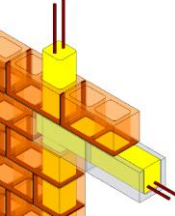
- **Model Element Content Requirement** (definizione dei requisiti minimi in termini di rappresentazione all'interno del modello);
- **Authorized Uses** (indicazione dei possibili usi degli elementi).

L'organizzazione **BIMForum**, nel 2011, ha pubblicato il *Level of Development Specification*, partendo dalla autorizzazione concessa dall'AIA all'utilizzo delle definizioni contenute nei Digital Practice Documents.

Il BIMForum ha definito **cinque livelli di sviluppo** (100, 200, 300, 350, 400) organizzati in modo differente rispetto a quanto prospettato dall'AIA.

Il gruppo di lavoro ha analizzato le definizioni dell'AIA ed ha illustrato in forma tabellare, anche graficamente, gli elementi costruttivi (fondazioni, solette, pilastri, muri, serramenti, scale, tubazioni, condotti, ecc.) esplicitandone i requisiti ai vari Livelli di Sviluppo.

Esempio di elemento modellato secondo BIM Forum LOD Specification

LOD	Contenuti minimi	
100	Rappresentazione generica, anche mediante simboli, che mostra l'esistenza del componente ma senza approfondirne la forma, la dimensione o la sua ubicazione precisa.	
200	Rappresentazione di sistemi generici con dati approssimati di dimensione, quantità, forma, localizzazione ed orientamento.	
300	Sistemi specifici ben definiti per dimensione, forma, quantità, localizzazione ed orientamento, concepiti per essere misurati direttamente dal modello, senza fare riferimento alle informazioni non-modellate.	
400	Rappresentazione di sistemi specifici in termini di dimensione, forma, quantità, localizzazione ed orientamento, con l'aggiunta di informazioni relative all'assemblaggio e alla installazione, tale da poter essere utilizzato per la fabbricazione del componente stesso.	
500	Corrispondente al modello as-built, giacché appartiene al campo di rappresentazione degli elementi verificati in opera.	

Nella norma italiana **UNI 11337-4**, invece, i **LOD**, pur mantenendo la stessa accezione definita dai precedenti documenti internazionali, assumono una classificazione differente.

In particolare sono proposte differenti scale:

- scala generale di LOD (per edifici ed interventi di nuova costruzione);
- scala di LOD per interventi di restauro;
- scala di LOD per interventi territoriali e infrastrutture;
- scala di LOD per mezzi e attrezzature.








I livelli di sviluppo degli oggetti sono identificati mediante una scala alfabetica:

SINTESI

LOD A:	oggetto simbolico	Le caratteristiche quali-quantitative (prestazioni, dimensioni, forma, ubicazione, orientamento, ecc.) sono indicative.
LOD B:	oggetto generico	Le caratteristiche quali-quantitative sono approssimate.
LOD C:	oggetto definito	Le caratteristiche quali-quantitative sono definite in via generica nel rispetto dei limiti della legislazione vigente e delle norme tecniche di riferimento.
LOD D:	oggetto dettagliato	Le caratteristiche quali-quantitative sono specifiche di una pluralità definita di prodotti similari. Viene definita anche l'interfaccia con altri sistemi specifici.
LOD E:	oggetto specifico	Le caratteristiche quali-quantitative sono specifiche di un singolo sistema produttivo legato al prodotto definito. Viene anche definito il dettaglio relativo alla fabbricazione, assemblaggio e installazione.
LOD F:	oggetto eseguito	Virtualizzazione verificata sul luogo dello specifico sistema costruito (as-built). Le caratteristiche quali-quantitative sono specifiche del singolo sistema costruito/installato. Sono anche definiti gli interventi di gestione, manutenzione e/o riparazione e sostituzione lungo l'intero ciclo di vita dell'opera.
LOD G:	oggetto aggiornato	Virtualizzazione aggiornata dello stato di fatto in un tempo definito rispetto a quanto costruito/eseguito/installato. Le caratteristiche quali-quantitative sono aggiornate rispetto ad un precedente stato di fatto.

Il committente ha facoltà, in caso di particolari esigenze, di definire nel capitolato informativo eventuali classi intermedie di LOD identificate con la lettera di riferimento e un numero tra 1 e 9 (ad esempio LOD B.01, LOD B.02, ecc.).

Prospetto C.2 Esempio di LOD parete portante in laterizio

LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F	LOD G
						
Geometria Elemento strutturale bidirezionale verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un simbolo 2D.	Geometria Elemento strutturale bidimensionale verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido di estrusione abbozzato con possibili aperture.	Geometria Elemento strutturale bidimensionale verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni calcolate secondo la normativa tecnica.	Geometria Elemento strutturale bidirezionale verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellate tutte le stratigrafie e le eventuali armature in posizione corretta e posizionati eventuali inserti 3D tipici.	Geometria Elemento strutturale bidirezionale verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono incluse tutte le stratigrafie, le eventuali armature in posizione corretta, i dati specifici del fornitore dei materiali e delle finiture e la gestione di eventuali getti in opera.	Geometria Come LOD E (rilevo di quanto eseguito).	Geometria Nuovi interventi: come LOD F (con aggiornamenti) Manutenzione e gestione su elementi esistenti: come LOD C o D (a partire da).
Oggetto Grafica 2D	Oggetto Solido 3D	Oggetto Solido 3D complesso	Oggetto Solidi 3D complessi	Oggetto Solidi 3D complessi	Oggetto Solidi 3D complessi	Oggetto Solidi 3D complessi
Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Posizionamento di massima 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Materiali ipotizzabili • Incidenza di eventuale armatura normalizzata 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Materiali da calcolo • Incidenza di eventuale armatura calcolata 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Elementi resistenti 3D • Dettagli costruttivi • Eventuali armature 3D • Eventuali inserti 3D tipici 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Elementi resistenti 3D • Dettagli costruttivi • Eventuali armature 3D • Eventuale gestione getti • Eventuali inserti 3D reali 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Certificato di collaudo • Piano manutenzione 	Caratteristiche <ul style="list-style-type: none"> • Data di manutenzione/sostituzione • Soggetto manutentore • Tipologia di intervento

Stralcio norma UNI 11337-4 – prospetto C.2 -

Le informazioni contenute all'interno di un LOD superiore includono anche quelle relative ad un LOD inferiore fino alla individuazione del LOD F, mentre per il LOD G bisogna fare riferimento ad ogni singola specifica.

QUALITY ASSURANCE E MODEL CHECKING

Nell'approccio tradizionale alla progettazione la verifica di conformità del progetto è condotta in modo manuale e basata sulla rappresentazione grafica 2D.

Questo tipo di procedura non automatizzata può comportare l'inefficienza delle attività in termini di:

- ambiguità;
- soggettività nelle interpretazioni;
- aumento di tempi;
- aumento di costi.

Lo sviluppo della metodologia BIM ha contribuito a diffondere l'interesse verso

tecnologie per
l'analisi semi-automatizzata condotta attraverso strumenti di

Model Checking

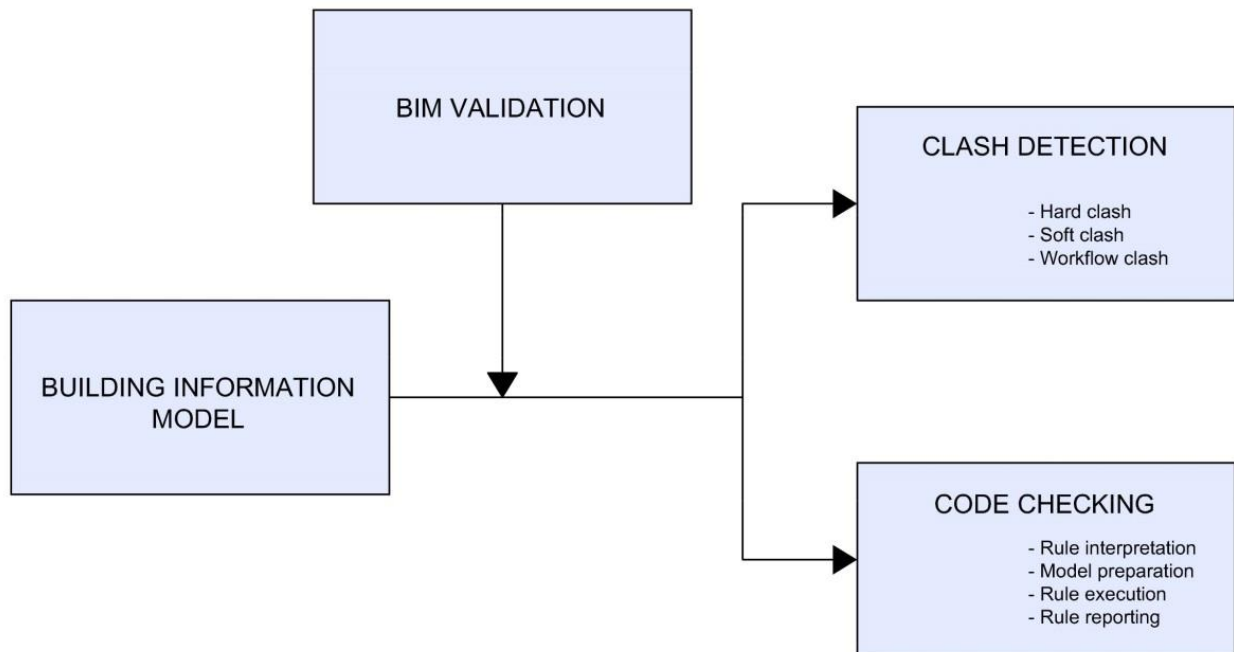
comportando lo sviluppo di nuovi software per

Quality Assurance e Quality Control (QA/QC)

basate su
regole parametriche (Rule-based).

I software dedicati a questo tipo di valutazioni sono utilizzati in maniera diffusa per:

- **BIM Validation**
verifica del livello di coerenza interna del modello;
- **Clash Detection**
controllo delle interferenze finalizzato all'individuazione di potenziali conflitti nella progettazione e nell'integrazione di modelli derivanti da differenti discipline;
- **Code Checking**
verifica di conformità del progetto, in termini di modello, alle normative di riferimento e al quadro esigenziale della committenza.



BIM Validation

Questo processo di Model Checking per il Quality Assurance (QA) determina un

pre-check del contenuto informativo del modello,
attraverso il set di regole della BIM Validation,

finalizzato

a garantire la produzione di un Building Information Model affidabile per le successive analisi (*Quantity Take Off, Building Energy Modeling, ecc.*) e check avanzati (*Code Checking*).

Solo in seguito a questa validazione sarà possibile effettuare i controlli specifici del **Code Checking**.

È una fase essenziale che deve essere svolta prima della fase di Code Checking in quanto verifica il livello di coerenza e qualità interna, attraverso l'applicazione di rule-set BIM Validation, personalizzabile dall'utente e applicabile alle diverse discipline (architettónica, strutturale, impiantistica).

Alcuni software di QA contengono rule-set predefiniti necessari alla BIM Validation.

Le criticità riscontrabili all'interno del modello possono riguardare:

- Aspetti alfanumerici (che rientrano nei BIM requirement individuati in fase di redazione del BEP);
- Aspetti connessi alla geometria riscontrando errori di:
 - Modellazione (utilizzo non corretto del software di modellazione – es. due muri sovrapposti),
 - Errori di progettazione nel processo di BIM Validation, possono essere Individuati all'interno della stessa disciplina o all'interno di discipline differenti (es. la non coerenza tra l'altezza di un muro e la quota del solaio).

Clash Detection

Il controllo delle interferenze, quindi
la Clash Detection,

rappresenta uno degli usi più diffusi del BIM ed è

finalizzato

all'analisi di coerenza interna spaziale e geometrica del modello.

La verifica delle interferenze nasce dal fatto che nella modellazione BIM coesistono insieme differenti modelli, derivanti da diverse discipline, che devono poi essere convogliati in un unico modello completo.

I clashes individuati, se non risolti, potrebbero gravemente influenzare il processo di costruzione, causare ritardi, richiedendo modifiche al progetto con conseguente aumento dei costi.

La Clash Detection anticipa e risolve in maniera puntuale e semi-automatizzata ciò che in un processo tradizionale è effettuato manualmente e a campione, in una fase del processo non flessibile.

Prima di effettuare la Clash Detection si procede alla validazione dei singoli modelli disciplinari. Infatti, un'analisi delle interferenze avanzata necessita di modelli, che saranno successivamente integrati, accurati dal punto di vista geometrico che già al loro interno dispongano del massimo grado di coerenza.

Si può parlare di **Advanced Clash Detection** quando lo strumento di Model Checking è in grado di rilevare e distinguere diversamente le interferenze, le quali possono essere suddivise in tre classi:

- **Hard Clash**

Effettiva intersezione di due o più oggetti, appartenenti alla stessa o a diverse discipline.

Esempi di hard clash possono essere rappresentati ad esempio da una tubazione che si sovrappone ad un condotto dell'areazione o l'impianto antincendio che va in conflitto con le strutture.

- **Soft Clash\Clearance Clash**

Interferenze caratterizzate da una vicinanza inadeguata.

L'oggetto necessita di una *buffer zone* per il suo corretto funzionamento, per l'accessibilità, per l'isolamento, per la manutenzione o per la sicurezza.

- **4D\Workflow Clash**

Interferenze che si verificano tra le varie fasi delle lavorazioni al momento della costruzione.

È una interferenza spesso sottovalutata ma, solitamente, è anche la più costosa e difficile da risolvere. Si potrebbe essere impossibilitati nel montare un

determinato componente se prima ne viene montato un altro, la consegna dei materiali potrebbe essere programmata in ritardo rispetto alla lavorazione di riferimento, o potrebbe essere molto pericoloso per gli operai, in termini di sicurezza, effettuare una lavorazione in prossimità di macchinari in movimento (interferenza spaziale o interferenza temporale in cantiere).

Code Checking

Il Code Checking,
come declinazione del Model Checking, è
finalizzato alla

**validazione della progettazione attraverso la comparazione dei
parametri contenuti all'interno del modello con normative, codici di
riferimento e requisiti della committenza.**

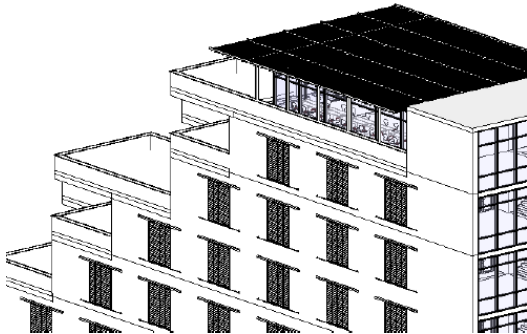
Le informazioni,
contenute nei documenti normativi,

sono
**tradotte in regole parametriche mediante un sistema semantico di
lettura**

consentono, attraverso un controllo basato su regole,
**di eseguire un controllo (check) con la possibilità di estrarre
automaticamente i risultati sotto-forma di report.**

ESEMPIO DI RULE-BASED MODEL CHECKING

Dalla tesi di laurea di Ricciardi E., 2016.



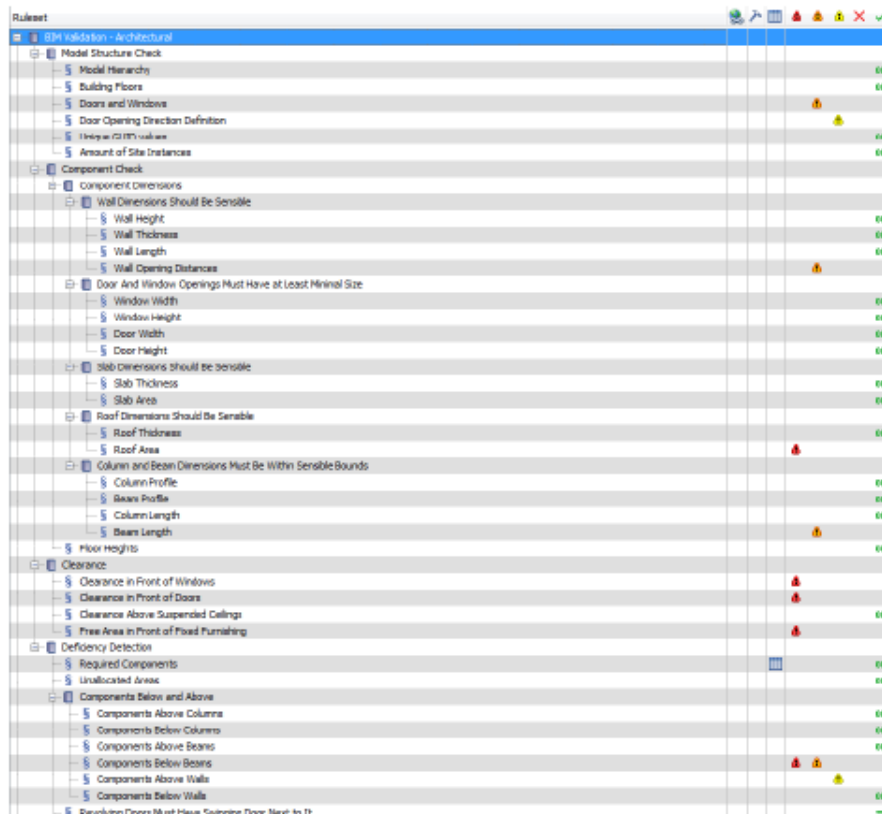
SISTEMA ARCHITETTONICO:
modellazione dettagliata

SISTEMA STRUTTURALE:
modellazione di massima

SISTEMA IMPIANTISTICO
Non presente, fatta eccezione del sistema di drenaggio della copertura verde

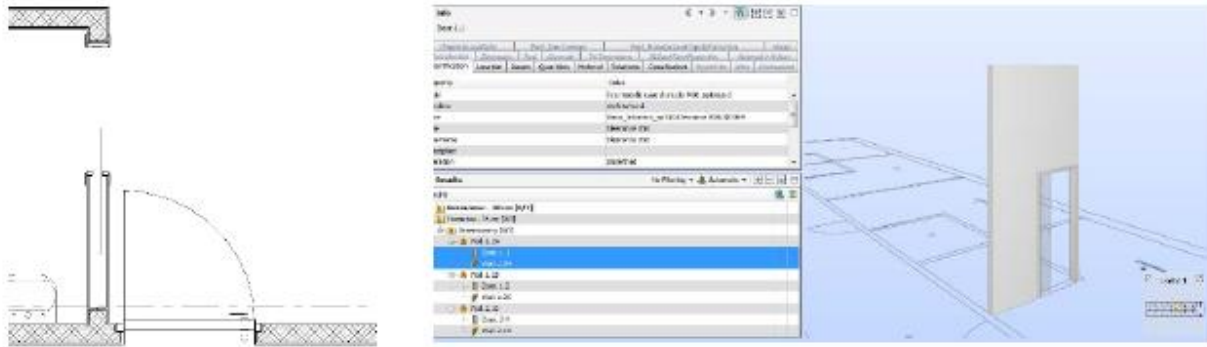
ruleset	Numero di regole
<i>Advanced Space Check</i>	6
<i>BIM Validation – Architectural</i>	36
<i>Building Efficiency</i>	1
<i>Egress Analysis</i>	9
<i>Furniture and Other Object Check</i>	5
<i>General Space Check</i>	8
<i>Intersections Between Architectural Components</i>	24
<i>Quantity Take-off</i>	16
<i>Verifica sul sistema di drenaggio delle terrazze</i>	1
<i>Accessibilità delle scale</i>	5
<i>Spazi d'uso delle componenti</i>	3

Rulesets utilizzati e relativo numero di regole



BIM Validation – Architectural

Tra le varie criticità è stata rilevata dal software un'interferenza di “moderata criticità” relativa ad una delle 17 regole impostate per il *Component Check* (verifica sulle componenti): secondo la regola, gli spazi di installazione dell'infisso sono al minimo e non offrono alcuna tolleranza.



BIM Validation – Component Check

Per le operazioni di Code Checking un aspetto analizzato è stato la coerenza del modello con la normativa relativa all'accessibilità (DM 236/89).

Rule ID	Rule Description	Status
#210 Accessible Stair Rule		
§ 504.2 Treads and Risers		OK
§ 504.3 Open Risers		OK
§ 13.1 Rise and going of steps		OK
§ 13.3 Staircase landings		Warning
§ 13.4 Head clearance		Warning

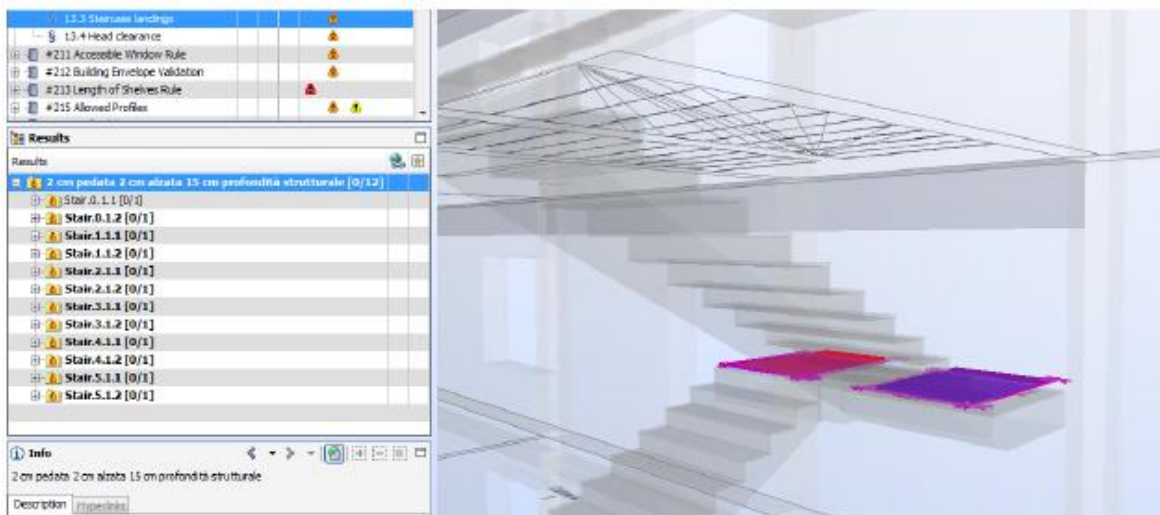
Checking rulesets “Accessible Stair Rule”

Il set di regole utilizzato per la verifica degli spazi d'uso delle componenti è composto da cinque regole:

- *Treads and Risers*: Verifica che tutte le pedate e le alzate della scala siano uniformi e che rientrino nei limiti stabiliti dalla norma;
- *Open Risers*: Verifica l'assenza di gradini aperti;

- *Rise and going steps*: Verifica una serie di parametri tra cui il rapporto alzata/pedata;
- *Staircase landings*: Verifica i parametri riguardanti il pianerottolo di riposo e la massima lunghezza della rampa;
- *Head Clearance*: Verifica che non ci siano ostacoli e sporgenze lungo il percorso della scala.

La regola *Staircase landings* ha rilevato un sottodimensionamento del pianerottolo di riposo, con uno sviluppo in pianta pari a cm 120,00 anziché cm 150,00.



Identificazione della regola non verificata