



CNEL

PER UNA ITALIA CHE CRESCA.



QUADERNI CNEL

PER UNA ITALIA CHE CRESCA.

A cura di
Saverio Mecca

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



ISBN 979-12-81448-00-1



9 791281 448001

www.cnel.it





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 diseguaglianze

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

ISBN 979-12-81448-00-1

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 Ciucciovino

Dott. Ana Rute Cardoso

Prof. Dr. Andrew Clark

Prof. Efsio Gonario Espa

Prof. Michele Faioli

Prof. Claudio Lucifora

Prof.ssa Maria Malatesta

Prof.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

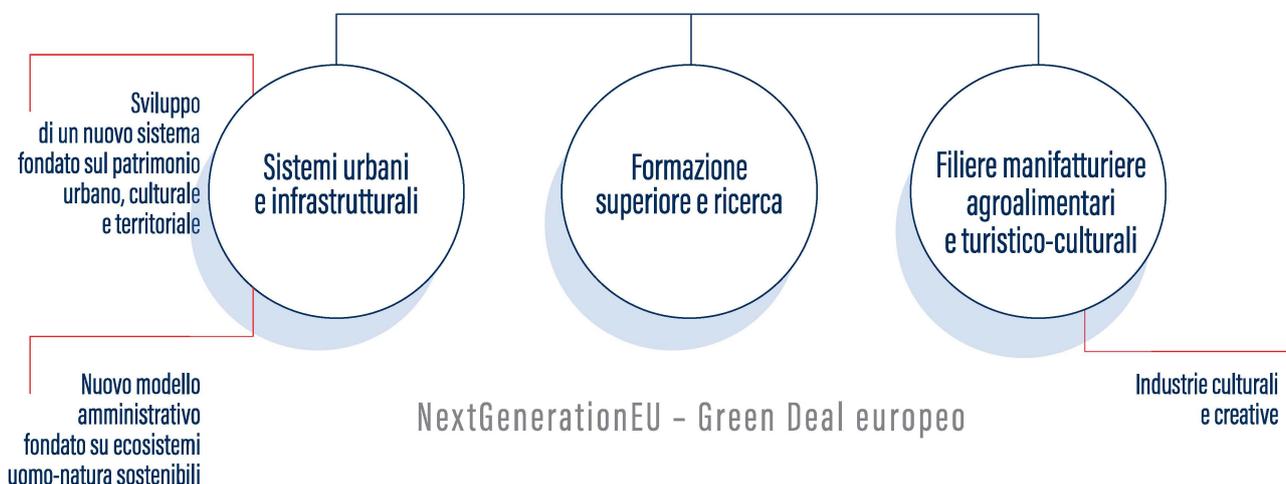
1 Quaderno pubblicato

+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	13
L'approccio interdisciplinare al servizio della transizione ecologica	
Maurizio Savoncelli.....	15
Dalle diseguaglianze alla crescita equa e sostenibile	
Saverio Mecca.....	17
1 - PROSSIMITÀ E GENERATIVITÀ EQUA E SOSTENIBILE DEI TERRITORI	47
Benessere equo e sostenibile e nuove prossimità	
Leonardo Becchetti	49
Lavoro, tecnologie e nuovi scenari di geografia sociale	
Luisa Corazza.....	57
La complessità urbana e la sua relazione con la morfologia dei tessuti urbani e la prossimità	
Salvador Rueda.....	63
Ripartiamo da qui. Nessuno si salva da solo. Territori e comunità	
Marco Bussone	85
Indicatori territoriali su Benessere e sostenibilità, le analisi ISTAT e le nuove prospettive	
Barbara Baldazzi.....	93
La classificazione funzionale urbano-rurale dei Sistemi locali del lavoro: prime evidenze su dati socio-economici	
Luisa Franconi, Marianna Mantuano, Daniela Ichim	103
Progetto ISPRA "Statistiche ambientali per le politiche di coesione 2014-2020"	
Maria Siclari, Mariaconcetta Giunta, Giovanni Finocchiaro.....	115
2 - COME CAMBIANO LA SOCIETÀ LE CITTÀ E I TERRITORI NELLE TRANSIZIONI DIGITALI E AMBIENTALI.....	121
Transizioni, cambiamento e complessità, nuove e vecchie diseguaglianze	
Pina Debbi	123
Il termostato e la tetrade. Progettare "ecologicamente" il futuro della formazione	
Stefano Moriggi	131

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

Mariano Corso 137

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

Marco Bentivogli 141

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

Barbara Quacquarelli 147

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

Giuseppe Croce, Sergio Scicchitano..... 153

Biofilia: un legame innato tra uomo e natura

Alessandro Miani 167

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

Francesco Ferrini 173

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

Angela Colucci..... 181

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

Cecilia Tomassini, Micol Pizzolati 193

Medicina territoriale, presidi e telemedicina per nuove prossimità

Gianluca Altamura..... 199

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

Daniele Guglielmino 205

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

Monique Bossi..... 215

3 - PROSSIMITÀ E GENERATIVITÀ EQUA E SOSTENIBILE DEI TERRITORI: VERSO NUOVE COMUNITÀ 223

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

Luciano De Bonis..... 225

<i>Smart mobility, sfida per il futuro delle città: la mobilità è un servizio sociale, cioè è welfare</i>	
Gian Paolo Gualaccini.....	233
L'Autogoverno dei territori montani	
Annibale Salsa.....	235
<i>Green Communities per la transizione ecologica dei territori e delle comunità</i>	
Marco Bussone.....	247
Lavoro e politiche del lavoro al tempo delle grandi transizioni: le sfide delle aree deboli	
Antonio Viscomi.....	253
I luoghi come infrastruttura sociale dei nuovi modelli di economia civile	
Paolo Venturi, Andrea Baldazzini	261
Una via italiana all'innovazione. Ecosistemi innovativi, aree marginali e prossimità: il caso dell'<i>Harmonic Innovation Hub</i>	
Francesco Cicione	267
La reciprocità come leva per costruire opportunità di Nuova Economia Civile per la rigenerazione partecipata dei territori	
Raffaele, Semplici	285
Da prossimità geografica a sequenze di intra-azioni (<i>entanglement</i>). Approcci collaborativi per la rigenerazione urbana in chiave ecosistemica	
Gabriella Esposito, Stefania Ragozino, Maria Patrizia Vittoria.....	295
L'impatto sociale e la sua valutazione come piattaforma per il re-design delle strategie organizzative e territoriali	
Serena Miccolis, Luca De Benedictis.....	313
Il PNRR, gli asili nido e l'eguaglianza delle opportunità	
Gianfranco Viesti	319
Patrimoni culturali dei territori	
Leandro Ventura.....	323
Cultura di prossimità e istituzioni culturali e dello spettacolo in Alto Adige	
Antonio Lampis	329
Rigenerazione Urbana e Prossimità	
Leonardo Tedeschi	333

Il Metabolismo delle Città Post-Pandemiche tra <i>Governance e Policy</i> Yahya Shaker.....	341
Il patrimonio artistico dei territori: il progetto Restituzioni Silvia Foschi.....	347
L'European Energy Awards. Un programma europeo per la transizione energetica dei comuni e la tutela della salute pubblica Rosita Romeo	355
Salute degli edifici, salute delle persone e riqualificazione energetica Paola Allegri.....	359
4 - PROSSIMITÀ, BIG DATA E DIGITAL TWINS PER IL GOVERNO CONSAPEVOLE DEL TERRITORIO	361
La transizioni verso i <i>Digital Twins</i> per il governo consapevole del territorio Federico Cinquepalmi, Sofia Agostinelli, Berardo Naticchia	363
<i>Digital Twin</i> e intelligenza collettiva per la gestione dell'ambiente costruito Berardo Naticchia.....	371
<i>Big Data</i> e <i>Digital Twins</i> per la gestione della transizione ecologica e digitale nella <i>Space Economy</i> Domenico Lopreiato.....	379
<i>Digital Twin</i>: dai processi industriali ai sistemi complessi Carlo Cavazzoni	385
<i>Big Data</i> georeferenziati e statistiche territoriali l'esperienza ISTAT Roberta Radini	387
L'osservazione della Terra all'interno dell'Unione europea, strumento fondamentale per la gestione del territorio e per affrontare i cambiamenti globali Federico Cinquepalmi.....	393
L'“<i>Urban Digital Twin</i>”, l'incertezza e l'osservazione della terra: il programma europeo <i>Copernicus</i> Andrea Taramelli.....	401
Smart City verso i Digital Twins Paolo Nesi.....	405

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

Giuseppe Martino Di Giuda, Daniele Accardo, Mirko Locatelli,
Silvia Meschini..... 415

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

Carlo Biagini, Andrea Bongini, Nicola Mitolo, Paolo Nesi..... 423

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

Antonella Trombadore, Debora Giorgi, Gisella Calcagno,
Giacomo Pierucci 431

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

Vito Getuli 445

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

Paolo Nicolosi 453

PRESENTAZIONE

Tiziano Treu

I futurologi dipingono un futuro caratterizzato da città sostenibili, connesse e autosufficienti.

Città dove concetti come quello di *prosumer*, di *digital twin model* e di *mobility as a service* invereranno il goal 11 dell'Agenda 2030 e dove addirittura si assisterà a processi di forestazione.

Città e Comunità in cui salute e benessere del cittadino saranno al centro dello sviluppo, città e comunità in cui l'urbanizzazione sarà un lontano ricordo e dove la combinazione di intelligenza artificiale, robotica, biotecnologie nanotecnologie consentirà le migliori condizioni per la produzione e consumo degli alimenti, per la telemedicina difensiva; città e comunità che, finalmente, vedranno nelle tecnologie uno strumento e non fine.

Non so se si possa credere alle ottimistiche previsioni dei futurologi ma quando l'ateneo fiorentino, nella persona del professor Saverio Mecca, ha proposto al CNEL una collaborazione finalizzata alla creazione di un osservatorio che riflettesse, con un approccio interdisciplinare, sul futuro delle Città e delle Aree interne del nostro Paese, non ho esitato a sottoporre la proposta alla nostra Assemblea chiedendo al Consigliere Maurizio Savoncelli di farsi relatore dell'iniziativa.

Ne è nato un accordo finalizzato alla formulazione di osservazioni e proposte utili a contribuire allo sviluppo del sistema sociale, produttivo e territoriale del paese, con particolare riferimento ai sistemi urbani ed infrastrutturali, alle industrie culturali e creative; il tutto in correlazione col sistema della formazione superiore e della ricerca e avendo come "rotta" le implicazioni, rispetto al mondo del lavoro ed alla vita dei cittadini, del quadro tracciato dal *Next Generation EU* e dal *Green Deal* europeo.

Le analisi e gli studi scaturiti dai numerosi incontri confluiscono nella presente pubblicazione dopo essere state fatte oggetto di confronto e di discussione con le forze sociali e gli esperti presenti al CNEL; soprattutto in merito ai modelli lavorativi che si svilupperanno nei nuovi luoghi di convivenza.

La sfida per le Parti Sociali che vogliono guardare al mondo che verrà con un sincero approccio costruttivo con l'ottica di lungimiranza che dovrebbe essergli propria, diviene, dunque, la capacità di riorganizzarsi in un mondo in cui - con tutta probabilità - a 10 miliardi di persone si affiancheranno 100 miliardi di umanoidi cui non dovremo permettere di "rubarci il lavoro"; leggendo piuttosto, in essi, la fine del lavoro fisico e non qualificato e individuando il modo

LA TRANSIZIONE VERSO I *DIGITAL TWINS* PER IL GOVERNO CONSAPEVOLE DELL'AMBIENTE COSTRUITO

Federico Cinquepalmi¹
Sofia Agostinelli²

All'inizio della quarta rivoluzione industriale, l'avvento della digitalizzazione, delle tecnologie e dei materiali innovativi, insieme al progressivo emergere di nuove tecniche di costruzione ad elevata automazione, hanno trasformato il modo in cui le infrastrutture e l'ambiente costruito possono essere pianificati, progettati, edificati, gestiti e resi operativi per creare un ambiente costruito più efficiente, sicuro, monitorabile e pertanto sostenibile.

Gli sviluppi nel campo della *Information and Communication Technologies* (ICT), così come le applicazioni avanzate dell'intelligenza artificiale, della robotica, delle nanotecnologie e della manifattura additiva³ hanno ormai condotto l'industria delle costruzioni verso una nuova era digitale.

La rapida evoluzione digitale cui si sta assistendo nei settori dell'architettura, dell'ingegneria e delle costruzioni (*Architecture, Engineering and Construction AEC*) ha subito una drastica accelerazione in anni recenti, anche grazie alla diffusione del *Building Information Modelling* (BIM)⁴, metodologia sia progettuale che gestionale, insieme al *Life Cycle Assessment* (LCA)⁵, stanno migliorando so-

1 - Ordinario di Project Management, Dipartimento di Architettura e Progetto (DiAP), Università di Roma "Sapienza".

2 - Sofia Agostinelli dottoranda presso il Dottorato di Ricerca in Energia e Ambiente, Università di Roma "Sapienza"

3 - La manifattura additiva, anche nota come stampa tridimensionale o *3D printing*, è la costruzione di un oggetto tridimensionale a partire da un modello CAD o da un modello 3D digitale. Può essere eseguita in una varietà di processi in cui il materiale viene depositato, unito o solidificato sotto il controllo di un computer, con l'aggiunta di materiali di vario genere che abbiano la capacità di poter essere gestiti come fluidi nella fase di stesura e successivamente solidificarsi, come materie plastiche, metalli o cementi, distribuiti strato per strato

4 - Il *Building Information Modeling* (BIM) è un processo supportato da vari strumenti e tecnologie digitali volto alla generazione di rappresentazioni digitali delle caratteristiche fisiche e funzionali dei luoghi, finalizzate sia al processo costruttivo che alla successiva gestione. I modelli informativi degli edifici (BIM) sono banche dati che possono essere estratte, scambiate o collegati in rete per supportare i processi decisionali relativi a un bene costruito. Il concetto di BIM è stato sviluppato fin dagli anni '70, ma è diventato un termine comune solo all'inizio degli anni 2000. Lo sviluppo di standard e l'adozione del BIM sono progrediti a velocità diverse nei vari Paesi; gli standard sviluppati nel Regno Unito a partire dal 2007 hanno costituito la base dello standard internazionale ISO 19650, lanciato nel gennaio 2019.

5 - L'espressione *Life Cycle Assessment* (LCA) è stata coniata nel 1990 nell'ambito dei lavori del congresso della *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC) per identificare, descri-

stanziamente la sostenibilità dei processi gestionali delle costruzioni. Le ulteriori innovazioni, legate all'introduzione dell'*Internet of Things (IoT)* nell'ambiente costruito, e più in generale nelle cosiddette Città intelligenti (*Smart Cities*), stanno cambiando radicalmente la pianificazione e lo sviluppo urbano, in un'ottica che risulta sia "Smart", sia digitale, sia sostenibile⁶.

L'obiettivo della digitalizzazione nel settore AEC è essenzialmente quello di configurare processi ed ecosistemi digitali basati su modelli informativi tridimensionali, monitorando il loro processo funzionale e le loro interazioni con la realtà circostante, secondo un approccio denominato Gemello digitale (*Digital Twin Model*), definibile come la trasposizione di un oggetto o di un sistema dal mondo reale verso una rappresentazione virtuale/digitale, finalizzata a valutare la sua funzionalità e le relative prestazioni⁷.

I *Digital Twins (DT)* per i sistemi edilizi sono progettati come già detto, con una logica di database tridimensionali, alimentati da flussi di dati raccolti ed elaborati in tempo reale, relativi alle varie componenti dell'edificio in termini di qualità e funzionalità, e finalizzati alla simulazione delle attività e alla gestione in tempo reale dei processi.

Il passaggio del DT dal livello del singolo edificio alla scala urbana va sotto il nome di *City Digital Twin (CDT)*: si tratta di un livello superiore e naturalmente più complesso di analisi e gestione, in grado di migliorare ed arricchire le conoscenze ricevute attraverso i flussi di dati ed informazioni in ingresso, ottenuti dal monitoraggio continuo dei sistemi urbani tramite sensori intelligenti, IoT, *Smart Metering*, oltre che dai dati satellitari oppure provenienti dai singoli dispositivi *Mobile* personali.

Tale approccio gestionale sta rapidamente evolvendo da un modello ricognitivo verso uno predittivo, progressivamente sviluppando capacità di apprendimento automatico (*Machine Learning ML*⁸) e di previsione, grazie all'impiego massivo di algoritmi di intelligenza artificiale, quali meccanismi di apprendimento profondo (*Deep Learning*) e reti neurali⁹, sviluppando progressivamente

vere e unificare in modo univoco gli obiettivi dell'analisi. Successivamente è stato standardizzato dall'*International Standards Organization (ISO)*.

6 - Perera C., Zaslavsky A., Christen P., Georgakopoulos D., 2014, *Sensing as a service model for smart cities supported by the Internet of Things*. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 25, pp. 81-93.

7 - Weekes S. 2019, *The rise of digital twins in smart cities*, SmartCities- World, on line platform (www.smartcitiesworld.net)

8 - Il Machine learning (ML) è una forma di autoapprendimento che possono realizzare dei modelli di dati, ed è per sommi capi paragonabile all'apprendimento dei bambini, ovvero guidato dalla progressiva "esperienza".

9 - Nel campo dell'apprendimento automatico, una rete neurale artificiale (abbreviata in RNA o anche in NN) è un modello computazionale composto da "neuroni" artificiali ispirato alla semplificazione di una rete neurale biologica. Tali modelli matematici sono utilizzati per tentare di risolvere

capacità predittive in grado di consentire un certo livello di decisioni ed azioni autonome, elaborate sulla base delle analisi effettuate¹⁰.

Il Gemello Digitale o *Digital Twin Model* di un ambiente urbano ha la potenzialità di divenire uno strumento chiave, non solo per la raccolta, l'archiviazione, l'analisi e la visualizzazione organizzata dei dati per la gestione quotidiana della vita di un ambiente costruito, ma anche per l'uso integrato dei *Building Information Modelling (BIM)* con i *Geographic Information Systems (GIS)*, andando ad ampliare ulteriormente la scala di gestione.

Poiché a tutt'oggi tra i settori produttivi, quello dell'edilizia, sia intesa come cantieristica sia come piena funzionalità dell'ambiente costruito, rimane il maggior consumatore finale di energia (pari a circa il 40% a livello globale), tutte le tecnologie dell'informazione e della comunicazione citate, hanno la possibilità di divenire, grazie ad una gestione avanzata ed interconnessa, elementi strategici per la riduzione dei consumi energetici complessivi delle attività umane in ambito urbano, in una logica di sempre migliore efficienza energetica del patrimonio edilizio.

Grazie all'Intelligenza Artificiale (AI), la continuità gestionale tra la rappresentazione e le informazioni relative agli edifici, fa sì che tutte le componenti dell'ambiente costruito divengano in grado di integrare autonomamente il flusso di dati derivanti dai rispettivi dispositivi IoT domestici, dalle *Smart Grid* e dall'analisi comportamentale degli abitanti, con il fine di migliorare le prestazioni di edifici e infrastrutture, per la loro efficienza e sostenibilità.

L'analisi comportamentale degli abitanti risulta essere un fattore determinante e può essere dedotta sia da dati diretti, derivanti dalla sensoristica installata all'interno delle abitazioni e degli spazi comuni, sia dai dati trasmessi da dispositivi personali.

Quando l'intelligenza artificiale viene integrata con i sistemi degli edifici e i dispositivi IoT, ha tutto il potenziale per migliorare l'esperienza degli occupanti, aumentando l'efficienza operativa della singola unità abitativa o dell'edificio, ed ottimizzando l'utilizzo degli spazi e delle risorse. Una vasta gamma di informazioni provenienti dai dispositivi IoT fornisce informazioni sull'operatività, l'uso e le condizioni delle infrastrutture e degli edifici, come ad esempio il microclima fisico interno, il clima esterno, l'uso dell'acqua e dell'energia, offrendo agli abitanti un'esperienza di vita migliore ed una maggiore soddisfazione, potenzialmente sviluppando servizi innovativi basati su una sempre

problemi di ingegneria dell'intelligenza artificiale, come quelli dei campi tecnologici (in elettronica, informatica, simulazione e altre discipline).

10 - ISO20944-1:2013: *Information technology - Metadata Registries Interoperability and Bindings (MDR-IB) - Part 1: Framework, common vocabulary, and common provisions for conformance*. Standard, International Organization for Standardization, Geneva.

maggior proattività degli abitanti ¹¹.

Questi sistemi hanno il potenziale di ridurre radicalmente i costi gestionali ad ogni livello, attraverso l'automazione e l'ottimizzazione delle operazioni. Sfruttando l'intelligenza artificiale, ad esempio, i proprietari degli edifici possono ridurre significativamente i consumi energetici e idrici, raggiungendo significativi obiettivi di risparmio, sia individuali sia collettivi, anche attraverso un bilanciamento attento delle necessità personali e di quelle collettive.

Il passo successivo rispetto alle attività di monitoraggio riguarda la raccolta ed elaborazione dei dati inerenti alle apparecchiature dell'edificio: i dati vengono raccolti da sensori IoT che sono identificati in base alla posizione o al tipo di impianto e possono attivare algoritmi volti non solo a rilevare anomalie, ma anche prevederle e possibilmente risolverle. Reti, contatori ed apparecchiature collegati alla rete monitorano la distribuzione e tutti gli scambi in entrata e in uscita, andando ad alimentare i sistemi di manutenzione cognitiva che servono per l'assicurazione del buon funzionamento delle attrezzature e dei dispositivi critici dell'edificio, anticipando possibili guasti e guidando prontamente gli interventi sia gestiti da remoto che di manutenzione con squadre di tecnici in presenza.

In altre parole, i dati trasmessi dagli *Asset* collegati, come ad esempio caldaie, pompe, impianti di condizionamento, ma anche aperture e chiusure di sistemi di ventilazione, vengono analizzati al fine di identificare eventuali anomalie di funzionamento, comparandone i normali parametri registrati e standardizzati, per essere valutati non solo sulla base delle condizioni operative fornite dal produttore al momento della loro installazione, ma anche dopo alcuni anni di utilizzo.

All'interno di tale logica di funzionamento i dispositivi collegati ricevono automaticamente le istruzioni per intraprendere azioni correttive, e l'intelligenza artificiale dell'edificio memorizza i risultati dell'intervento per migliorare l'accuratezza del rilevamento e la risoluzione di eventi futuri.

Nel frattempo, questi ecosistemi ottimizzati di tecnologie per gli edifici, individuano ulteriori opportunità di controllo dell'efficienza attraverso la manutenzione predittiva¹², e il Gemello Digitale degli edifici identifica le possibili cause di problematiche interne, non necessariamente dipendenti dal malfunzionamento di un singolo dispositivo, contribuendo così a migliorare l'operatività complessiva dell'intero sistema interconnesso, anche inviando se necessario

11 - Guillemin P., Friess, P. 2009, *Internet of things strategic research roadmap. The Cluster of European research Projects*, Technical report, European Commission - Information Society and Media DG, Brussels.

12 - Anvari-Moghaddam A., Monsef H., Rahimi-Kian A. 2015, *Optimal Smart Home Energy Management Considering Energy Saving and a Comfortable Lifestyle*, «IEEE Trans. Smart Grid», vol. 6, n. 1, pp. 324-332.

comunicazioni appropriate alle squadre di manutenzione, all'amministratore dell'edificio e ai proprietari dell'immobile.

L'impiego dell'intelligenza artificiale, necessaria alla gestione rapida delle grandi masse di dati che i sistemi così strutturati producono senza soluzione di continuità, consente altresì di acquisire dati dalle operazioni quotidiane degli edifici, permettendo nuovi livelli di automazione in tempo reale, dando quasi l'impressione che gli edifici acquisiscano la capacità di "pensare", impegnarsi ed imparare, monitorando e prevedendo autonomamente le esigenze di auto-manutenzione¹³.

L'integrazione di sensori può anche migliorare significativamente l'esperienza abitativa dei residenti. I sensori IoT monitorano infatti costantemente i movimenti delle persone, la qualità dell'aria interna, la temperatura ed altri parametri legati all'uomo¹⁴, accendendo e spegnendo le luci laddove serve, regolando il flusso dell'acqua per uso igienico e alimentare, obbedendo ai comandi vocali ed imparando adattandosi, al tono di voce degli occupanti.

I *Digital Twins* possono dunque impiegare l'intelligenza artificiale, ma anche l'apprendimento automatico (ML), consentendo al gemello digitale di apprendere dai dati piuttosto che attraverso una programmazione ad hoc. I modelli di dati vengono perfezionati in modo incrementale, attraverso la raccolta di dati e informazioni elaborati da algoritmi di "apprendimento automatico", dove la qualità riferita all'algoritmo è una funzione diretta della qualità dei dati. Le tecniche di apprendimento automatico (ML) si dividono essenzialmente in due categorie principali: Apprendimento supervisionato (*Supervised Learning*), o Apprendimento non supervisionato (*Unsupervised Learning*).

Dato un campione di dati ed un output desiderato, l'apprendimento supervisionato si basa sul cosiddetto *Ground truthing*¹⁵, e il suo obiettivo è l'apprendimento sulla base della funzione che meglio stima gli *Output* previsti, determinati da *Input* chiaramente noti, utilizzando un'approssimazione accettabile e l'esperienza statistica. D'altra parte, l'apprendimento non supervisionato non ha output chiaramente identificati (*Tagged data*) e l'algoritmo in questo caso auto-organizza i dati, con l'obiettivo di guidare il caricamento dei dati in ingresso (*Non-tagged data*), secondo una classificazione interna auto-costruita.

Le tecniche di *machine learning* possono essere largamente impiegate nei processi di ottimizzazione delle attività di gestione e manutenzione degli edifici

13 - Vastamäki R., Sinkkonen I., Leinonen C. 2005, A Behavioural Model of Temperature Controller Usage and Energy Saving, «Personal and Ubiquitous Computing», pp. 250-259.

14 - ISO16678:2014: *Guidelines for interoperable object identification and related authentication systems to deter counterfeiting and illicit trade*. Standard, International Organization for Standardization, Geneva.

15 - L'espressione "Ground truthing" nell'apprendimento automatico si riferisce al processo di raccolta di un risultato ideale atteso e dimostrabile.

e delle infrastrutture attraverso l'integrazione con il *Digital Twin* dell'asset di riferimento.

Tali approcci permettono la definizione di strategie volte all'ottimizzazione dei processi di gestione e manutenzione, con particolare riferimento ai componenti impiantistici, attraverso soluzioni di *Data management* che permettano di sviluppare capacità predittive, ottimizzando i processi di *Decision making* e attuando strategie specificamente concepite per il sistema di riferimento, in base alle analisi ed alle elaborazioni effettuate, configurando un approccio metodologico scalabile e replicabile su contesti differenziati.

Gli ambiti specifici di applicazione del concetto di *Digital Twin* nei processi di manutenzione predittiva sono molteplici, e diversi di questi vengono determinati a partire dalle informazioni generate e raccolte da specifici sottosistemi di *Building Management System (BMS)* e *Building Energy Management System (BEMS)*. I dati acquisiti da tali sottosistemi possono trovare la loro rappresentazione in appositi *Data Layer* del modello BIM e le informazioni di interesse specifico sono costituite dagli eventi di allarme e/o dalle segnalazioni automatiche generate dal modello BIM o dal sistema BEMS, a fronte di condizioni di funzionamento fuori dalla norma o che richiedono l'intervento di operatori.

Il tracciamento di questo tipo di eventi e le informazioni di dettaglio relative alla loro risoluzione costituiscono un patrimonio informativo in base al quale è possibile elaborare modelli predittivi che supportano il *Building Manager* nel prendere decisioni orientate a migliorare l'efficienza e l'efficacia delle operazioni di manutenzione, mirando al contempo alla riduzione dei costi di gestione, dei malfunzionamenti, e degli interventi a guasto, configurando modelli di management fondati su sistemi intelligenti basati su sensori, *Data analytics* e *Artificial Intelligence (AI)*.

Tali approcci permettono di avviare inoltre processi più complessi per la gestione digitale di interi sistemi di edifici e infrastrutture secondo gli approcci esplorati, replicabili in scale più vaste e in contesti differenziati quali ad esempio quelli delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) e degli *Zero Energy Districts (ZED)*¹⁶.

Tornando all'analisi degli effetti della quarta rivoluzione industriale sul comparto dell'ambiente costruito, sia dal punto di vista della sua realizzazione che della sua gestione, i Digital Twin Models sembrano essere ad oggi uno degli approcci più promettenti per il futuro miglioramento dei sistemi urbani com-

16 - Il concetto di Zero Energy Districts (ZED) è strettamente legato a quello degli edifici a energia zero o Zero Energy Building (ZEB), ovvero edifici o insiemi di edifici il cui consumo energetico netto sia zero, vale a dire che la quantità totale di energia utilizzata dall'edificio (o sul distretto) su base annua è pari alla quantità di energia rinnovabile creata dal sito stesso. L'obiettivo è che questi edifici, durante il loro funzionamento, contribuiscano alle emissioni in atmosfera in misura minore o nulla rispetto a edifici simili non ZEB.

nessi, nei quali oramai vive oltre il 50% della popolazione del pianeta, con una proiezione al 2050 di oltre il 68%.

Garantire una gestione efficiente e sostenibile dell'ambiente costruito non è più dunque una necessità del solo comparto AEC ma è una priorità globale, così come chiaramente indicato dai principali organismi internazionali, prima fra tutte l'Assemblea generale delle Nazioni Unite, che nell'esercizio denominato Sustainable Developments Goals (SDGs)¹⁷ ha correttamente indicato al Goal 11 i sistemi urbani come una priorità globale, affermando che:

*Rendere le città sicure e sostenibili significa garantire l'accesso ad alloggi sicuri e a prezzi accessibili, investire nei trasporti pubblici, creare spazi pubblici verdi e migliorare la pianificazione e la gestione urbana in modo partecipativo e inclusivo.*¹⁸

17 - Approvati dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite per il periodo 2015/2030, i principi e gli obiettivi dei 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals - SDGs) sono: 1) No Poverty; 2) Zero Hunger; 3) Good Health and Well-being; 4) Quality Education; 5) Gender Equality; 6) Clean Water and Sanitation; 7) Affordable and Clean Energy; 8) Decent Work and Economic Growth; 9) Industry, Innovation, and Infrastructure; 10) Reducing Inequality; 11) Sustainable Cities and Communities; 12) Responsible Consumption and Production; 13) Climate Action; 14) Life Below Water; 15) Life On Land; 16) Peace, Justice, and Strong Institutions; 17) Partnerships for the Goals. Gli SDGs sono soggetti a una valutazione globale continua per determinare lo stato della loro attuazione.

18 - *Making cities safe and sustainable means ensuring access to safe and affordable housing, investment in public transport, creating green public spaces, and improving urban planning and management in a participatory and inclusive manner.* UN General Assembly 2005, *Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development* (A/RES/70/1), New York, p. 18.

