



QUADERNI CNEL

PER UNA ITALIA CHE CRESCA.

A cura di
Saverio Mecca

*Diversità, prossimità e generatività
dei territori fra transizioni
e diseguaglianze*





Consiglio Nazionale dell'Economia e del Lavoro
Osservatorio delle Politiche Urbane e Territoriali

Per una Italia che cresca.
Diversità, prossimità e generatività dei territori
fra transizioni e disuguaglianze

Quaderno dell'Osservatorio n°1
a cura di Saverio Mecca

CNEL 2023

Consiglio Nazionale dell'Economia e del Lavoro

Osservatorio delle Politiche Urbane e Territoriali
Istituito con la collaborazione dell'Università di Firenze

Coordinatori: Maurizio Savoncelli, Saverio Mecca

Quaderni del CNEL. Quaderno speciale OPUT 1

QUADERNI del CNEL
Pubblicazione periodica
In attesa di registrazione

ISSN 2611-5948

L'Osservatorio delle Politiche Urbane e Territoriali ha organizzato dal 23 marzo al 9 luglio 2022 cinque seminari sul tema del cambiamento climatico, delle transizioni e le diseguaglianze di genere, generazionali e territoriali, in collaborazione l'Università di Firenze, con il Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione 'R. Massa', Università di Milano Bicocca, con SIMA, Società Italiana di Medicina Ambientale e con l'Università del Molise. I contributi scritti inviati da coloro che sono intervenuti sono pubblicati nel presente quaderno.

Coordinamento dell'Osservatorio delle Politiche Urbane e territoriali:
Maurizio Savoncelli e Saverio Mecca

Coordinamento generale dei seminari:
Francesca Delle Vergini, Elvira Falcucci e Rafaela Sori, CNEL

Hanno collaborato al coordinamento scientifico:

per il primo seminario Pina Debbi, Università di Milano Bicocca

per il terzo seminario Alessandro Miani, Presidente della Società Italiana di Medicina Ambientale,

per il quarto seminario Luciano De Bonis, Università del Molise,

per il quinto seminario Federico Cinquepalmi, Università di Roma "Sapienza".

Ha collaborato all'attività redazionale del quaderno: Tiziano Sini.

Editing: Tullio Schvarcz

Nei *Quaderni scientifici* del Consiglio Nazionale dell'Economia e del Lavoro, rivolti alla comunità scientifica e ai cittadini, sono pubblicati studi presentati da esperti del Consiglio ovvero da ricercatori e studiosi esterni, nell'ambito di accordi di collaborazione o di seminari presso l'Organo.

In tal modo si intende contribuire al dibattito scientifico, anche al fine di ottenere contributi utili all'arricchimento del dibattito sui temi in discussione presso il Consiglio stesso.

La pubblicazione dei documenti è realizzata ai sensi dell'articolo 8, comma 12, del Regolamento di Organizzazione approvato dall'Assemblea del Cnel il 13 settembre 2018. La scelta degli argomenti e dei metodi di indagine riflette gli interessi dei ricercatori. Le opinioni espresse e le conclusioni sono attribuibili esclusivamente agli autori e non impegnano in alcun modo la responsabilità del Consiglio.

Comitato Scientifico

Presidente: Prof. Avv. Tiziano Treu

Componenti

Prof. Maurizio Ambrosini

Prof. Emilio Barucci

Prof.ssa Silvia Ciucciiovino

Dott. Ana Rute Cardoso

Prof. Dr. Andrew Clark

Prof. Efisio Gonario Espa

Prof. Michele Faioli

Prof. Claudio Lucifora

Prof.ssa Maria Malatesta

Pprof.ssa Annamaria Simonazzi

Prof.ssa Cecilia Tomassini

Prof. Giovanni Vecchi

Prof. Dott. Thomas Zwick

Direttore Editoriale

Cons. Francesco Tufarelli, Segretario Generale CNEL

OSSERVATORIO

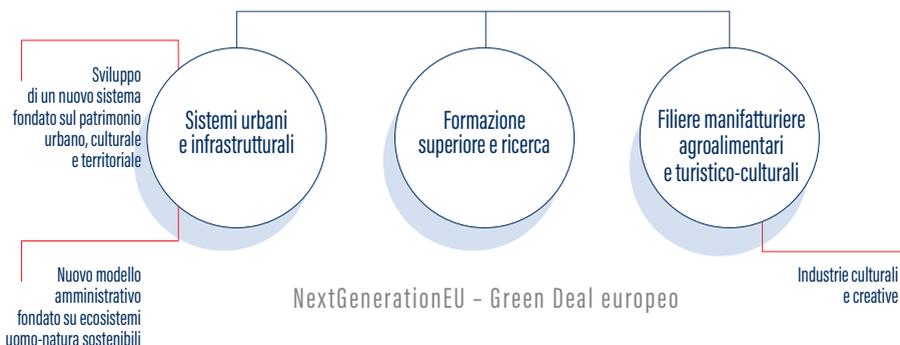
Approccio
interdisciplinare

6 Seminari tematici
1 Quaderno pubblicato

+100 Relatori
55 Interventi pubblicati



Innovazione del sistema sociale, produttivo e territoriale del paese



SFIDA

Nuovi modelli di inclusione e welfare

Nuovi modelli lavorativi

Nuovi modelli di insediamento

Nuova relazione uomo-natura "One Health"

OBIETTIVO CREARE LE COMUNITÀ DEL FUTURO

ATTRAVERSO LA DEFINIZIONE DI



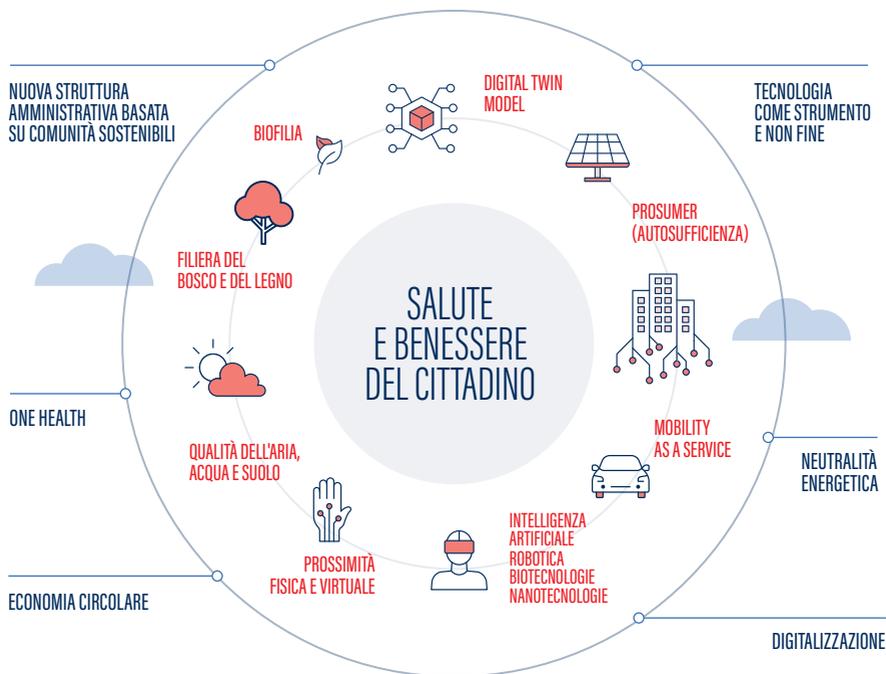
PATTI DI COMUNITÀ

Diversità e Prossimità

Obiettivo 11 Agenda 2030:

Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili

- Nuove comunità educanti
- Nuove tutele mercato del lavoro
- Nuove comunità energetiche
- Nuove comunità ecologiche
- Nuovi lavori generati dalla green, orange, gray economy



Sommario

Presentazione

Tiziano Treu 11

L'approccio interdisciplinare al servizio della transizione ecologica

Maurizio Savoncelli..... 13

Dalle diseguaglianze alla crescita equa e sostenibile

Saverio Mecca..... 15

1 - PROSSIMITÀ E GENERATIVITÀ EQUA E SOSTENIBILE DEI TERRITORI

..... 45

Benessere equo e sostenibile e nuove prossimità

Leonardo Becchetti 47

Lavoro, tecnologie e nuovi scenari di geografia sociale

Luisa Corazza..... 55

La complessità urbana e la sua relazione con la morfologia dei tessuti urbani e la prossimità

Salvador Rueda..... 61

Ripartiamo da qui. Nessuno si salva da solo. Territori e comunità

Marco Bussone 83

Indicatori territoriali su Benessere e sostenibilità, le analisi ISTAT e le nuove prospettive

Barbara Baldazzi..... 91

La classificazione funzionale urbano-rurale dei Sistemi locali del lavoro: prime evidenze su dati socio-economici

Luisa Franconi, Marianna Mantuano, Daniela Ichim 101

Progetto ISPRA "Statistiche ambientali per le politiche di coesione 2014-2020"

Maria Siclari, Mariaconcetta Giunta, Giovanni Finocchiaro 113

2 - COME CAMBIANO LA SOCIETÀ LE CITTÀ E I TERRITORI NELLE TRANSIZIONI DIGITALI E AMBIENTALI

..... 119

Transizioni, cambiamento e complessità, nuove e vecchie diseguaglianze

Pina Debbi 121

Il termostato e la tetrade. Progettare "ecologicamente" il futuro della formazione

Stefano Moriggi 129

Lo smart working oltre l'emergenza sanitaria: il futuro del lavoro a un bivio

Mariano Corso 135

Alla ricerca di un nuovo senso del lavoro: la figura del "work architect" e l'ufficio come ambiente diffuso

Marco Bentivogli 139

Generi, generazioni, culture e territori: diversità come valore economico e utilità

Barbara Quacquarelli 145

Il lavoro da casa nel mercato del lavoro dopo la pandemia: fuga dalle grandi città o trasformazione dei centri urbani?

Giuseppe Croce, Sergio Scicchitano 151

Biofilia: un legame innato tra uomo e natura

Alessandro Miani 165

Città "biofiliche": sfide e opportunità nella politica della pianificazione del verde urbano

Francesco Ferrini 171

Resilienza urbana e salute: *creative diversity for our common futures*

Angela Colucci 179

Il supporto intergenerazionale e le aspettative in vista della perdita di autonomia degli anziani nelle aree interne in Molise

Cecilia Tomassini, Micol Pizzolati 191

Medicina territoriale, presidi e telemedicina per nuove prossimità

Gianluca Altamura 197

Edifici e comunità salubri e resilienti: strumenti per lo sviluppo del mercato immobiliare e dell'economia

Daniele Guglielmino 203

Prossimità, transizione digitale e accessibilità equilibrata al sistema della ricerca e della formazione superiore

Monique Bossi 213

3 - PROSSIMITÀ E GENERATIVITÀ EQUA E SOSTENIBILE DEI TERRITORI: VERSO NUOVE COMUNITÀ 221

Oltre la trasversalità del territorio nel PNRR: per una nuova "urbanità territoriale"

Luciano De Bonis 223

Smart mobility, sfida per il futuro delle città: la mobilità è un servizio sociale, cioè è welfare	
Gian Paolo Gualaccini.....	231
L'Autogoverno dei territori montani	
Annibale Salsa.....	233
Green Communities per la transizione ecologica dei territori e delle comunità	
Marco Bussone.....	245
Lavoro e politiche del lavoro al tempo delle grandi transizioni: le sfide delle aree deboli	
Antonio Viscomi.....	251
I luoghi come infrastruttura sociale dei nuovi modelli di economia civile	
Paolo Venturi, Andrea Baldazzini	259
Una via italiana all'innovazione. Ecosistemi innovativi, aree marginali e prossimità: il caso dell'Harmonic Innovation Hub	
Francesco Cicione.....	265
La reciprocità come leva per costruire opportunità di Nuova Economia Civile per la rigenerazione partecipata dei territori	
Raffaele, Semplici	283
Da prossimità geografica a sequenze di intra-azioni (entanglement). Approcci collaborativi per la rigenerazione urbana in chiave ecosistemica	
Gabriella Esposito, Stefania Ragazzino, Maria Patrizia Vittoria	293
L'impatto sociale e la sua valutazione come piattaforma per il re-design delle strategie organizzative e territoriali	
Serena Miccolis, Luca De Benedictis.....	311
Il PNRR, gli asili nido e l'eguaglianza delle opportunità	
Gianfranco Viesti.....	317
Patrimoni culturali dei territori	
Leandro Ventura.....	321
Cultura di prossimità e istituzioni culturali e dello spettacolo in Alto Adige	
Antonio Lampis.....	327
Rigenerazione Urbana e Prossimità	
Leonardo Tedeschi	331

Il Metabolismo delle Città Post-Pandemiche tra Governance e Policy Yahya Shaker.....	339
Il patrimonio artistico dei territori: il progetto Restituzioni Silvia Foschi.....	345
L'European Energy Awards. Un programma europeo per la transizione energetica dei comuni e la tutela della salute pubblica Rosita Romeo	353
Salute degli edifici, salute delle persone e riqualificazione energetica Paola Allegri.....	357
4 - PROSSIMITÀ, BIG DATA E DIGITAL TWINS PER IL GOVERNO CONSAPEVOLE DEL TERRITORIO	359
La transizioni verso i Digital Twins per il governo consapevole del territorio Federico Cinquepalmi, Sofia Agostinelli, Berardo Naticchia	361
Digital Twin e intelligenza collettiva per la gestione dell'ambiente costruito Berardo Naticchia.....	369
Big Data e Digital Twins per la gestione della transizione ecologica e digitale nella Space Economy Domenico Lopreiato.....	377
Digital Twin: dai processi industriali ai sistemi complessi Carlo Cavazzoni	385
Big Data georeferenziati e statistiche territoriali l'esperienza ISTAT Roberta Radini	385
L'osservazione della Terra all'interno dell'Unione europea, strumento fondamentale per la gestione del territorio e per affrontare i cambiamenti globali Federico Cinquepalmi.....	391
L'"Urban Digital Twin", l'incertezza e l'osservazione della terra: il programma europeo Copernicus Andrea Taramelli.....	399
Smart City verso i Digital Twins Paolo Nesi.....	403

Dal BIM ai *Digital Twins* per la gestione dei patrimoni edilizi delle Università

Giuseppe Martino Di Giuda, Daniele Accardo, Mirko Locatelli,
Silvia Meschini..... 413

Dal BIM al *Digital Twin* nella gestione informativa del patrimonio edilizio esistente

Carlo Biagini, Andrea Bongini, Nicola Mitolo, Paolo Nesi..... 421

Un'esperienza ambientale aumentata dell'edificio attraverso il coinvolgimento degli utenti

Antonella Trombadore, Debora Giorgi, Gisella Calcagno,
Giacomo Pierucci..... 429

Dal BIM al *Digital Twin* per la gestione dei cantieri

Vito Getuli..... 443

SIT - Sistemi Informativi Territoriali per un Catasto al passo con i tempi

Paolo Nicolosi..... 451

UN'ESPERIENZA AMBIENTALE AUMENTATA DELL'EDIFICIO ATTRAVERSO IL COINVOLGIMENTO DEGLI UTENTI.

Antonella Trombadore, Debora Giorgi, Gisella Calcagno, Giacomo Pierucci¹

Introduzione

Focalizzare l'attenzione sul ruolo degli utenti è il cuore dell'esperienza di ricerca in corso in ambiente *Living Lab* universitario che indaga, mette a sistema e testa il potenziale delle più recenti tecnologie digitali nel settore edilizio (BIM-Monitoring Protocols-Digital Twin-IoT) per la definizione di interfacce abilitanti edificio-utente che sostengono il circolo virtuoso efficienza energetica/benessere ambientale/proactive behaviour.

Sincronizzare l'edificio reale/modello virtuale permette una esperienza ambientale aumentata e nuovi livelli di coinvolgimento degli utenti; arricchisce i sistemi predittivi di dati-user *experience* aiutando a calibrare su obiettivi di *well-being* la configurazione di scenari migliorativi in fase progettuale/operativa, ampliando la consapevolezza degli attori del processo per una nuova centralità della decisione come valore etico.

Questo contributo tratta di una ricerca interdisciplinare e internazionale in corso che sfrutta un insieme complesso di tecnologie aumentate (BIM, protocolli di monitoraggio, IoT, Digital Twin) per definire un'interfaccia abilitante tra gli edifici e gli utenti attraverso piattaforme ICT di facile utilizzo, spingendo la conoscenza delle problematiche ambientali verso comportamenti più consapevoli. Questo obiettivo è in linea con le transizioni verde e digitale previste a livello europeo, come il *Green Deal* e la sua *Renovation Wave* e il *New European Bauhaus*.

La metodologia si basa su un approccio *Living Lab* per la creazione di uno spazio innovativo di ricerca e apprendimento, fisico e virtuale, in cui ricercatori provenienti da diversi ambiti disciplinari (dall'ingegneria energetica ed informatica, ai tecnologi dell'architettura ai *service designer*), *stakeholder* e utenti/studenti possono sperimentare insieme come migliorare l'efficienza energetica, la qualità interna e il benessere nei processi di *retrofit* degli edifici, al fine di incoraggiare la consapevolezza ambientale.

Basato su metodologie scientifiche interdisciplinari ben radicate, l'approccio intende portarle al grande pubblico attraverso l'esperienza reale più intuitiva degli utenti, consentendo di co-evolvere sia la ricerca che le pratiche sociali.

1 - beXLab, Dipartimento di Architettura e dipartimento di Ingegneria, Industriale dell'Università di Firenze

Facendo leva sui più recenti progressi delle tecnologie digitali per il settore edilizio (dal BIM, alla sensoristica, all'IoT) per sperimentare la modellazione e le applicazioni del *Digital Twin* e dei dati intelligenti, è stato allestito un *Living Lab* in un edificio universitario per creare un laboratorio reale/virtuale per la sperimentazione collettiva di processi innovativi di *retrofit* per una trasformazione ecosostenibile dell'ambiente costruito.

L'edificio fisico è stato dotato di una serie di sensori che raccolgono dati continui sulle condizioni ambientali ed energetiche dell'edificio, collegati via IoT e abbinati a un modello BIM virtuale. Il gemellaggio tra il fisico e il virtuale ha permesso di calibrare il modello digitale e di fornire una nuova visione sulla gestione strategica energetica e ambientale dell'edificio, sia nelle fasi operative che nella definizione di scenari di miglioramento, anticipando una visione e condividendo molteplici percezioni di benessere. Si stanno raccogliendo dati qualitativi attraverso sondaggi longitudinali online per tenere conto e informare il *Digital Twin* con dati sull'esperienza reale degli utenti (ad esempio, la percezione del comfort e del benessere interno).

Il metodo e gli strumenti di progettazione della *User Experience* saranno messi a punto per rafforzare l'approccio incentrato sull'uomo e sull'allievo e l'interazione con i dati della piattaforma per stimolare la consapevolezza degli utenti.

L'originalità riguarda la forte interdisciplinarietà e il coinvolgimento degli utenti. Innovativo è l'obiettivo di trasformare analisi complesse in informazioni di facile lettura. L'approccio centrato sull'utente è bidirezionale: gli utenti acquisiscono informazioni dall'ambiente, forniscono feedback su di esso e, soprattutto, modificano attivamente lo spazio abitativo. Il principale aspetto critico è quello di trovare un linguaggio comune tra i diversi profili disciplinari coinvolti. Uno sviluppo previsto è la replicabilità nelle scuole con un adeguato coinvolgimento degli studenti di più età (ricalibrazione della strategia di comunicazione).

Sono attesi molteplici impatti: fondere in modo sistematico diverse aree di conoscenza (architettura, ingegneria energetica e dell'informazione, design dei servizi e dell'interazione); incoraggiare un comportamento attivo e consapevole degli utenti verso l'efficienza energetica e il miglioramento del comfort interno; definire strumenti innovativi per la ristrutturazione e la gestione degli edifici trasformare gli edifici pubblici in attivatori di esperienze educative e di sperimentazione tecnologica; i beneficiari della ricerca sono gli studenti/ricercatori e i gestori e tecnici dell'edilizia/energia.

La sfida per una nuova dimensione sociale della decisione.

Con la recente accelerazione della poli-crisi in atto, emergenze come il cambiamento climatico, pandemia e crisi energetica rafforzano l'urgenza di attuare i ben noti obiettivi per la trasformazione dell'ambiente costruito: basso impatto

ambientale, benessere degli abitanti e efficienza energetica.

La necessità di rinnovare il vasto patrimonio edilizio esistente, inadeguato sotto il profilo energetico, come emerge nell'evoluzione ventennale delle EPBD (*Energy Performance Building Directive*) e più recentemente nella strategia *Renovation Wave* dell'ambizioso *Green Deal* europeo, si risolve spesso in politiche riduttivistiche e puntuali come quelle dei bonus, che si rivelano impotenti nel determinare cambiamenti culturali necessari per affrontare le complessità delle sfide in corso (Karrer, 2022).

L'enorme consumo energetico imputabile agli edifici per garantire livelli adeguati di comfort all'interno richiede però un rinnovamento che riguarda tanto gli aspetti tecnici (es. miglioramento delle prestazioni dell'involucro, integrazione delle rinnovabili), che quelli umani relativi all'uso degli edifici e al comportamento degli utenti/abitanti. In questa prospettiva appare necessario superare il concetto funzionale di "edificio" per riappropriarsi del concetto culturale di "abitare", riconsiderando la figura dell'utente nella sua corporeità, nei modelli di comportamento e nelle sue connessioni sociali. Una visione più ampia che permette di superare l'approccio prestazionale verso un approccio *human-based* che valorizza la reale esperienza percettiva e immersiva dell'utente, compresa la sua capacità di adattamento e interazione continua.

Centrare l'attenzione sull'utente/abitante, inteso non solo come occupante, ma come figura che interviene e incide con i suoi comportamenti nel ciclo di vita dell'edificio, è un tratto connotante la tradizione culturale della tecnologia dell'architettura, dal riconoscimento delle tecnologie invisibili di Sinopoli (2002), alla considerazione dell'atto tecnico come atto sociale di Nardi (2010).

Nonostante l'esperienza disciplinare, appare ancora oggi necessario evitare derive deterministiche e scongiurare un uso acritico delle *Key Enabling Technologies*. Occorre infatti indagare, comprendere e mettere a sistema tali innovazioni come strumenti per aumentare la conoscenza e la consapevolezza degli utenti nell'ottica di un loro potenziamento e la responsabilizzazione del progettista, stimolando un pensiero progettuale critico, per il perseguimento di obiettivi sempre più complessi e di carattere ecosistemico, come quelli di sostenibilità.

Edifici cognitivi ed User eXperience: ricerche in atto e potenzialità per abilitare la centralità degli utenti

Nel sotto-digitalizzato settore edilizio, il BIM può considerarsi come la tecnologia ICT più influente, da diversi anni riconosciuta sul piano normativo europeo (Directive 2014/24/EU) e nazionale (DM 560/2017). La metodologia BIM consente di organizzare in maniera standardizzata la grande quantità di dati e informazioni relative all'edificio all'interno di modelli tridimensionali parametrici, interoperabili e implementabili nel tempo, che consentono migliori scambi informativi tra gli attori coinvolti e una migliorata capacità di gestione e analisi dell'edificio nei suoi diversi aspetti.

Nell'ambito dell'efficienza energetica degli edifici, le potenzialità del BIM si sono sviluppate principalmente nella fase di progettazione, grazie all'interoperabilità BIM-BEM (*Building Energy Modeling*) con software di simulazione del comportamento energetico dell'edificio a scopo diagnostico e predittivo (Farzaneh et al. 2019). Come osservato da Del Nord (2016), le possibilità digitali di simulazione permettono di superare il concetto di edificio come oggetto, consentendo una pre-ottimizzazione dei modelli di comportamento e d'uso.

Numerosi sono i progetti di ricerca a livello europeo che mettono a sistema i vantaggi della modellazione BIM con le necessità di rinnovamento energetico degli edifici (BIM4REN, BIM4EEB, ENCORE, BIMERR). Tali progetti sono accomunati dall'attenzione agli aspetti processuali e alle necessità informative dei diversi utenti coinvolti (progettisti, gestori, occupanti) e dalla definizione di piattaforme digitali contenenti strumenti, metodi e *tool* che integrano modelli BIM per incrementare la loro collaborazione.

Negli ultimi anni, la disponibilità di una crescente qualità e quantità di dati, derivante da accresciute possibilità di acquisizione e di calcolo, non solo fa intravedere nuove possibilità descrittive del quadro conoscitivo dell'edificio, gettando una nuova luce sul comportamento reale e dinamico dell'edificio stesso, ma offre nuove opportunità di narrazioni predittive e configurazioni di scenari migliorativi.

Gli sviluppi dell'Industria 4.0 (sensori, IoT, *data analytics*, *big data*) stanno infatti amplificando la portata del BIM verso la definizione di *Digital Twin*, modelli virtuali dell'edificio capaci di sincronizzarsi con l'edificio reale attraverso un flusso di dati bidirezionale (Shahzad et al., 2022). I gemelli digitali degli edifici si basano sul collegamento di modelli di dati statici relativi ai diversi *asset* dell'edificio, modelli BIM, con dati rilevati direttamente dall'edificio reale attraverso sistemi di sensori. La possibilità di arricchire il modello digitale con i dati dell'edificio reale aumenta le possibilità di analisi nel modello virtuale, per migliorare a sua volta la gestione dell'edificio reale. Tra le potenzialità di tale connessione, quelle relative all'efficienza energetica dell'edificio, per il monitoraggio e la predizione del comportamento energetico dell'edificio orientato alla riduzione dei consumi (Clausen et al., 2021).

A livello internazionale la ricerca sui Digital Twin sta imprimendo una forte accelerazione nell'ambito della gestione energetica degli edifici, con la definizione di piattaforme digitali che consentono la sistematizzazione ulteriore di dati dinamici (*TWINERGY*, *SPHERE*, *BIMSPEED*).

Benché anche il futuro dei *Digital Twin* sia legato allo sviluppo di processi automatizzati basati sulle potenzialità sull'intelligenza artificiale (Deng et al., 2021) per la definizione di "edifici cognitivi" capaci di auto-adattarsi in base a variabili interne ed esterne (Rinaldi et al., 2020), la portata innovativa di tali sistemi riguarda la possibilità di tener conto e di interagire con l'esperienza degli utenti, consentendo loro una maggiore conoscenza e consapevolezza dell'edi-

ficio, quale base per un comportamento proattivo nei confronti delle scelte di sostenibilità. Questo approccio appare interessante in primo luogo negli edifici pubblici, per il loro ruolo di apripista nei confronti dell'innovazione, e in secondo luogo nell'ambito di edifici educativi, a partire dai contesti universitari (Zaballos et al., 2020), in cui gli obiettivi di sostenibilità e sviluppo sostenibile possono trarre dalle opportunità del digitale nuove occasioni di formazione per la futura generazione di tecnici, professionisti, decisori ma soprattutto di cittadini di domani (Longoria et al., 2021).

L'esperienza del beXLab e l'approccio *Living Lab*

Migliorare la qualità energetica e ambientale degli edifici esistenti sfruttando le potenzialità della digitalizzazione ha richiesto una metodologia aperta a percorsi di ricerca interdisciplinari per favorire il coinvolgimento degli utenti che realmente usano e gestiscono l'edificio. In questa ottica l'approccio *Living Lab* è fondamentale per dare centralità agli utenti e stimolare la loro cooperazione nella co-creazione, esplorazione, sperimentazione e valutazione di sistemi innovativi di *Digital Twin*, per il perseguimento dei seguenti obiettivi:

- Definire un quadro conoscitivo dell'edificio esistente attraverso la metodologia BIM per la simulazione degli aspetti energetici e ambientali e l'impostazione del *Digital Twin*;
- Raccogliere dati reali sul comportamento dell'edificio in condizioni operative attraverso un sistema di monitoraggio in continuo dei parametri ambientali che influenzano il comfort e l'efficienza energetica;
- Gestire il *Digital Twin* dell'edificio, con dati dinamici e validati, in base alle esigenze conoscitive dei diversi utenti;
- Educare gli utenti e le future generazioni verso comportamenti energetici più consapevoli e proattivi.

È possibile individuare quattro passaggi metodologici fondamentali della ricerca interdisciplinare in corso che mettono a sistema i quattro ambiti disciplinari coinvolti nella definizione del *Digital Twin* (architettura, ingegneria energetica, ingegneria informatica e *service design*):

Modellazione BIM / *Digital Twin* / *augmented digital twin*

Sistema di monitoraggio

Aggregazione e visualizzazione dei dati

User experience (interazione dell'utente e dimensione sociale della decisione)

La definizione di un progetto di *retrofit* necessita la valutazione delle criticità dell'edificio esistente, possibile grazie alla raccolta e analisi di dati e informazioni che descrivono il comportamento energetico dell'edificio, che può essere ottimizzata attraverso la definizione di un modello BIM dello stato attuale. L'interoperabilità del BIM con diversi software di calcolo permette di simulare il comportamento energetico e ambientale dell'edificio, sia nella sua condizione iniziale che in quella di progetto, consentendo di apprezzare attraverso compa-

razioni l'incremento di efficienza energetica e qualità ambientale.

Nonostante i vantaggi in fase di progettazione di scenari di *retrofit*, il limite di questo approccio risiede nella necessità di validazione del modello nel contesto reale. La valutazione degli aspetti energetici e di comfort avviene infatti attraverso modelli di calcolo semplificati che non tengono conto delle condizioni reali e dinamiche dell'edificio, influenzate dalla presenza degli occupanti.

La possibilità di conoscere le condizioni ambientali reali e dinamiche attraverso sistemi di monitoraggio in continuo nell'edificio esistente consente di validare il modello digitale, permettendo un confronto tra i dati simulati nel modello digitale e quelli raccolti nell'edificio reale, nonché di attivare quella doppia connessione di dati reale-virtuale che porta alla definizione di *Digital Twin*. Inoltre, la possibilità di integrare i dati relativi ai feedback degli occupanti sulla percezione del comfort arricchisce l'affidabilità del *Digital Twin*.

La nuova quantità di dati rilevati da sensori ed interconnessi attraverso sistemi IoT (*Internet of Things*) e l'integrazione con i modelli BIM necessita un *post-processing* complesso che ha richiesto la collaborazione con esperti informatici per la definizione di piattaforme digitali per una prima aggregazione e visualizzazione dei dati.

Per rendere fruibili le informazioni del *Digital Twin* ai diversi utenti, come i gestori e gli occupanti, nonché per sfruttare tali dati per scopi educativi e didattici, è necessario impostare una comunicazione intuitiva dei dati ambientali ed energetici, possibile attraverso le metodologie di *service design* (*link design*).

Il progetto pilota: *best path* per la configurazione di un habitat di qualità

La sperimentazione di *Digital Twin* per l'innovazione dei processi di *retrofit* energetico e ambientale degli edifici esistenti, per migliorare la qualità ecosistemica e l'adattività dell'ambiente costruito, come habitat di qualità è stata la naturale espansione continuazione del progetto di ricerca Med-EcoSure, che vede nelle università dei catalizzatori capaci di promuovere un rinnovamento eco-sostenibile degli edifici pubblici in ambito mediterraneo (Trombadore et Al, Contesti 2020).

Con l'obiettivo di innovare i processi di *retrofit*, il progetto di ricerca Med-EcoSure ha previsto la realizzazione di un *Living Lab* all'interno dell'edificio pilota universitario da rinnovare, con il coinvolgimento proattivo dei gestori del patrimonio universitario, dei gestori energetici di ateneo, di alcune aziende innovative locali, ma soprattutto della comunità accademica composta da ricercatori di diversi ambiti disciplinari e studenti.

Esplorando in maniera interdisciplinare e collaborativa le potenzialità di sviluppo dei *Digital Twin* il progetto pilota ha consentito di tracciare una *best-path* per accompagnare un processo innovativo di rinnovamento degli edifici esistenti: dalla definizione di un quadro conoscitivo/modello coerente dell'edificio esistente, all'analisi delle criticità energetiche ed ambientali attra-

verso il collegamento software di simulazione (*Sefaira, Trnsys, Energy Building*), alla valutazione di diversi scenari di intervento in fase di progettazione (modellazione e simulazione). del modello BIM è stata l'occasione per la definizione di un Living Lab virtuale, con il modello utilizzato per la comunicazione con le diverse tipologie di utenti.

L'attivazione del *Digital Twin* avviene attraverso un sistema di monitoraggio in continuo installato negli spazi del *Living Lab*, definito sulla base di un protocollo sviluppato ad hoc. Tale sistema è composto da oltre 40 sensori che rilevano dati ambientali relativi alla distribuzione delle temperature interne e dell'umidità relativa, dei flussi termici attraverso gli elementi di involucro, dei livelli di illuminamento, di qualità dell'aria, ma anche dei parametri esterni locali grazie all'installazione di una stazione meteo. Si tratta di un sistema di monitoraggio volutamente ridondante, allo scopo di comprendere il comportamento dei diversi gruppi di sensori e la correlazione con gli altri dati, a partire dai feedback degli utenti, ma anche per la definizione successiva di sistemi compatti e *plug&play* da sperimentare in progetti futuri.

I dati monitorati sono oggetto di *post-processing* per la quantificazione degli aspetti di comfort degli spazi sulla base di modelli di IEQ (*Indoor Environmental Quality*), in termini di voto medio previsto e percentuale di soddisfatti. Questi risultati sono comparati e validati grazie al rilevamento di feedback relativi all'esperienza reale degli occupanti attraverso un questionario online sulla percezione del comfort all'interno del *Living Lab*, relativo agli aspetti termici, luminosi, acustici e di qualità dell'aria (EN ISO 10551:2019), i cui dati arricchiscono ulteriormente il *Digital Twin*.

Il collegamento del modello BIM con i dati rilevati in continuo dai sensori e i feedback degli utenti per lo sviluppo del DT è stato possibile grazie alla collaborazione con il Dipartimento di Informatica, che ha messo a disposizione la piattaforma aperta Snap4cities per una prima visualizzazione e aggregazione dei dati. Considerando la quantità e interrelazione di dati, la sfida successiva del Living Lab fisico/virtuale è stata di rendere questi dati fruibili ai diversi utenti.

Il ruolo trasformativo degli utenti: *building environmental experience*

L'approccio inter e transdisciplinare utilizzato, che ha unito la progettazione dello spazio fisico del *beXLab* con le metodologie e gli strumenti del Design dei Servizi, si allinea con una pratica emergente di grande interesse (Fassi, Galluzzo, & De Rosa, 2018; Collina, L. Di Sabatino, P., Galluzzo, L., Mastrantoni, C., 2018; Van Geetsom, N., Wilkinson A.; 2021). Il Design dei Servizi si caratterizza per un approccio olistico o sistemico, incentrato sull'uomo e volto alla co-creazione di valore (Meroni, Sangiorgi 2011) grazie al coinvolgimento degli utenti non solo nella fase di progettazione, ma anche e soprattutto nell'esperienza d'uso. La prospettiva del Design dei Servizi ci ha permesso di interpretare l'edificio come un ecosistema ibrido fatto di

strutture architettoniche, ICT, *Digital Twin*, delle attività che vi si svolgono e delle diverse tipologie di utenti. L'edificio, in questo modo, non è un "progetto finito", ma piuttosto diventa un punto di partenza per una evoluzione trasformativa nell'ottica dell'efficientamento energetico e della sostenibilità. In questo approccio il ruolo delle persone diventa centrale nel plasmare e trasformare in modo partecipativo non solo le strutture, ma anche le attività, proprio come avviene nei servizi (Sangiorgi 2010). L'elemento partecipativo, proprio del design dei servizi (Manzini 2016), coinvolge gli utenti nel processo progettuale come co-progettisti, sia nella fase di definizione del progetto "before use", in cui grazie agli strumenti della User Experience si cerca di anticipare, prevedere e progettare l'esperienza d'uso, sia nella fase del progetto "after use", in cui gli utenti possono aprire il progetto a soluzioni inedite. Gli elementi "non-umani", costituiti dagli elementi tecnologici del sistema (IoT, BIM, *Digital Twin*), oltre a fornire i dati, rappresentano l'"oggetto" e "at the same time sociomaterial public things, supporting communication or participation across design-games in the design process." (Pelle, 2008) Questa strategia 'meta-progettuale' rimanda parte della progettazione e della partecipazione degli utenti al momento dell'uso o del "design after Design" in una sorta di design-game, come afferma Ehn Pelle (2008)

"In these design-games special attention will be paid to 'representatives' of the design object in the material form of prototypes and models, acting as boundary objects, aligning participants in synchronous design-games of designers and users (participatory design), as well as on infrastructures and the process of infrastructuring binding design-games of designers and future designers/users together (meta-design). In both design approaches (Participatory and meta-design) things modifying the space of interactions [...] will be explored as socio-material frames for controversies, ready for unexpected use, opening up new ways of thinking and behaving."

L'interazione tra il modello fisico e quello virtuale mediata dalle ICT e sviluppata attraverso un approccio che prevede il coinvolgimento e la proattività degli utenti, si trasforma in una esperienza innovativa finalizzata a migliorare la qualità della vita all'interno dell'edificio e ad adottare comportamenti virtuosi dal punto di vista energetico, sollecitando la creatività e stimolando la collaborazione tra i diversi utenti. Infine, la piattaforma attraverso cui vengono gestiti e comunicati i dati genera uno spazio collaborativo in cui amministratori e tecnici, informati delle condizioni specifiche, possono trovare soluzioni intelligenti e testarle sul modello digitale, e le persone che vivono nell'edificio possono attivare soluzioni *soft* e dare un feedback ai gestori. La *smartness* dell'edificio, attraverso l'applicazione di tecnologie abilitanti, consente quindi agli *users* di aumentare l'innovazione, la conoscenza, l'apprendimento e le capacità di *problem solving*, contribuendo di fatto ad accrescere la consapevolezza e la capacità di modificare i comportamenti con l'obiettivo di una maggiore sostenibilità energetica e ambientale.

Il coinvolgimento proattivo degli utenti in tutte le fasi del progetto, li trasforma in veri e propri 'attori' del processo e costituiscono l'elemento centrale che può aprire a soluzioni innovative e, al tempo stesso, inducendo comportamenti più sostenibili basati sulla formazione di nuove *capabilities*.

Il processo di coinvolgimento degli utenti nel rinnovamento energetico degli edifici

Rispetto al duplice obiettivo di sensibilizzazione | consapevolezza (*awareness*) e responsabilizzazione | azione (*commitment* e *empowerment*) degli utenti, - principali leve strategiche per ottenere un'interazione significativa ed efficace con i dati raccolti - l'approccio *Living Lab* integrato con le metodologie dell'*User Experience* e del *Service Design*, permette di comprendere meglio le dinamiche umane dietro il processo di *retrofit* energetico (acquisendo i dati comportamentali anche con appositi questionari) per poi andare a fornire agli utenti non solo informazioni indirette, ma offrire loro la possibilità di acquisire conoscenze e capacità di rielaborare - *commitment* - (Castillo Longoria, López-Forniés, Cortés Sáenz, Sierra-Pérez, 2021), grazie ad un supporto comunicativo efficace e all'esperienza attiva, rafforzata e supportata da un ambiente idoneo all'interazione, alla collaborazione e al confronto con gli altri utenti della *community*.

Nel caso di studio, l'elaborazione dei dati raccolti dai sensori e dei dati comportamentali, consente di avere un monitoraggio continuo e costante del sistema-edificio per consentire un miglioramento del comfort indoor e dell'efficientamento energetico che passa non solo attraverso la tecnologia, ma prevede un più diretto e attivo coinvolgimento dell'utente. Questo, infatti, utilizza lo strumento tecnologico come mezzo e stimolo al sistema per indurlo, grazie alle strategie comunicative, a trasformare lo spazio in cui si trova trovando soluzioni, testandole sul modello digitale per poi applicarle al modello fisico.

Il modello digitale o "*Digital Twin*" dell'edificio introduce nel sistema l'elemento "*non human*" che a sua volta gioca un ruolo fondamentale nel processo di co-progettazione "durante l'uso" (Pelle, 2008) e nell'*engagement* degli utenti, supportando la comprensione dello spazio e consentendo agli utenti di testare le soluzioni proposte.

Numerosi studi confermano che il comportamento degli utenti influisce in maniera significativa sul consumo energetico (Mirja Kalviainen, 2022). La metodologia, la combinazione di una progettazione sostenibile, che ricerca le migliori soluzioni ambientali, con la visione sistemica propria del design dei Servizi, consente di innescare comportamenti virtuosi agendo sulle fasi di consapevolezza e scelta dell'utente (Sierra-Pérez, Grenha Teixeira, Romero-Piqueras, Patrício, 2021). Mantenere il progetto aperto e il coinvolgimento degli utenti nella fase d'uso, può generare soluzioni inedite rispetto al consumo e ai comportamenti energivori. In questo senso si è deciso di procedere alla progettazione di un'*App* che, estraendo i dati dal cloud (nel Pilot si usa la piattaforma Snap4City

elaborata dal gruppo di ricerca del dipartimento di Informatica di UNIFI coordinato dal prof. Paolo Nesi) possa accrescere la consapevolezza dell'utente nell'intraprendere azioni nello spazio indoor per migliorare il comfort ambientale/energetico. Il *concept* si basa su una lettura multi-user, (vedi *ecosystem Map*), su una comunicazione che renda immediatamente fruibili e comprensibili i dati (infodata) e su uno *storytelling* che favorisca l'*empowerment* e l'apprendimento dai dati raccolti. In questo senso sono state adottate strategie di *gaming* che offrono agli utenti l'opportunità di agire e interagire con lo spazio e i sensori. In particolare, la partecipazione degli utenti viene costruita grazie a strategie di *Engagement Design*, basate sulla creazione di uno *storytelling* efficace che coinvolga l'utente e su soluzioni creative di attivazione adatte al *target* comportamentale di riferimento. Tra questi *trigger* creativi, sono state prese in considerazione le seguenti soluzioni:

- Architettoniche: strutture di sistema che forzano determinati comportamenti/azioni;
- *Error Proofing*: prevenzione degli errori;
- Persuasive: soluzioni di interfaccia e tecnologia persuasiva;
- Visive: semantica, semiotica del prodotto;
- Cognitive: legate ad aspetti del modo in cui vengono prese le decisioni;
- Sicurezza: percepita dall'utente sia fisicamente che online.

Il processo di coinvolgimento è volto a creare un quadro di apprendimento basato sull'esperienza che consentirà ai diversi utenti/attori coinvolti di sviluppare nuove conoscenze e *capabilities* sui temi dell'efficientamento energetico e della sostenibilità, ma anche di partecipare attivamente al processo di raccolta dei dati quantitativi e qualitativi e di confrontarsi con problemi energetici e di sostenibilità reali.

Dibattito transdisciplinare e sviluppi futuri

La necessaria transizione ecologica non può prescindere oggi dalle potenzialità offerte dalla transizione digitale, anche nel settore edilizio. Indagando, mettendo a sistema e testando le tecnologie chiave abilitanti (a partire da ICT e IoT) è possibile infatti intravedere grandi opportunità per migliorare l'efficienza energetica negli edifici, nonché per garantire livelli ottimali di comfort per gli occupanti.

La possibilità ulteriore di integrazione di dati dinamici e qualitativi, attraverso sistemi di *Digital Twin*, permette di aprire ulteriormente il processo edilizio agli occupanti dell'edificio, consentendo loro una interazione pro-attiva con il modello digitale per una accresciuta consapevolezza del comportamento dell'edificio quale base per un miglior comportamento dell'utente.

L'espansione della ricerca sta portando alla continua contaminazione di saperi creando / innescando nuove connessioni tra approccio ecosistemico nella gestione del processo decisionale, applicazioni di strategie e metodi di *service*

design, nuovi modelli di elaborazione dei dati e configurazioni di piattaforme con interfacce sempre più user friendly per una nuova narrazione, comunicazione e coinvolgimento dell'utente. La relazione tra edificio / dati quantitativi e qualitativi / *Digital Twin* / Piattaforma / utente (come definita nella mappa ecosistemica) si arricchisce costantemente di nuove soluzioni (ad es. *APP*) descrittive del comportamento energetico e ambientale dell'edificio in tempo reale offrendo un approccio abilitante verso i diversi utenti dell'edificio. Ma la sfida più interessante sarà passare dal semplice uso del dato e dell'algoritmo come supporto decisionale alla centralità della decisione come valore etico con le sue importanti ricadute sul piano sociale, culturale e didattico.

Al di là delle possibilità di simulazione e automazione derivanti dalle accresciute possibilità di calcolo (fino all'applicazione di Intelligenza Artificiale), l'opportunità più stimolante della sinergia Dati/*Digital Twin*/piattaforma, risiede nel mettere a disposizione in maniera più intuitiva un quadro conoscitivo interattivo e dinamico dell'edificio, che diventa intellegibile a seconda del tipo di utente e modificabile in base al comportamento virtuoso. Si profila così una nuova dimensione della decisione e del *design after design* che passa attraverso lo sviluppo di *storyboard* delle azioni - scenari - in relazione all'esperienza d'uso nello spazio (*digital twin*); ma anche lo sviluppo di *storytelling* sui dati raccolti che agisca nell'ottica di *engagement* degli utenti, capace di incrociare i dati rilevati dai sensori IoT per fornire consigli per agire fisicamente nello spazio indoor.

Il modello *Living Lab/Digital twin*/Piattaforma sperimentato nel beXLab offre dunque ampie possibilità di replicare l'esperienza alle diverse scale e in diversi contesti. Calibrando di volta in volta sul target specifico l'approccio di *user experience/awareness/user engagement*, sarebbe interessante ad esempio, poter condurre una ampia sperimentazione nelle scuole di diverso ordine e grado, per intraprendere con docenti e studenti azioni e comportamenti virtuosi per migliorare il comfort ambientale/energetico, amplificando lo scopo educativo e partecipativo dei luoghi del sapere nei temi della sostenibilità.²

2 - Attribuzione, riconoscimenti, diritti d'autore

Il contenuto dell'articolo è stato elaborato congiuntamente dai quattro autori. I paragrafi sono stati scritti da:

- Trombadore A.: La sfida per una nuova dimensione sociale della decisione nel processo progettuale | L'esperienza del *Living Lab* per abilitare la centralità dell'utente | Sinergie transdisciplinari e sviluppi futuri.
- Giorgi D.: Il ruolo trasformativo degli utenti: *building environmental experience* | Il processo di coinvolgimento degli utenti nel rinnovamento energetico degli edifici
- Calcagno G.: Edifici cognitivi, efficienza energetica ed *user experience*: ricerche in atto e potenzialità.
- Pierucci G.: Il progetto pilota: *best path* per la configurazione di un habitat di qualità.

Bibliografia

- Clausen, A., Arendt, K., Johansen, A., Sangogboye, F., Kjærgaard, M., Veje, C. and Jørgensen, B. (2021), A digital twin framework for improving energy efficiency and occupant comfort in public and commercial buildings. *Energy Informatics*, 4(S2).
- Collina, L., Di Sabatino, P., Galluzzo, L. and Mastrantoni, C. (2018), Spatial and Service Design: Guidelines Defining University Dormitories, in Aaron Marcus and Wentao Wang (Eds.) *Design, User Experience, and Usability: Theory and Practice*. 7th International Conference, DUXU 2018 Held as Part of HCI International 2018 Las Vegas, NV, USA, July 15–20, 2018, Proceedings, Part I, pp. 14-26.
- Del Nord, R. (2016), Potenzialità dell'area tecnologica in tema di ricerca progettuale, in Perriccioli, M. (ed.) *Pensiero Tecnico e cultura del progetto. Riflessioni sulla ricerca tecnologica in architettura*, Franco Angeli, Milano, pp. 121-128.
- Deng, M., Menassa, C. and Kamat, V. (2021), From BIM to digital twins: a systematic review of the evolution of intelligent building representations in the AEC-FM industry. *Journal of Information Technology in Construction*, 26, pp.58-83.
- Farzaneh, A., Monfet, D. and Forgues, D. (2019), Review of using Building Information Modeling for building energy modeling during the design process. *Journal of Building Engineering*, 23, pp.127-135.
- Fassi, D., Galluzzo, L. and De Rosa, A. (2018), Service+Spatial design: Introducing the fundamentals of a transdisciplinary approach, Conference Proceedings *ServDes. 2018. Proof of Concept*. Milan Italy 18-20 June 2018. Linköping University Electronic Press, pp. 847-862.
- Kalviainen M. (2022), *User-driven Service Design for Environmentally Responsible Consumption*, Lathi: LAB University of Applied Sciences.
- Karrer, F., (2022) Buildings, city and territory between real complexity and decision-making reductionism. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, 23, pp.21-25
- Longoria, L., López-Forniés, I., Sáenz, D. and Sierra-Pérez, J. (2021), Promoting sustainable consumption in Higher Education Institutions through integrative co-creative processes involving relevant stakeholders. *Sustainable Production and Consumption*, 28, pp.445-458
- Manzini, E. (2016), *Design when everybody designs*, MIT Press, Cambridge.
- Meroni, A. and Sangiorgi, D. (2011), *Design for Services*, Routledge, London.
- Pelle, E. (2008), Participation in design things. in *Proceedings of the Tenth Conference on Participatory Design*, PDC 2008, Bloomington, Indiana, USA, October 1-4, 2008.
- Rinaldi, S., Bellagente, P., Ciribini, A., Tagliabue, L., Poli, T., Mainini, A., Speroni, A., Blanco Cadena, J. and Lupica Spagnolo, S. (2020), A Cognitive-Driven Building Renovation for Improving Energy Efficiency, The Experience of the ELISIR Project, *Electronics*, 9(4), 666.
- Sangiorgi, D. (2011), Transformative Services and Transformation Design, in *International Journal of Design*, Vol. 5, n. 2.
- Shahzad, M., Shafiq, M., Douglas, D. and Kassem, M. (2022), Digital Twins in Built Environments: An Investigation of the Characteristics, Applications, and Challenges. *Buildings*, 12(2), 120.
- Sierra-Pérez, J., Grenha Teixeira, J., Romero-Piqueras, C. and Patrício, L. (2021), Designing sustainable services with the ECO-Service design method: Bridging user expe-

rience with environmental performance, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 305, 127228.

Torricelli, M. C. (2017), Technological culture, theories and practice in architectural design. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, 13, pp. 21-26.

Van Geetsom, N. and Wilkinson A. (2021), Design culture (of) resilience. Space & Service design taxonomy, overcoming undefined space & service design contexts. *Cumulus Conference Proceedings Roma 2021*, Track: Design Culture (of) RESILIENCE, pp. 3264-3281

Zaballos, A., Briones, A., Massa, A., Centelles, P. and Caballero, V. (2020), A Smart Campus' Digital Twin for Sustainable Comfort Monitoring. *Sustainability*, 12(21), 9196.

Trombadore, A. Calcagno, G., Pierucci, G., (2020), Advance smart cities through Digital Twins. *Contesti (città territori progetti)*.