

# L'utilizzo delle infrastrutture digitali per la riqualificazione del patrimonio edilizio italiano: un caso studio

Giacomo Bizzarri, Enrica Boldrin, Laura Ferrari

Università degli Studi di Ferrara

**Abstract.** Lo scopo di questo paper è quello di presentare i benefici tecnico-economici che i servizi digitali possono apportare nell'ambito delle riqualificazioni energetiche, in particolare con riferimento all'utilizzo dei Digital Twin. Il modello digitale è stato utilizzato per stimare l'efficacia degli interventi di riqualificazione per raggiungere una riduzione dei consumi di energia primaria del 90%. Il modello digitale è stato successivamente utilizzato per verificare l'effettiva efficacia di tali interventi attraverso il monitoraggio dei dati di consumo per un periodo di tempo di tre anni.

**Keywords.** Riqualificazione, energetica, modello digitale, edifici tutelati

## Introduzione

P2Endure è un progetto di ricerca finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del programma Horizon 2020. Il progetto, terminato nel 2020, mirava a sviluppare e implementare soluzioni innovative per la riqualificazione energetica degli edifici, con un focus particolare su tecnologie plug-and-play.

P2Endure ha rappresentato un passo importante verso la modernizzazione del patrimonio edilizio europeo, rendendolo più efficiente, sostenibile e confortevole per gli occupanti. Grazie alle sue soluzioni innovative e al suo approccio integrato, il progetto ha lo scopo di rivoluzionare il modo in cui vengono effettuate le riqualificazioni energetiche, rendendole più accessibili e meno invasive.

Uno degli aspetti più significativi del progetto è l'utilizzo di strumenti digitali avanzati, tra cui il Building Information Modeling (BIM), per mappare gli edifici esistenti e pianificare interventi di riqualificazione personalizzati ed efficienti. L'uso di BIM e altre tecnologie digitali per la pianificazione e l'implementazione delle riqualificazioni rappresenta un significativo passo avanti rispetto ai metodi convenzionali, permettendo una maggiore precisione e personalizzazione degli interventi, in particolar modo per quegli edifici che presentano vincoli particolari, come gli edifici storici o sottoposti a tutela.

La riqualificazione energetica degli edifici con considerevoli vincoli storici e architettonici rappresenta una sfida complessa ma possibile. Questo tipo di edifici, spesso protetti da normative che ne preservano l'integrità storica e culturale, richiede un approccio delicato e innovativo per migliorare l'efficienza energetica senza comprometterne il loro valore storico e architettonico. Il Caso Studio presentato all'interno del paper costituisce un esempio

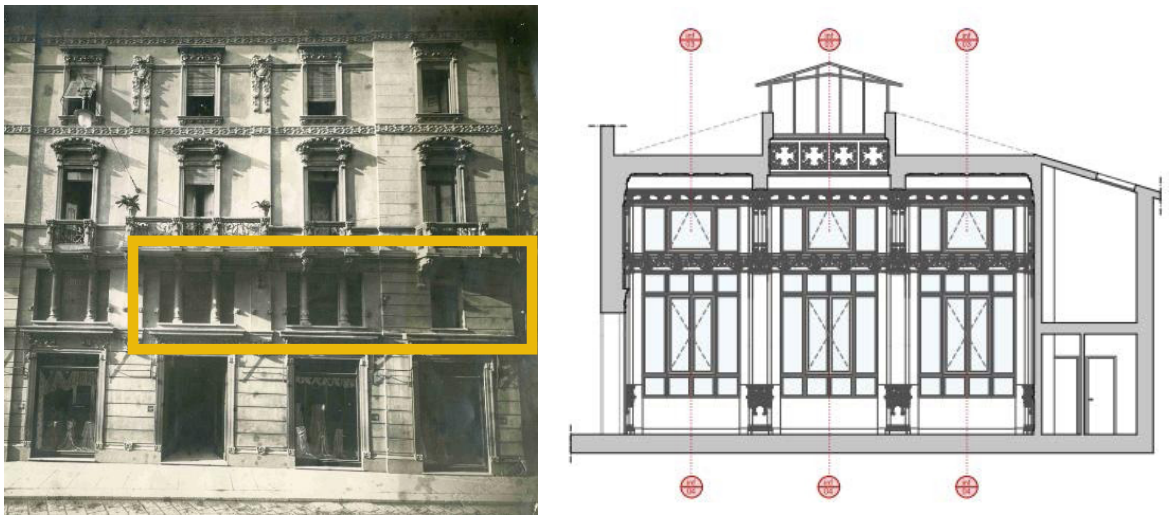
di riqualificazione di un edi-ficio di particolare valore storico-architettonico.

## 1. Descrizione del progetto

Uno dei casi studio di P2Endure si trova a Reggio Emilia, in Italia. Questo Caso Studio è particolarmente significativo perché rappresenta un esempio concreto di come le soluzioni di P2Endure possono essere applicate in un contesto reale. Il Caso Studio ha coinvolto un edificio successivamente utilizzato come ufficio e si-tuato nel centro storico di Reggio Emilia.

Il caso studio è un edificio storico, non abitato dalla fine del 900, vincolato dalla Sovrintendenza per via del suo valore storico e artistico. L'obiettivo del progetto è quello di riqualificare energeticamente l'edificio, preservando i suoi elementi storici, rispettando i vincoli della Soprintendenza.

Fig. 1  
Prospetto e sezione del Caso Studio



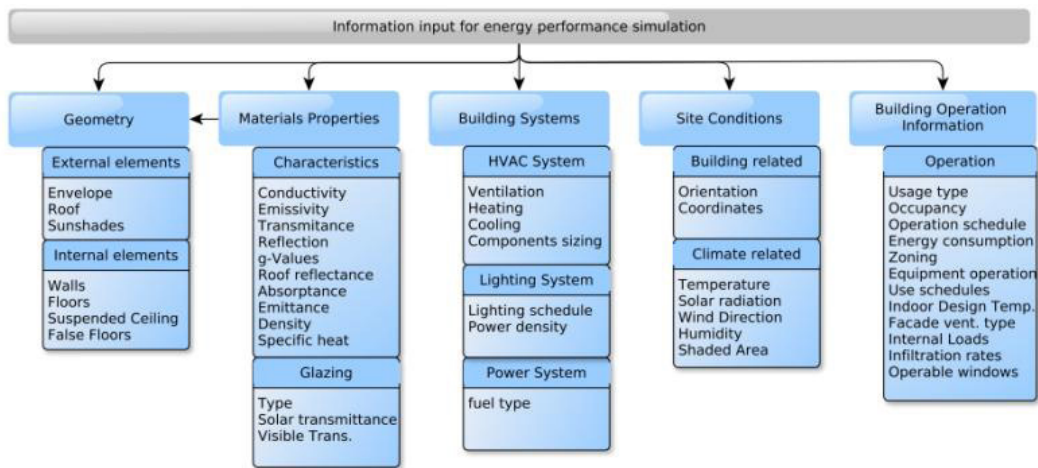
## 2. Generazione del modello digitale

La prima attività avviata per la definizione del modello digitale del Caso Studio è stata la raccolta dei dati. La precisione del modello è infatti in stretta correlazione con il dettaglio delle informazioni raccolte. In particolare, si possono individuare i seguenti 3 gradi di approfondimento:

- 1° grado: conoscenza generale dell'edificio e delle attività che vi si svolgono;
- 2° grado: un maggior livello di dettaglio del modello è raggiungibile tramite un audit sottoposto agli abitanti al fine di determinarne i profili di consumo energetico e i pattern di utilizzo in relazione alle attività svolte in ogni locale. La conoscenza della stratigrafia dei singoli componenti, nonché delle caratteristiche tecniche delle apparecchiature installate permettono di definire con precisione il fabbisogno energetico di ciascun dispositivo;
- 3° grado: il maggior livello di conoscenza dell'edificio si raggiunge attraverso la creazione di un modello energetico digitale, il quale simula il comportamento dell'edificio reale in ogni condizione climatica. Tale grado di dettaglio può essere raggiunto implementando, le

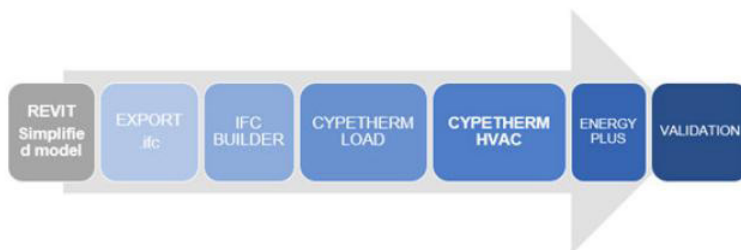
informazioni raccolte nelle fasi precedenti all'interno del modello digitale. Per il Caso Studio oggetto del presente articolo è stato raggiunto il grado più elevato di conoscenza dell'edificio: sono infatti state raccolte informazioni riguardanti sia gli impianti installati sia le partizioni orizzontali e verticali, opache e trasparenti, preesistenti. Essendo il Caso Studio non abitato da diversi anni, non è stato possibile utilizzare una base storica relativa ai dati di consumo. Per superare questa criticità, il fabbisogno energetico è stato stimato utilizzando i dati relativi a edifici che presentavano le medesime caratteristiche, nonché le informazioni ricavabili dalla Certificazione Energetica disponibile. In Fig. 2 un riepilogo dei dati necessari per una precisa definizione del modello digitale.

Fig. 2  
Dati necessari per la definizione del modello digitale



La definizione del modello digitale può avvenire tramite l'utilizzo di diversi software disponibili sul mercato i quali permettono l'esportazione del modello digitale (BIM) e la creazione del modello energetico (BEM) tramite l'utilizzo di file in formati specifici (.ifc, .idf, .gbXML).

Fig. 3  
Esempio di processo per la creazione del modello energetico digitale



Per il presente Caso Studio il modello energetico è stato realizzato tramite la piattaforma Design Builder, interfaccia grafica di Energy Plus. L'utilizzo di tale software ha permesso di limitare il numero di esportazioni/importazioni e i conseguenti errori geometrici che derivano dall'utilizzo di piattaforme diverse. Il processo è stato quindi notevolmente semplificato rispetto a quanto riportato in Fig.3.

Una volta realizzato il modello geometrico, comprensivi dei dati stratigrafici dei singoli componenti, sono state inserite le informazioni riguardanti l'impiantistica presente e i relativi profili di utilizzo.

E' stata successivamente condotta una simulazione energetica per verificare la corrispondenza dei risultati ottenuti con i dati disponibili; il modello risulta "Validato" nel caso in cui i due valori risultino analoghi (considerando una tolleranza pari al 2%).

Una volta validato, il modello è stato utilizzato per stimare l'efficacia degli interventi di riqualificazione previsti.

### 3. Stima della efficacia degli interventi di riqualificazione

Considerando il valore storico dell'edificio, gli interventi di riqualificazione ammissibili sono stati selezionati con l'obiettivo di preservare le caratteristiche esistenti. Al fine di stimare l'efficacia dei singoli interventi, sono stati raccolti e inseriti i dati specifici all'interno del modello digitale ed è stata elaborata una simulazione energetica.

E' stato quindi possibile valutare, in una fase preliminare rispetto all'inizio dei lavori, i vantaggi (in termini sia energetici che economici) della applicazione delle singole tecnologie. Sono state successivamente elaborate simulazioni energetiche che comprendessero combinazioni diverse di tali tecnologie, attraverso un processo iterativo che ha permesso di individuare il set di interventi che permettesse di raggiungere i benefici maggiori.

Fig. 4  
processo iterativo di individuazione interventi

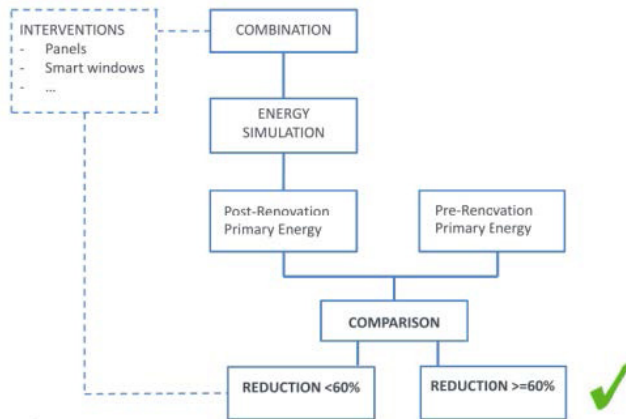


Fig. 5  
individuazione interventi e stima efficacia

<b>FINAL COMBINATION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ P2ENDURE TECHNOLOGIES Smart Windows BGTEC</li> <li>▪ OTHER TECHNOLOGIES Internal insulation + Consensing boiler + LED lamps</li> </ul>
<b>ENERGY CONSUMPTION POST-RENOVATION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PRIMARY ENERGY CONSUMPTION IN PRE-RENOVATION SCENARIO [kWh/m2y] 161 kWh/m2y</li> <li>▪ PRIMARY ENERGY CONSUMPTION IN POST-RENOVATION SCENARIO [kWh/m2y] 64 kWh/m2y</li> <li>▪ SAVING [%] 60.20%</li> </ul>

In Fig. 5 è dettagliato il set di tecnologie la cui applicazione permette di raggiungere il maggior beneficio, in termini di fabbisogno di energia primaria.

#### 4. Monitoraggio

A seguito della realizzazione degli interventi sono stati raccolti i dati relativi ai consumi energetici e, considerando il fattore di conversione da energia elettrica a energia primaria specifico, è stato calcolato il fabbisogno di energia primaria del Caso Studio.

Questi dati sono stati confrontati con i consumi pre-intervento all'interno della Tab. 1 (in corsivo i dati pre-intervento): in rosso è calcolata la riduzione di energia primaria rispetto all'anno 2018, preso come riferimento.

Tab. 1  
Dati di consumo di energia primaria (espresso in kWh) per ogni anno di utilizzo

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>gen</b>	<i>15934.67</i>	222.64	1592.36	6030.64	5055.38	4169.66
<b>feb</b>	<i>10862.12</i>	212.96	7126.90	2879.80	3446.08	3547.72
<b>mar</b>	<i>11342.68</i>	118.58	1311.64	6030.64	3598.54	2848.34
<b>apr</b>	<i>5896.36</i>	111.32	1103.52	5834.62	1870.66	1846.46
<b>mag</b>	<i>4675.90</i>	1057.54	1134.98	2571.25	1483.46	1437.48
<b>giu</b>	<i>4508.09</i>	1045.44	1314.06	2571.25	1430.22	1439.90
<b>lug</b>	<i>5652.27</i>	1064.80	1113.20	3794.56	1793.22	1769.02
<b>ago</b>	<i>5766.69</i>	1384.24	1355.20	1679.48	1829.52	1580.26
<b>set</b>	<i>4492.83</i>	1202.74	1478.62	1277.76	1425.38	1376.98
<b>ott</b>	<i>4302.13</i>	1214.84	2013.44	1967.46	1364.88	1551.22
<b>nov</b>	<i>9664.54</i>	762.30	2376.44	2490.18	3066.14	2891.90
<b>dic</b>	<i>13142.86</i>	762.30	4568.96	4322.12	4169.66	4126.10
<b>TOT</b>	<b>96241.163</b>	<b>9159.7</b>	<b>26489.32</b>	<b>41449.76</b>	<b>30533.14</b>	<b>28585.04</b>
		-90%	-72%	-57%	-68%	-70%

Una ulteriore implementazione è stata valutata al fine di provvedere al residuo fabbisogno energetico tramite fonti rinnovabili.

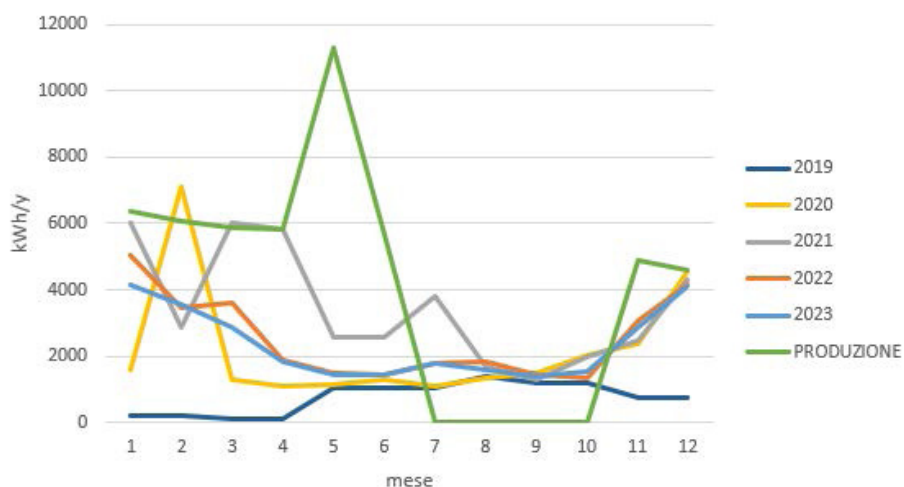
La società titolare del Caso Studio, infatti, dispone di un mini-impianto idroelettrico su canale situato nella medesima provincia.

L'impianto idroelettrico e l'edificio, pertanto, si possono considerare virtualmente connessi, prevedendo l'utilizzo, da parte del Caso Studio, dell'energia primaria prodotta dall'impianto idroelettrico.

Si prende pertanto in esame l'energia primaria prodotta dall'impianto idroelettrico in un anno medio: la produzione di energia elettrica risulta non costante nell'anno solare, con picchi nei periodi primaverili e arresto della produzione nei mesi più torridi.

Il bilancio energetico viene quindi verificato su base annuale. In Fig. 6 si riassume la verifica condotta al riguardo, la quale conferma che il fabbisogno annuo residuo del Caso Studio viene interamente soddisfatto dal vicino impianto idroelettrico.

Fig. 6  
Confronto flussi di energia primaria



## 5. Conclusioni

A seguito del progetto condotto, si desume che la riqualificazione energetica degli edifici storici è possibile attraverso un approccio integrato che rispetta e valorizza il patrimonio culturale.

Un'analisi preventiva dettagliata e mirata permette di identificare le tecnologie più efficaci e compatibili con le caratteristiche uniche degli edifici storici, senza compromettere il loro valore storico e architettonico. Questo approccio non solo garantisce il successo della riqualificazione energetica, ma preserva anche il valore culturale degli edifici, assicurando interventi sostenibili e rispettosi del patrimonio esistente. Il BIM si delinea come strumento potente e versatile che offre numerosi vantaggi nel processo di riqualificazione energetica, in particolare degli edifici storici: permette infatti di affrontare le complessità legate alla preservazione del patrimonio culturale, migliorando al contempo l'efficienza energetica e la sostenibilità. Grazie alla tecnologia BIM, è possibile pianificare, eseguire e gestire interventi di riqualificazione in modo più accurato, coordinato ed efficace, rispettando i vincoli storici e architettonici degli edifici.

Inoltre, il processo di monitoraggio del Caso Studio ha consentito di verificare che la generazione diffusa di energia elettrica rappresenta una risposta chiave ai nuovi fabbisogni energetici, offrendo numerosi vantaggi in termini di efficienza, sostenibilità, affidabilità e coinvolgimento delle comunità locali. Il caso studio rappresenta perfettamente questo schema, riprendendo quello che è lo schema tipico delle Comunità Energetiche Rinnovabili.

## Autori

Giacomo Bizzarri [giacomo.bizzarri@unife.it](mailto:giacomo.bizzarri@unife.it)

Ricercatore di Fisica Tecnica Industriale e Professore Aggregato di "Fisica Tecnica Ambientale 1" presso la Facoltà di Architettura, Università degli Studi di Ferrara. È autore di oltre quaranta articoli scientifici, pubblicati su riviste nazionali e internazionali; ha inoltre partecipato come Speaker a oltre undici Congressi Internazionali.

**Enrica Boldrin** [bldnrc@unife.it](mailto:bldnrc@unife.it)

Laureata in Architettura presso la facoltà di Architettura dell'Università di Ferrara, ho sempre lavorato nell'ambito della riqualificazione energetica, con un particolare interesse per l'applicazione delle fonti rinnovabili e alle riqualificazioni energetiche. Il Dottorato in Architettura e Pianificazione Urbana presso l'Università di Ferrara ha permesso di approfondire la ricerca nel settore energetico.

**Laura Ferrari** [laura01.ferrari@unife.it](mailto:laura01.ferrari@unife.it)

Laureata in Ingegnerie Edile e Architettura presso la facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna, ha sempre lavorato nell'ambito della riqualificazione energetica, con un particolare interesse per l'applicazione delle fonti rinnovabili per soddisfare i fabbisogni energetici. Il Dottorato in Architettura e Pianificazione Urbana presso l'Università di Ferrara ha permesso di approfondire la ricerca nel settore e di studiare l'applicazione delle più recenti infrastrutture digitali.