

REGIONE
TOSCANA



Regione Toscana

LINEE GUIDA BIM

gestione operativa del processo digitale

LG_2A

edifici
opere esistenti

LINEE GUIDA BIM

LG_2A

edifici - patrimonio esistente

REGIONE TOSCANA

rev.00	prima emissione - bozza	19.03.26
rev.01	prima revisione - bozza	14.04.26
rev.02	seconda revisione - bozza	27.05.26



1. Introduzione	2
2. Asset	2
3. Sistemi di codifica	2
4. Strategie di rilievo e restituzione del patrimonio esistente	3
4.1 Operazioni preliminari al rilievo	3
4.1.1 Analisi della documentazione esistente	3
4.1.2 Scelta della tipologia di rilievo	3
4.1.3 Tolleranze di misurazione	4
4.2 Operazioni di rilievo	4
4.2.1 Specifiche relative alle operazioni di campagna	5
4.2.2 Georeferenziazione con GPS	5
4.2.3 Realizzazione rete topografica	5
4.2.4 Rilievo laser scanner	6
4.2.5 Sondaggi non distruttivi	7
4.2.6 Sondaggi distruttivi	9
4.3 Rilievo e restituzione Strutture	11
4.4 Rilievo e restituzione architettura	12
4.5 Rilievo e restituzione impianti	13
4.6 Affidabilità delle informazioni	14
4.6.1 Livelli di accuratezza ed affidabilità della restituzione	15
4.7 Restituzione elaborati ed output	17
4.8 Gemello digitale dell'opera e processi avanzati di analisi e monitoraggio	18
4.8.1 Monitoraggio energetico e prestazionale dell'edificio	18
4.8.2 Monitoraggio degli afflussi e dell'utilizzo degli spazi	19
4.8.3 Monitoraggio strutturale	19
4.8.4 Integrazione multidominio dei dati di monitoraggio	19
4.8.5 Governance del Digital Twin e ruolo dell'Offerta di Gestione Informativa	20
5. Struttura ed organizzazione della modellazione informativa	20
6. Gestione dei contenuti informativi	20
7. Analisi/risoluzione di interferenze (clash) e incoerenze (code check)	20
8. Procedure di verifica della modellazione informativa	20
9. Politiche per la tutela e la sicurezza del contenuto informativo	20



1. Introduzione

La presente Linea Guida specialistica, denominata **LG_2A**, regola e governa l'ambito degli interventi sugli **edifici esistenti**. Per gli aspetti di carattere generale e trasversale alle diverse materie si rimanda al documento LG_00 che precede le Linee Guida specialistiche. Per tutti gli aspetti a comune con le nuove opere dello stesso ambito, come specificato nei singoli paragrafi, si rimanda invece alle **LG_1A** nella loro ultima revisione formalmente approvata e ai relativi allegati.

2. Asset

Oggetto della presente Linea Guida sono gli asset che caratterizzano l'ambito delle opere edilizie, civili e industriali che insistono sul territorio regionale toscano, di competenza della Direzione Opere Pubbliche.

ambito	asset	definizione
OOPP	edifici	volumi e corpi di fabbrica a destinazione civile e industriale
	spazi aperti	aree esterne di pertinenza degli edifici
MOB	infrastrutture viarie	strade
	infrastrutture tranviarie	linee tranviarie
	infrastrutture ciclabili	ciclopiste
	opere infrastrutturali	ponti, viadotti, sottopassi, cavalcavia, intersezioni, gallerie
DIF	opere idrauliche	opere così come richiamate al Capo II della Legge regionale 28 dicembre 2015, n. 80
	opere di difesa delle coste e degli abitati costieri	opere così come richiamate al Capo IV della Legge regionale 28 dicembre 2015, n. 80
AMB	siti di bonifica (D.Lgs 152/06, Titolo V parte IV)	area o porzione di territorio, geograficamente definita e determinata, intesa nelle diverse matrici ambientali (suolo, sottosuolo ed acque sotterranee) e comprensiva delle eventuali strutture edilizie e impiantistiche presenti

3. Sistemi di codifica

Per quanto riguarda i sistemi di codifica si rimanda all'omonimo capitolo delle linee guida **LG_1A** nella loro ultima revisione formalmente approvata.



4. Strategie di rilievo e restituzione del patrimonio esistente

In questa sezione verranno presentate le **procedure principali e le strategie per effettuare il rilievo degli edifici e del patrimonio esistente**.

4.1 Operazioni preliminari al rilievo

Al fine di strutturare dei processi di rilievo coerenti con l'asset in oggetto, ovvero il bene e/o i beni sui quali si effettua rilievo, si richiedono alcune attività specifiche, al fine della scelta della tipologia di rilievo e delle metodologie da mettere in atto per il rilievo stesso:

4.1.1 Analisi della documentazione esistente

L'analisi della documentazione esistente cartacea o digitale è fondamentale per evitare di rilevare dati inutili di cui si è già in possesso, per pianificare al meglio il rilievo in situ e per definire i documenti più recenti da utilizzare come punto di partenza.

In questa fase è utile reperire tutti i documenti relativi agli edifici oggetto della successiva modellazione:

- progetto architettonico: planimetria dell'insediamento, piante, sezioni, prospetti, ...;
- progetto strutturale: zone strutturali, piante, sezioni, ...;
- progetto impiantistico: tipologia e posizione dei terminali e componenti impiantistici di ogni impianto.

L'analisi completa degli elaborati progettuali acquisiti permette, dopo un sopralluogo in situ, di capire le difformità rispetto alle condizioni reali dell'edificio e, in funzione dello stato di aggiornamento degli elaborati pervenuti rispetto allo stato di fatto, valutare quale metodo di rilievo usare.

4.1.2 Scelta della tipologia di rilievo

Il rilievo dell'edificio viene eseguito secondo due processi principali: **rilevamento e restituzione**.

Il processo di rilevamento consiste nell'effettuare sopralluoghi in situ, verificare e integrare la documentazione acquisita ottenendo tutte le informazioni utili alla costruzione del modello BIM.

Il processo di restituzione, riguarda l'utilizzo delle informazioni raccolte ed è finalizzato alla rappresentazione dell'edificio secondo le modalità più consone, ovvero in pianta, prospetto e sezione. Questo secondo processo è oggi sostituito nel caso di modellazione BIM con la realizzazione del modello, da cui si potranno poi ricavare tutte le possibili viste e rappresentazioni.



Il processo di rilevamento può essere svolto secondo diversi metodi, individuando due distinte metodologie operative:

- **rilievo diretto:** eseguito direttamente dagli operatori mediante strumenti semplici tramite operazioni di misurazione a diretto contatto con i manufatti e gli edifici da documentare;
- **rilievo indiretto:** effettuato tramite tre diversi metodi:
 - eseguito dagli operatori mediante strumenti ottici e meccanici di grande precisione, che comportano una serie di calcoli più o meno complessi per la restituzione degli oggetti e manufatti rilevati
 - rilievo fotogrammetrico
 - rilievo laser scanner 3D.

La scelta tra uno di questi metodi dipende dai seguenti parametri:

- tempo;
- budget;
- strumentazione a disposizione;
- numero e tipologia di elementi da rilevare;
- dimensione e complessità dell'edificio/asset.

Dopo aver analizzato la documentazione esistente, considerato le diverse tipologie di rilievo, e in funzione di tali parametri, il BIM Coordinator e il BIM Manager scelgono il tipo di rilievo più adatto all'insediamento e agli edifici oggetto della modellazione, oppure, su richiesta dell'Ente, ne danno contezza tramite l'Offerta di Gestione Informativa, in risposta al Capitolato Informativo.

4.1.3 Tolleranze di misurazione

Prima di iniziare il rilievo è necessario definire le tolleranze di misurazione di ogni elemento oggetto di rilievo. Nei casi in cui vengano rilevate misure differenti della stessa dimensione, in base alle tolleranze utilizzate, si provvede, nella fase di restituzione del rilievo, alla definizione di un valore medio, in modo da approssimare la misura senza alterare in modo sostanziale la ricostruzione dell'oggetto rilevato. La tolleranza specifica sarà definita nel Capitolato Informativo dedicato al servizio specifico e migliorata, se del caso, dall'Offerente, nell'Offerta di Gestione Informativa.

4.2 Operazioni di rilievo

L'edificio e/o gli edifici costituenti un asset esistente devono essere rilevati a livello architettonico, strutturale e impiantistico verificando in situ la posizione e dimensione degli elementi sugli elaborati grafici già in possesso (se presenti), aggiornandoli e completandoli.

Per valutare la corrispondenza e la correttezza degli elaborati grafici esistenti è conveniente eseguire controlli a campione di alcuni elementi prima di iniziare il processo. Se l'esito è positivo si può procedere all'aggiornamento degli elaborati, altrimenti è preferibile generare dei nuovi disegni o, nel caso specifico, generare un ecosistema di contenitori informativi che sia rispondente allo stato dei luoghi, all'atto del rilievo.



4.2.1 Specifiche relative alle operazioni di campagna

Vengono esplicitate di seguito le operazioni minime da eseguirsi al fine di restituire un rilievo coerente con gli usi e gli obiettivi minimi che saranno esplicitati per ogni singolo asset nel Capitolato Informativo:

- picchettamento e rilevamento dei vertici di poligonale necessari all'impostazione del rilevamento di dettaglio;
- rilevamento plano-altimetrico di dettaglio dello stato di fatto dell'area oggetto di rilievo;
- rilevamento in sito eseguito con strumentazione laser scanner e da stazioni totali (qualora selezionati come metodologia di rilievo) e georeferenziazione mediante strumentazione GPS.

4.2.2 Georeferenziazione con GPS

Il rilievo di ogni manufatto dovrà essere georiferito mediante il posizionamento di un numero adeguato di capisaldi (almeno 3 capisaldi). La posizione verrà concordata con l'Ente, nella figura del responsabile del procedimento e l'acquisizione dovrà essere eseguita in modalità statica per almeno 30 minuti per ogni lettura.

Ogni caposaldo dovrà essere materializzato mediante chiodi topografici e di ciascuno di essi dovrà essere eseguita adeguata monografia comprensiva di fotografie di inquadramento, coordinate, eidotipo, ecc

Si ritiene necessario specificare che le coordinate di georeferenziazione dovranno essere coerenti con quelle esplicitate nel modello URS, riferimento per la modellazione informativa di tutte le discipline coinvolte, anche in relazione all'integrazione tra BIM e GIS.

4.2.3 Realizzazione rete topografica

Scopo della rete di inquadramento plano-altimetrica e successivamente di quella d'appoggio è di poter derivare le coordinate di un numero di punti sufficiente alla realizzazione degli elaborati richiesti per il rilievo.

La rete principale di inquadramento locale sarà realizzata come struttura autonoma, intrinsecamente determinata con misure sovrabbondanti, tali da permettere controlli statisticamente validi. L'incertezza della rete plano-altimetrica, espressa attraverso gli s.q.m. delle coordinate dei vertici, dovrà essere di ± 2 mm. La verifica della bontà della geometria delle reti sarà testata preventivamente su un programma di simulazione delle reti che permetta la valutazione a priori dell'incertezza dei vertici, in funzione della precisione degli strumenti topografici e della geometria della rete stessa; in particolare saranno calcolati gli s.q.m. delle coordinate e i parametri delle ellissi d'errore.

Le operazioni di misura per il rilievo della rete di inquadramento verranno eseguite con strumentazione adeguata (stazione totale almeno da 2") e da ciascun vertice le misure di direzione angolare, sia azimutale che zenitale, verranno fatte nelle due posizioni coniugate del cannocchiale, così come le misure delle lunghezze dei lati saranno ripetute in andata e ritorno.

Successivamente alla rete principale verranno eseguite le reti secondarie per raffittire le reti principali ed avere così a disposizione, in ogni luogo del monumento, i vertici necessari al rilievo di dettaglio. Tutti i vertici della rete secondaria saranno legati ad almeno tre vertici della rete principale.



La rete principale e quelle secondarie saranno compensate con programma rigoroso ai minimi quadrati, assumendo un'origine ed un orientamento arbitrari che individuino il sistema di riferimento locale. Alla fine del procedimento di compensazione saranno calcolati:

- il valore compensato delle coordinate (X,Y,Z) di tutti i vertici nel sistema di riferimento locale;
- gli s.q.m. delle coordinate stesse;
- i residui delle equazioni alle misure;
- i parametri delle ellissi di errore associate ad ogni vertice e la loro rappresentazione grafica.

4.2.4 Rilievo laser scanner

L'esecuzione dell'intervento di rilievo topografico plano-altimetrico potrà (o dovrà esserlo nel caso in cui richiesto esplicitamente dall'Ente) essere effettuato con tecnologia laser scanner.

Obiettivo del rilevamento Laser scanner (con rilevazione a colori) è la formulazione del rilievo di dettaglio tramite un modello a nuvola di punti coerente ad un unico sistema di riferimento, che fornisca il supporto alle elaborazioni di modelli informativi redatti con metodologia BIM e le relative esportazioni necessarie e conformi agli applicativi in uso per la gestione e manutenzione delle opere.

Il rilievo dovrà riguardare anche le coperture dei fabbricati. Esso dovrà essere eseguito con laser scanner ed integrato con rilievo da SAPR (Sistema a Pilotaggio Remoto). Il pilota e il velivolo dovranno rispettare il regolamento ENAC vigente.

Il sistema laser scanner adottato dovrà permettere almeno cinque possibili impostazioni di risoluzione (passi angolari) per rispettare le seguenti prescrizioni:

- la maglia di acquisizione non dovrà essere superiore a 1x1cm sulle superfici dell'oggetto del rilievo;
- per i dettagli di particolare interesse la maglia non dovrà superare 0.4 cm x 0.4 cm;
- al fine di ridurre il rumore si dovranno privilegiare scansioni con vista nadirale.

I target per la registrazione delle scansioni dovranno essere posizionati in sito con tecniche che ne prevedano la reversibilità e il facile smontaggio senza arrecare danni al manufatto, porzioni di esso o delle sue superfici. Il posizionamento dei target utili all'orientamento delle scansioni laser dovrà essere progettato e realizzato in modo da garantire la solidità dell'impianto topografico delle scansioni.

I target dovranno essere posizionati in numero maggiore a 7 per ogni scansione curando la posizione geometrica (si privilegerà la conformazione tetraedrica) e successivamente si procederà alla lettura multipla degli stessi con stazione totale. Le coordinate dei target verranno elaborate escludendo le misure anomale ed effettuando la media delle misure rimanenti.

Tutte le scansioni verranno georiferite con l'ausilio di target misurati dalla stazione totale escludendo a priori la procedura di registrazione "cloud to cloud". L'allineamento delle scansioni dovrà avvenire con adeguato software e dovrà essere prodotto il report di registrazione di ogni scansione. Le scansioni verranno eseguite attivando, per l'intera durata della scansione, il controllo del livellamento dello scanner per evitare variazioni di verticalità durante l'esecuzione dell'acquisizione.



4.2.5 Sondaggi non distruttivi

I sondaggi non distruttivi (**NDT**) rappresentano il primo livello di indagine conoscitiva sull'opera esistente e vengono generalmente impiegati:

- nelle fasi preliminari di rilievo e conoscenza del manufatto;
- quando non è possibile o non è opportuno eseguire indagini invasive;
- per orientare e ottimizzare eventuali sondaggi distruttivi successivi;
- per ridurre l'impatto sull'opera, garantendo la continuità di esercizio.

I sondaggi NDT consentono di acquisire informazioni indirette sul comportamento strutturale, materico, energetico e impiantistico dell'opera, con un livello di affidabilità medio, caratterizzato da possibili margini di incertezza che devono essere esplicitati e gestiti nel modello informativo.

I sondaggi non distruttivi sono considerati strumenti fondamentali di supporto alla modellazione BIM dell'esistente, in particolare per:

- l'individuazione preliminare di elementi nascosti;
- la definizione di ipotesi costruttive e impiantistiche;
- l'assegnazione del Parametro di Affidabilità della Modellazione (AdM) di livello MEDIO, se non addirittura ALTO in taluni casi.



Si riportano nella tabella a seguire le tipologie di sondaggio non distruttivo, suddivise per disciplina o ambito interessato.

Disciplina/Ambito	Sondaggi Non Distruttivi (NDT)
Strutture	Le indagini strutturali non distruttive sono finalizzate alla caratterizzazione degli elementi portanti senza alterarne l'integrità. Tra le principali metodologie rientrano: - Pacometria, per l'individuazione delle armature metalliche e della profondità del copriferro; - Ultrasuoni, per la valutazione dell'omogeneità dei materiali e l'individuazione di discontinuità; - Sclerometria, per una stima indiretta della resistenza superficiale dei materiali; - Georadar (GPR), per l'individuazione di elementi strutturali nascosti e discontinuità interne. Nel modello BIM, i risultati di tali indagini supportano: - l'ipotesi di disposizione delle armature, - la caratterizzazione preliminare dei materiali, - l'attribuzione di un livello di affidabilità MEDIO agli elementi strutturali modellati.
Termografia/energia	Le indagini termografiche sono utilizzate per l'analisi del comportamento dell'involucro edilizio e delle prestazioni energetiche dell'opera. In particolare consentono di: - individuare ponti termici; - analizzare la continuità delle stratigrafie; - rilevare discontinuità dell'isolamento; - individuare fenomeni di umidità o infiltrazioni. Nel contesto della modellazione informativa, i risultati permettono di: - ipotizzare la composizione delle stratigrafie; - supportare la modellazione energetica dell'esistente; - attribuire un livello di affidabilità MEDIO alle informazioni energetiche e costruttive, salvo successive verifiche distruttive.
Impianti	I sondaggi non distruttivi per la disciplina impiantistica sono finalizzati all'individuazione e al tracciamento delle reti esistenti senza ricorrere a demolizioni. Le principali tecniche includono: - Georadar, per l'individuazione di tubazioni e canalizzazioni incassate; - Termografia, per la localizzazione di linee attive; - Endoscopie, per la verifica visiva di cavedi e passaggi accessibili. Nel modello BIM tali indagini consentono di: - ipotizzare il percorso delle reti impiantistiche; - individuare possibili interferenze; - ridurre il rischio di errori in fase di progettazione. In assenza di verifiche distruttive, i tracciati impiantistici derivanti da sondaggi NDT dovranno essere chiaramente contrassegnati nel modello con un livello di affidabilità MEDIO.



L'associazione dei NDT e dei relativi risultati deve essere poi riportata nell'AIM, ovvero dovranno essere:

- associati agli elementi BIM interessati;
- documentati attraverso riferimenti a report, elaborati grafici e rilievi;
- utilizzati come base conoscitiva per la definizione del AdM.

Si stabilisce che le informazioni derivanti da sondaggi NDT non devono essere considerate definitive, ma come **parte di un processo conoscitivo progressivo**, suscettibile di aggiornamenti e integrazioni in funzione di ulteriori indagini.

Questo tipo di indagini, in assenza di documentazione as-built affidabile, sono tendenzialmente da preferirsi a quelle distruttive, in quanto non comportano distruzione di parti dell'asset in analisi. Ci si riferisca sempre in linea specifica però al Capitolato Informativo che verrà redatto per il servizio specifico.

4.2.6 Sondaggi distruttivi

I sondaggi distruttivi (**DT**) rappresentano il livello più elevato di indagine conoscitiva sull'opera esistente e vengono impiegati quando è necessario ottenere una verifica diretta e puntuale delle caratteristiche geometriche, materiche, strutturali, energetiche o impiantistiche.

Essi sono generalmente utilizzati:

- a valle delle indagini non distruttive, per confermare o validare le ipotesi formulate;
- quando il livello di affidabilità richiesto per la modellazione e per le decisioni progettuali è elevato;
- in presenza di interventi strutturali, impiantistici o di riqualificazione rilevanti;
- per ridurre il rischio tecnico legato a informazioni incerte o presunte.

I sondaggi DT comportano un'alterazione localizzata dell'opera, ma consentono di acquisire informazioni dirette, misurabili e verificabili, garantendo un livello di affidabilità alto dei dati restituiti e sono considerati strumenti determinanti per la validazione della modellazione BIM dell'esistente, in particolare per:

- la conferma delle caratteristiche geometriche e materiche;
- la verifica delle prestazioni strutturali ed energetiche;
- l'assegnazione del Parametro di Affidabilità della Modellazione (AdM) di livello ALTO

Le informazioni derivanti da sondaggi distruttivi costituiscono il **riferimento primario** per la costruzione del modello informativo, in quanto basate su:

- osservazioni dirette;
- prove di laboratorio;
- misurazioni certificate.

Tali informazioni permettono di ridurre drasticamente i margini di incertezza presenti nelle fasi preliminari e di trasformare il modello BIM dell'esistente in uno strumento **affidabile e validato**, idoneo a supportare decisioni progettuali e gestionali di elevata complessità.



Si riportano nella tabella a seguire le tipologie di sondaggio non distruttivo, suddivise per disciplina o ambito interessato:

Disciplina/Ambito	Sondaggi Distruttivi (DT)
Strutture	I sondaggi distruttivi in ambito strutturale sono finalizzati alla caratterizzazione diretta degli elementi portanti e dei materiali costituenti. Tra le principali tipologie rientrano: - Carotaggi, per l'estrazione di campioni di calcestruzzo o muratura; - Demolizioni localizzate, per la verifica diretta delle sezioni strutturali; - Prelievo di armature, per l'analisi delle caratteristiche meccaniche; - Prove di laboratorio, per la determinazione delle resistenze e delle proprietà fisiche dei materiali. Nel modello BIM, i risultati di tali sondaggi consentono di: - definire con precisione sezioni e stratigrafie strutturali; - assegnare materiali e classi di resistenza certificate; - attribuire un livello di affidabilità ALTO agli elementi strutturali modellati.
Involucro/energia e stratigrafie	I sondaggi distruttivi relativi all'involucro edilizio e alle prestazioni energetiche sono finalizzati alla verifica diretta delle stratigrafie e dei materiali costituenti. Essi includono: - Aperture localizzate dell'involucro, per la verifica degli strati costruttivi; - Prelievo di campioni di materiale isolante; - Verifica diretta degli spessori e delle modalità costruttive. Nel contesto della modellazione informativa, tali sondaggi permettono di: - definire stratigrafie certe e validate; - supportare la modellazione energetica con dati reali; - attribuire un livello di affidabilità ALTO alle informazioni energetiche e costruttive.
Impianti	I sondaggi distruttivi in ambito impiantistico sono utilizzati per la verifica diretta dei percorsi, delle sezioni e delle caratteristiche delle reti. Le principali tipologie includono: - Aperture localizzate di pareti, solai o pavimentazioni; - Ispezione diretta delle canalizzazioni e tubazioni; - Verifica delle connessioni e delle interferenze reali. Nel modello BIM, tali sondaggi consentono di: - confermare con certezza il tracciato delle reti impiantistiche; - eliminare ambiguità o ipotesi precedentemente formulate; - attribuire un livello di affidabilità ALTO ai sistemi impiantistici modellati.



L'associazione dei DT e dei relativi risultati deve essere poi riportata nell'AIM, ovvero dovranno essere:

- associati in modo puntuale agli elementi BIM interessati;
- documentati attraverso:
 - relazioni di prova,
 - elaborati grafici,
 - documentazione fotografica,
 - report di laboratorio;
- archiviati e resi consultabili all'interno dell'Asset Information Model (AIM).

Tali informazioni costituiscono la base per l'assegnazione del Parametro di Affidabilità della Modellazione (AdM) di livello ALTO, e devono essere mantenute e aggiornate nel tempo come parte integrante della **conoscenza certificata dell'opera**.

Si stabilisce che le informazioni derivanti da sondaggi distruttivi rappresentano il **livello massimo di affidabilità disponibile**, ma restano comunque inserite in un processo informativo dinamico.

Eventuali modifiche, interventi successivi o nuove indagini dovranno essere recepite nel modello e nell'AIM, garantendo la tracciabilità e l'aggiornamento continuo delle informazioni.

Occorre esplicitare, come per i NDT, che quanto affermato è una regola generale, che dovrà poi confrontarsi con gli usi ed obiettivi di modello richiesti nello specifico Capitolato Informativo.

4.3 Rilievo e restituzione strutture

Nel processo di rilievo dell'esistente, il rilievo strutturale costituisce una fase essenziale per la corretta restituzione geometrica e informativa del sistema portante dell'opera e per la successiva costruzione di un modello BIM affidabile. Il rilievo strutturale comprende la verifica e il controllo in situ degli elementi strutturali principali, quali pilastri, travi e solette strutturali, con particolare attenzione alla loro posizione, geometria, materiali e dimensioni, nel rispetto delle tolleranze di misura ammissibili definite nelle presenti Linee Guida.

Per ciascun elemento strutturale oggetto di rilievo dovranno essere rilevati e verificati i principali parametri informativi, tra cui l'ubicazione e la posizione rispetto alla griglia strutturale (interassi), la geometria, il materiale strutturale, l'eventuale materiale di rivestimento e le dimensioni caratteristiche. In particolare, per pilastri e travi dovranno essere rilevate le dimensioni della sezione ($b \times h$), mentre per le solette strutturali dovranno essere rilevati la geometria, il materiale e lo spessore, ove accessibile.

Il rilievo geometrico degli elementi strutturali dovrà essere condotto nel rispetto delle seguenti tolleranze di misura di riferimento, da intendersi come scostamenti massimi ammissibili nella restituzione del modello informativo:

- ± 1 cm per elementi strutturali a vista e non rivestiti, quali pilastri o travi in calcestruzzo prefabbricato o gettato in opera lasciati a vista;
- ± 2 cm per elementi strutturali rivestiti o inglobati da elementi architettonici, quali intonaci, pannellature o rivestimenti di spessore non noto;
- ± 2 cm per la restituzione della geometria e dello spessore delle solette strutturali, da rilevarsi preferibilmente in corrispondenza dei vani scala o di altre zone ispezionabili.

Tali tolleranze sono ritenute coerenti con le finalità di modellazione informativa dell'esistente e con i livelli di accuratezza richiesti per la gestione del patrimonio edilizio, fatta salva la necessità di maggiore precisione in funzione di specifiche esigenze progettuali o di analisi avanzate.



Il rilievo degli elementi strutturali risulta generalmente agevole quando gli elementi sono a vista, mentre può presentare maggiori complessità nel caso di elementi rivestiti o parzialmente nascosti. In assenza di elaborati grafici relativi alle strutture, il rilievo potrà essere limitato ai soli elementi strutturali visibili, dei quali dovranno essere identificate la posizione e le dimensioni rilevabili, dichiarando nel modello informativo il livello di affidabilità associato alle informazioni inserite.

Nel caso in cui la committenza richieda un modello informativo finalizzato a analisi strutturali o sismiche, sarà invece necessario procedere con un rilievo più approfondito, comprensivo della verifica dello stato di esercizio degli elementi strutturali e dell'acquisizione delle informazioni mancanti mediante indagini in situ, quali prove pacometriche, prove di carico o altre indagini specialistiche. I risultati di tali indagini dovranno essere integrati nel modello informativo e nell'Asset Information Model (AIM), contribuendo all'assegnazione di un livello più elevato di affidabilità della modellazione.

Durante tutte le operazioni di rilievo strutturale è fondamentale acquisire una documentazione fotografica adeguata degli elementi rilevati e delle condizioni riscontrate. Le fotografie costituiscono un supporto essenziale per la ricostruzione degli oggetti nel modello BIM, per la verifica a posteriori delle informazioni inserite e per garantire la tracciabilità del processo di rilievo e restituzione. La restituzione strutturale così condotta consente di ottenere un modello BIM dell'esistente coerente, affidabile e utilizzabile, in grado di supportare le successive fasi di analisi, progettazione e gestione dell'opera, nel rispetto delle tolleranze di rilievo e in coerenza con il Parametro di Affidabilità della Modellazione definito nelle presenti Linee Guida.

4.4 Rilievo e restituzione architettura

Nel processo di rilievo dell'esistente, il rilievo architettonico rappresenta la base conoscitiva per la corretta restituzione geometrica e informativa degli spazi, degli elementi costruttivi e delle finiture, nonché per la costruzione di un modello BIM coerente e utilizzabile nelle successive fasi di progettazione e gestione.

Il rilievo architettonico comprende la verifica e il controllo in situ degli elementi che definiscono la configurazione spaziale e morfologica dell'edificio, con particolare attenzione alla loro codifica, geometria, dimensioni, materiali e relazioni spaziali, nel rispetto delle tolleranze di misura ammissibili definite nelle presenti Linee Guida.

Il rilievo dovrà interessare innanzitutto l'edificio nel suo insieme, mediante la codifica dell'immobile e la rilevazione delle quote planimetriche e altimetriche principali. In particolare, il perimetro esterno dell'edificio e le distanze tra edifici dovranno essere rilevati con una tolleranza di ± 5 cm, mentre i livelli delle pavimentazioni esterne, i dislivelli relativi tra edifici e le quote dei piani di calpestio dovranno essere rilevati con una tolleranza di ± 2 cm. Le quote di coronamento delle coperture potranno essere rilevate con una tolleranza di ± 5 cm, mentre le altezze dei parapetti con una tolleranza di ± 2 cm.

Per ciascun piano dovranno essere rilevati il numero identificativo e le quote dei livelli di calpestio, preferibilmente misurate in corrispondenza dei vani scala, assumendo tali quote come riferimento altimetrico per la restituzione degli ambienti interni.

A livello di locale, il rilievo dovrà comprendere la codifica dell'immobile, del piano e del locale, nonché la rilevazione della geometria degli spazi, con misurazione di larghezza, profondità e altezza netta, ciascuna con una tolleranza di ± 2 cm. Dovranno inoltre essere rilevati i materiali di finitura di muri, pavimenti, soffitti e coperture, in quanto informazioni rilevanti ai fini della gestione e degli output di progetto.

Il rilievo degli elementi costruttivi dovrà includere muri, solai, scale e rampe. Per i muri e i solai dovrà essere rilevata la geometria e lo spessore, con una tolleranza di ± 2 cm, preferibilmente misurando tali spessori in



corrispondenza delle aperture (finestre e porte). Qualora ciò non sia possibile, gli spessori potranno essere desunti come differenza tra le quote esterne dell'edificio e quelle interne dei locali, dichiarando nel modello informativo il relativo livello di affidabilità.

Per le scale dovranno essere rilevati il numero di alzate e pedate, le dimensioni geometriche delle stesse e dei pianerottoli, con una tolleranza di $\pm 0,5$ cm per alzate e pedate e di ± 2 cm per larghezza e profondità dei pianerottoli, nonché i materiali costituenti. Analogamente, per le rampe dovranno essere rilevate larghezza, lunghezza e dislivello tra i piani collegati, con una tolleranza di ± 2 cm.

Il rilievo dei serramenti (finestre, porte e facciate continue) dovrà comprendere la codifica dell'immobile, del piano e del locale, la posizione rispetto alle pareti delimitanti il locale (con tolleranza di ± 2 cm), le dimensioni geometriche principali (larghezza, altezza, quota di imposta da terra, imbotti), la scansione e suddivisione dei moduli, le dimensioni di telai, montanti e traversi, nonché la tipologia e lo spessore delle vetrate. Per la maggior parte delle dimensioni geometriche si assume una tolleranza di ± 2 cm, mentre per lo spessore delle vetrate una tolleranza di $\pm 0,5$ cm. Dovranno inoltre essere rilevati materiali di telaio, pannelli, davanzali e soglie. Analogamente, gli elementi di protezione quali ringhiere e parapetti dovranno essere rilevati in termini di geometria e materiali, con una tolleranza di ± 2 cm sull'altezza.

Durante le operazioni di rilievo architettonico è necessario definire preventivamente un punto di riferimento altimetrico (quota 0,00 m), al quale relazionare tutte le quote successive, al fine di garantire coerenza e tracciabilità delle misure.

È inoltre fondamentale, nella fase di pianificazione del rilievo, definire una gerarchia delle misure, individuando quelle da considerare vincolanti e quelle eventualmente da compensare.

In generale, si raccomanda di procedere prima al rilievo della sagoma esterna dell'edificio, assumendo le quote esterne come riferimento fisso, per poi passare agli ambienti interni; tale metodologia consente di ridurre la propagazione degli errori e di gestire in modo consapevole la compensazione delle misure interne e degli spessori murari. Analoga attenzione dovrà essere posta nella restituzione altimetrica, definendo dapprima le altezze complessive dell'edificio e le altezze interpiano, per poi compensare eventuali discrepanze locali, in particolare nel rilievo delle scale, dove possono emergere differenze tra le alzate dei singoli gradini.

Durante tutte le operazioni di rilievo architettonico è fondamentale acquisire una documentazione fotografica adeguata degli elementi e delle situazioni rilevate. Le fotografie costituiscono un supporto essenziale per la ricostruzione degli oggetti nel modello BIM, per la verifica a posteriori delle informazioni inserite e per garantire la tracciabilità del processo di rilievo e restituzione. La restituzione architettonica così strutturata consente di ottenere un modello BIM dell'esistente coerente, affidabile e governabile, nel rispetto delle tolleranze di rilievo e in coerenza con il Parametro di Affidabilità della Modellazione definito nelle presenti Linee Guida.

4.5 Rilievo e restituzione impianti

Nel processo di rilievo dell'esistente, la restituzione informativa degli impianti costituisce un passaggio fondamentale per la corretta costruzione del modello BIM e per l'alimentazione dell'Asset Information Model.

In presenza di elaborati grafici relativi agli impianti, il rilievo impiantistico comprende un'attività sistematica di verifica e controllo in situ della corrispondenza tra quanto rappresentato negli elaborati disponibili e lo stato reale dell'opera, tenendo conto delle tolleranze di rilievo ammissibili definite nelle presenti Linee Guida.

Tale attività non si limita alla semplice conferma della presenza degli elementi, ma prevede la verifica puntuale delle loro caratteristiche identificative, geometriche, funzionali e di localizzazione, valutando eventuali scostamenti rispetto alla documentazione esistente.



Il rilievo dovrà interessare, in funzione della disciplina impiantistica, gli elementi afferenti agli impianti antincendio e agli impianti elettrici, comprendendo dispositivi di rilevazione, segnalazione, sicurezza, spegnimento, evacuazione e distribuzione. Per ciascun elemento oggetto di rilievo dovranno essere rilevati e verificati i principali parametri informativi, quali la codifica dell'immobile, il codice del piano e del locale di appartenenza, l'ubicazione e la posizione rispetto alle pareti e ai soffitti delimitanti il locale, la tipologia dell'elemento, il modello e l'eventuale numero di matricola o di serie, nonché l'area di pertinenza e l'ambito funzionale. La posizione degli elementi dovrà essere rilevata con un livello di accuratezza coerente con le tolleranze geometriche previste per la restituzione impiantistica, garantendo la coerenza tra rilievo, modellazione e utilizzo del modello informativo.

In via generale, per gli elementi impiantistici rilevati in situ, si assume come valore medio di riferimento una tolleranza geometrica e posizionale pari a ± 5 cm, intesa come scostamento massimo ammissibile tra la posizione reale dell'elemento e la sua restituzione nel modello BIM. Tale valore è ritenuto adeguato per la maggior parte delle attività di rilievo dell'esistente finalizzate alla modellazione informativa, in particolare quando il rilievo è condotto mediante verifiche dirette, documentazione fotografica e controlli visivi, eventualmente supportati da indagini non distruttive. Scostamenti rientranti entro tale intervallo sono considerati compatibili con un livello di affidabilità MEDIO o ALTO della modellazione, in funzione della presenza di sondaggi e documentazione di supporto.

In assenza di elaborati grafici relativi agli impianti, il rilievo dovrà essere condotto in modo esteso e strutturato, prevedendo la rilevazione di tutti i parametri necessari al As-Built. In tali casi, le tolleranze di rilievo assumono un ruolo particolarmente rilevante e dovranno essere esplicitamente considerate nella restituzione informativa, distinguendo tra informazioni rilevate con maggiore precisione e informazioni ricostruite per deduzione o analogia. I dati raccolti durante il rilievo costituiscono la principale fonte informativa per la modellazione BIM dell'esistente e dovranno essere inseriti nel modello con chiara dichiarazione del livello di affidabilità associato, in funzione delle modalità di acquisizione e delle eventuali indagini di supporto effettuate.

Durante le operazioni di rilievo è inoltre fondamentale acquisire una documentazione fotografica adeguata di tutti gli elementi ritenuti significativi, al fine di consentire la corretta ricostruzione degli oggetti nel modello informativo e la verifica a posteriori delle loro caratteristiche, inclusa la valutazione degli scostamenti rientranti nelle tolleranze ammesse. Le fotografie dovranno essere utilizzate come supporto alla modellazione e archiviate come parte integrante del patrimonio informativo, garantendo la tracciabilità delle informazioni e la coerenza tra rilievo, restituzione e gestione.

La restituzione impiantistica così strutturata consente di realizzare un modello BIM dell'esistente affidabile e utilizzabile, in grado di supportare in modo consapevole le successive fasi di progettazione, intervento e gestione dell'opera, nel rispetto delle tolleranze di rilievo e in coerenza con il Parametro di Affidabilità della Modellazione definito nelle presenti Linee Guida.

4.6 Affidabilità delle informazioni

La restituzione grafica ed informativa di qualsiasi contenuto nei modelli BIM deve conservare il grado di affidabilità offerto dalla campagna di rilievo effettuata o dai documenti progettuali/As-Built assunti come riferimento, senza procedere all'inserimento di informazioni basate su deduzioni o comparazioni effettuate dall'operatore. Nel caso si presentino condizioni che pregiudichino l'accesso o la raccolta sul campo di informazioni, si deve sempre contattare la committenza per concordare la corretta procedura di risoluzione ed avanzamento.



Esempi:

- Nel caso in cui durante le operazioni di rilievo non risulti possibile accedere ad un locale, non si devono dedurre o ipotizzare le finiture o le stratigrafie dei muri che lo caratterizzano basandosi su un locale simile, di pari dimensione e conformazione, presente in un punto diverso dell'edificio. Al permanere della condizione di inaccessibilità dopo aver contattato il gestore, limitarsi a specificare questa condizione tramite i parametri dedicati ai livelli di accuratezza ed affidabilità della restituzione, di seguito riportati.
- Nel caso le dorsali impiantistiche presenti in documenti As-Built DWG/PDF/ cartacei siano verificate in termini di posizionamento, dimensioni e tipologia di impianto, queste vanno inserite nei modelli BIM tramite i relativi oggetti e categorie specificati in Linea Guida, altrimenti ci si deve limitare alla modellazione dei soli terminali e componenti concordati con l'Ente.

Gli obiettivi ed usi minimi associati alla consegna dei modelli e degli elaborati da questi prodotti, saranno oggetto del Capitolato Informativo di ogni singolo servizio.

4.6.1 Livelli di accuratezza ed affidabilità della restituzione

Nel processo di restituzione informativa dell'esistente, la qualità del modello BIM non è determinata esclusivamente dal livello di accuratezza geometrica, ma soprattutto dal grado di affidabilità delle informazioni che lo compongono.

Al fine di rendere esplicito, tracciabile e oggettivo il livello di attendibilità della modellazione, viene introdotto un Parametro di **Affidabilità della Modellazione (AdM)**, espresso su tre livelli discreti (BASSO, MEDIO, ALTO), direttamente correlati:

- alla presenza e tipologia di sondaggi effettuati;
- alla disponibilità e qualità della documentazione esistente;
- al grado di verifica diretta delle informazioni modellate.

Il parametro AdM consente di distinguere chiaramente le informazioni ipotizzate, indirettamente dedotte o validate, rendendo il modello informativo uno strumento consapevole e utilizzabile in modo corretto nelle fasi decisionali.



I tre livelli sopra esplicitati possono essere meglio dettagliati come nella tabella di seguito riportata:

Livello di accuratezza	Descrizione e dettaglio
BASSO	In assenza di sondaggi diagnostici e di documentazione tecnica attendibile, le informazioni modellate derivano da: - ipotesi progettuali; - analogie costruttive; - deduzioni visive o da rilievi indiretti. Rientrano tipicamente in questo livello: - passaggi impiantistici presunti; - stratigrafie non verificate; - materiali ipotizzati.
MEDIO	In presenza di sondaggi non distruttivi (NDT) e/o documentazione parziale, le informazioni sono basate su: - indagini indirette (es. termografia, georadar, pacometria); - elaborati storici non completamente aggiornati o verificabili. In questo caso permane un margine di incertezza, che deve essere esplicitato nel modello e considerato nelle fasi progettuali e gestionali.
ALTO	In presenza di sondaggi sia distruttivi che non distruttivi puntuali, supportati da documentazione tecnica coerente e verificata, le informazioni risultano: - direttamente validate, - conformi allo stato di fatto accertato. Questo livello garantisce la massima affidabilità della restituzione informativa, rendendo il modello idoneo a supportare decisioni progettuali, strutturali, impiantistiche e manutentive.

Il livello di accuratezza minimo richiesto sarà oggetto di richiesta esplicita nel Capitolato Informativo dedicato al singolo servizio, ed in funzione degli usi ed obiettivi necessari.

Si esplicita che, comunque, questo parametro di valutazione dovrà sempre essere presente all'interno dei modelli informativi prodotti per la redazione di un AIM.

Tale parametro sarà inserito nel Pset_Rilievo e Restituzione, ed ha un alto valore metodologico in quanto dovrà consentire anche la **tracciabilità delle fonti informative**, prevedendo campi dedicati a:

- riferimenti a elaborati grafici storici;
- relazioni di calcolo o di collaudo;
- rapporti di prova e di sondaggio;
- documentazione fotografica o report diagnostici.



Tali riferimenti costituiscono parte integrante del dato informativo e consentono di **giustificare e motivare il livello di AdM assegnato**, definendolo come comparto informativo rilevante, perché strumento chiave per:

- supportare le decisioni progettuali;
- pianificare ulteriori indagini o sondaggi;
- valutare i rischi legati a informazioni non validate;
- orientare le scelte in fase di intervento sull'esistente.

L'AdM dovrà inoltre essere:

- consultabile nei sistemi di controllo e gestione (es. dashboard, CDE, sistemi di Asset Management);
- utilizzabile come criterio di filtro o visualizzazione tematica;
- mantenuto e aggiornato nel tempo in funzione di nuovi sondaggi o documentazione acquisita.

L'introduzione del parametro **AdM** rappresenta un elemento metodologico centrale nella gestione informativa dell'esistente, in quanto consente di superare una visione del modello BIM limitata alla sola accuratezza geometrica. Attraverso il PAM, il modello informativo diventa uno strumento capace di esprimere in modo esplicito il **grado di conoscenza reale dell'opera**, rendendo immediatamente comprensibile il livello di attendibilità delle informazioni modellate.

Il parametro consente inoltre di strutturare il modello come un sistema di **conoscenza progressiva e certificata**, nel quale ogni informazione è associata a un livello di affidabilità dichiarato, aggiornabile nel tempo in funzione di nuovi sondaggi, verifiche o documentazione acquisita. In questo modo, il modello BIM dell'esistente non si configura come una rappresentazione statica o "assoluta" dello stato di fatto, ma come un sistema dinamico, governato e trasparente.

La presenza del AdM garantisce infine una maggiore **consapevolezza nell'uso delle informazioni**, supportando le decisioni progettuali, gestionali e manutentive sulla base di dati il cui livello di affidabilità è chiaramente dichiarato. Ciò permette di ridurre le ambiguità interpretative, migliorare la gestione del rischio informativo e orientare in modo consapevole eventuali approfondimenti diagnostici futuri.

4.7 Restituzione elaborati ed output

Si esplicita in maniera dettagliata quali sono gli output attesi dall'Ente a seguito dell'attività di rilievo e restituzione.

- Contenitori informativi, ovvero AIM
- Nuvole di punti e rilievi georeferenziati
- Documentazione fotografica
- Report delle analisi NDT e DT
- Elaborati grafici, in particolare:

- Plano-altimetria generale

Dovrà essere restituita una planimetria generale dell'area con indicati: ingombro fabbricato a terra, corselli perimetrali, muri di confine, ingombro e identificazione gronde e andamento di tutti i tetti presenti all'interno del perimetro, viabilità e parti tecniche impiantistiche presenti;



- Piante interne di tutti i piani del manufatto con indicate le quote altimetriche, cambi di pavimentazione, indicazione delle strutture, dei divisori, aperture, comprensivo della pianta copertura, proiezione di travi, controsoffitti;
- Prospetto del fabbricato raffiguranti l'esatta altimetria dei fabbricati e degli ingombri esterni da mettere in relazione con le quote interne;
- Sezioni del fabbricato, verranno restituite le sezioni che taglieranno cielo/terra il fabbricato, nel numero necessario ad una descrizione esaustiva dell'asset, con indicazione delle parti in vista;
- Dettagli costruttivi;
- File .html: Tale formato è necessario alla consultazione all'interno della scansione a mezzo di un programma TrueView, interrogazione delle misure, visualizzazione 360° del dettaglio digitale fotografico del laser scanner.
- File di abachi e tabelle: Tale esportazione, impostata attraverso abachi specifici, deve essere redatta per tutti gli elementi da veicolare verso la piattaforma di facility management in uso all'Ente (se è uno degli usi ed obiettivi richiesti per l'AIM prodotto). Il preciso scopo è quello di consentire il popolamento del database gestionale manutentivo.

Come esplicitato nel capitolo dedicato tutti gli output sopra definiti dovranno essere restituiti come esportazioni dirette provenienti dai modelli informativi.

4.8 Gemello digitale dell'opera e processi avanzati di analisi e monitoraggio

Nel contesto della gestione del patrimonio edilizio esistente, l'evoluzione dei modelli informativi verso un **Digital Twin** rappresenta un passaggio strategico per il controllo, la manutenzione, l'efficienza gestionale e la sicurezza degli edifici. Il Digital Twin è inteso come un sistema informativo dinamico, basato su modelli BIM validati, in grado di integrare dati geometrici, materici, strutturali e prestazionali con informazioni provenienti da attività di diagnostica, monitoraggio energetico, monitoraggio degli afflussi e monitoraggio strutturale nel tempo.

Il Digital Twin non sostituisce il modello informativo dell'esistente, ma ne costituisce una **naturale estensione evolutiva**, fondata su un **Asset Information Model (AIM)** strutturato, coerente e aggiornabile. In tale sistema, il modello BIM rappresenta la base geometrico-informativa, mentre i dati dinamici acquisiti nel tempo ne arricchiscono progressivamente il contenuto, consentendo una rappresentazione aggiornata dello **stato di esercizio dell'edificio**.

4.8.1 Monitoraggio energetico e prestazionale dell'edificio

Elemento centrale del Digital Twin applicato all'edificio esistente è l'**integrazione di sistemi di monitoraggio energetico**, finalizzati all'acquisizione continua o periodica di dati relativi ai consumi, alle prestazioni degli impianti e al comportamento termico dell'involucro edilizio. Tali sistemi possono comprendere sensori di temperatura e umidità, contatori e sotto-contatori energetici, sensori di qualità dell'aria interna, dispositivi di rilevazione dei consumi per vettore energetico (elettrico, termico, idrico) e sistemi di building automation interfacciati con il modello informativo.

In letteratura e nella pratica applicativa sono documentate numerose esperienze di integrazione tra modello BIM e sistemi BEMS (Building Energy Management System), nelle quali l'analisi dei dati energetici nel tempo



consente di individuare anomalie di consumo, derive prestazionali rispetto ai valori di progetto o di diagnosi energetica, e margini di intervento per l'efficientamento. Il monitoraggio energetico supporta strategie di manutenzione predittiva sugli impianti, la pianificazione di interventi di riqualificazione e la verifica nel tempo dell'efficacia degli interventi realizzati.

I dati di monitoraggio energetico dovranno essere integrati nel sistema informativo in modo strutturato, mantenendo il collegamento con gli elementi BIM rappresentativi dell'involucro e degli impianti (IfcZone, sistemi impiantistici) e con i parametri di affidabilità associati. L'aggiornamento periodico delle informazioni consente di mantenere il Digital Twin allineato allo stato reale delle prestazioni energetiche dell'edificio.

4.8.2 Monitoraggio degli afflussi e dell'utilizzo degli spazi

Il Digital Twin dell'edificio esistente integra inoltre **sistemi di monitoraggio degli afflussi e dell'occupazione**, finalizzati all'acquisizione di dati relativi alla presenza, ai flussi e alle modalità di utilizzo degli spazi nel tempo. Tali sistemi possono comprendere sensori di conteggio persone, sistemi di controllo accessi, sensori di occupazione degli ambienti e dispositivi di rilevazione dei flussi pedonali, integrati con la suddivisione spaziale del modello informativo (IfcZone, IfcSpace).

L'**analisi dei dati di affluenza nel tempo** consente di supportare la pianificazione della gestione degli spazi, la verifica della conformità ai livelli di affollamento previsti, l'ottimizzazione dei percorsi e delle aree comuni, nonché la programmazione delle attività di manutenzione e pulizia in funzione dei carichi di utilizzo effettivi. Tali informazioni, correlate ai dati energetici, consentono una lettura integrata del comportamento dell'edificio in relazione al suo effettivo utilizzo, ad esempio nella valutazione del comfort ambientale rispetto all'occupazione reale degli spazi.

I dati di monitoraggio degli afflussi dovranno essere integrati nel sistema informativo in modo strutturato, mantenendo il collegamento con gli elementi spaziali del modello e con i parametri di affidabilità associati, nel rispetto della normativa vigente in materia di protezione dei dati personali.

4.8.3 Monitoraggio strutturale

Per gli edifici esistenti, in funzione delle caratteristiche dell'opera e degli esiti delle indagini diagnostiche, il Digital Twin può integrare anche un **monitoraggio dello stato strutturale**, attraverso il rilievo e il tracciamento di eventuali fessurazioni e, se necessario, sistemi di monitoraggio dinamico (sensori di deformazione, accelerometri). Tali informazioni, quando presenti, dovranno essere rappresentate nel modello come entità tracciabili, associate agli elementi strutturali interessati e corredate da parametri descrittivi quali tipologia, estensione, data di rilevazione e livello di affidabilità (AdM), mantenendo il collegamento con gli elementi BIM corrispondenti.

4.8.4 Integrazione multidominio dei dati di monitoraggio

I flussi informativi derivanti dal monitoraggio energetico, dal monitoraggio degli afflussi e, ove presente, dal monitoraggio strutturale, sebbene acquisiti tramite sistemi e tecnologie differenti, **dovranno confluire in un sistema informativo integrato**, coerente con la struttura dell'AIM, al fine di consentire letture incrociate dei fenomeni osservati. L'architettura del sistema informativo dovrà pertanto prevedere modalità di acquisizione, validazione e archiviazione dei dati tali da garantire l'interoperabilità tra i diversi domini di monitoraggio e la tracciabilità delle informazioni nel tempo, in coerenza con l'ambiente di condivisione dei dati (ACDat/CDE) adottato.



4.8.5 Governance del Digital Twin e ruolo dell'Offerta di Gestione Informativa

L'adozione di strumenti avanzati di monitoraggio ai fini della costituzione del Digital Twin non è da intendersi come prescrittiva in via generale, ma sarà valutata caso per caso in funzione delle caratteristiche dell'edificio, degli obiettivi di gestione e delle risorse disponibili. Le modalità di implementazione del Digital Twin, le tecnologie di monitoraggio energetico, di affluenza e, dove pertinente, strutturale, e i livelli di integrazione informativa dovranno essere **esplicitati e motivati all'interno dell'Offerta di Gestione Informativa (oGI)**, in risposta agli usi e agli obiettivi definiti nel **Capitolato Informativo**.

Il Digital Twin dell'edificio esistente si configura pertanto come un sistema evolutivo, basato su dati affidabili, aggiornabili e tracciabili, in grado di supportare in modo consapevole le attività di gestione, manutenzione, efficienza energetica e pianificazione degli interventi, migliorando la sicurezza e la sostenibilità del patrimonio edilizio esistente.

5. Struttura ed organizzazione della modellazione informativa

Per quanto riguarda la struttura ed organizzazione della modellazione informativa si rimanda all'omonimo capitolo delle linee guida **LG_1A** nella loro ultima revisione formalmente approvata.

6. Gestione dei contenuti informativi

Per quanto riguarda la gestione dei contenuti informativi si rimanda all'omonimo capitolo delle linee guida **LG_1A** nella loro ultima revisione formalmente approvata.

7. Analisi/risoluzione di interferenze (clash) e incoerenze (code check)

Per quanto riguarda l'analisi e la risoluzione di interferenze e incoerenze si rimanda all'omonimo capitolo delle linee guida **LG_1A** nella loro ultima revisione formalmente approvata.

8. Procedure di verifica della modellazione informativa

Per quanto riguarda le procedure di verifica della modellazione informativa si rimanda all'omonimo capitolo delle linee guida **LG_1A** nella loro ultima revisione formalmente approvata.

9. Politiche per la tutela e la sicurezza del contenuto informativo

Per quanto riguarda le politiche per la tutela e la sicurezza del contenuto informativo si rimanda all'omonimo capitolo delle linee guida **LG_1A** nella loro ultima revisione formalmente approvata.