

Eugenio Arbizzani, <https://orcid.org/0000-0002-5855-1847>

Carola Clemente, <https://orcid.org/0000-0003-1793-4339>

Anna Mangiardi, <https://orcid.org/0000-0003-2587-2174>

Francesco Sica, <https://orcid.org/0000-0002-5691-4747>

Francesco Tajani, <https://orcid.org/0000-0002-2011-1950>

Dipartimento di Architettura e Progetto, Sapienza Università di Roma, Italia

eugenio.arbizzani@uniroma1.it

carola.clemente@uniroma1.it

anna.mangiardi@uniroma1.it

francesco.sica@uniroma1.it

francesco.tajani@uniroma1.it

Abstract. Il contributo illustra l'esperienza dell'accordo di collaborazione scientifica del gruppo di ricerca del Dipartimento DiAP dell'Università Sapienza di Roma con la società Fabrica Immobiliare SGR nello svolgimento di attività orientate alla definizione di "Strategie sostenibili di valorizzazione del patrimonio gestito" in chiave ESG. La ricerca operativa si pone quale occasione di sviluppo e contestuale trasferimento tecnologico di conoscenze teoriche e di competenze tecniche, finalizzate all'implementazione di metodologie a supporto di strumenti valutativi e decisionali, per il raggiungimento di obiettivi di riqualificazione energetico-ambientale e di decarbonizzazione nei processi di rigenerazione e di valorizzazione dell'ambiente costruito, secondo criteri di finanza sostenibile.

Parole chiave: Decarbonizzazione; ESG; Investimenti sostenibili; *Real estate*; Transizione energetica.

Decarbonizzazione del settore delle costruzioni e finanza sostenibile

Gli indirizzi politici e normativi comunitari più recenti, orientati al raggiungimento della neutralità carbonica nel

settore delle costruzioni, oltre ad imporre modalità produttive e gestionali riconducibili al più ampio ambito della *Green Economy* nella sua complessità, e a favorirne la transizione ecologica (Butera, 2021), hanno delimitato un campo di operatività non eludibile, teso ad intensificare processi di decarbonizzazione negli interventi di rigenerazione e di valorizzazione dell'ambiente costruito, incentivando gli investimenti in attività socialmente e ambientalmente sostenibili (Paganin, 2021).

Da un lato, il "Green Deal Europeo" ha proposto una strategia di sviluppo basata su traguardi prioritari, che intendono tene-

re insieme la riduzione dei gas a effetto serra, con il progresso economico, compatibilmente con la tutela ecosistemica, ovvero:

1. conseguire gli obiettivi di riduzione delle emissioni entro il 2030 e la neutralità climatica entro il 2050;
2. migliorare la capacità di adattamento, potenziare la resilienza e ridurre la vulnerabilità ai cambiamenti climatici;
3. progredire verso un modello di crescita rigenerativo, dissociando la crescita economica dall'uso delle risorse e dal degrado ambientale e accelerando la transizione verso un'economia circolare;
4. perseguire l'obiettivo "inquinamento zero", anche per l'aria, l'acqua e il suolo, e promuovere la salute e il benessere delle persone;
5. proteggere, preservare e ripristinare la biodiversità e rafforzare il capitale naturale;
6. ridurre le pressioni ambientali e climatiche connesse alla produzione e al consumo, in particolare nei settori dell'energia, dello sviluppo industriale, dell'edilizia e delle infrastrutture, della mobilità e del sistema alimentare (EU, 2019).

D'altro lato, il «Piano d'azione per finanziare la crescita sostenibile» ha delineato nuove opportunità e meccanismi per la valutazione degli investimenti secondo indirizzi programmatici tesi all'attivazione di iniziative "finanziariamente sostenibili" a supporto della transizione verso la neutralità carbonica (EC, 2018). Dapprima la SFDR (*Sustainable Finance Disclosure Regulation*)¹

Energy and
environmental
transition paths for the
regeneration of real
estate assets

Abstract. The paper illustrates the experience of the scientific collaboration agreement of the research group of the DiAP, Department of Architecture and Design, Sapienza University, Rome, with the company Fabrica Immobiliare SGR, in carrying out activities aimed at defining "Sustainable strategies of enhancement of the managed building stock" with a view to ESG. The operative research presents an opportunity for development and transfer of technology, of theoretical knowledge, and of technical skills, aimed at implementing methodologies in support of evaluation and decision-making tools. The purpose is to achieve energy/environmental requalification and decarbonisation targets in the regeneration and enhancement processes of the built environment, in accordance with sustainable finance criteria.

Keywords: Decarbonisation; ESG; Sustainable investment; Real estate; Energy transition.

Decarbonisation of the construction industry and sustainable finance

The most recent EU regulatory and policy orientations aimed at achieving carbon neutrality in the construction industry have imposed modes of management and production, which can be associated with the broader sphere of the Green Economy in all its complexity, favouring the ecological transition (Butera, 2021). Moreover, they have also delimited an inescapable field of operations focused on intensifying decarbonisation processes in the built environment regeneration and enhancement interventions, thereby incentivising investments in socially and environmentally sustainable activities (Paganin, 2021).

The European Green Deal has proposed a development strategy based on priority targets designed to balance greenhouse gas reduction with

economic progress, and to do so compatibly with protecting the ecosystem. These targets are specified below:

1. to achieve the emissions reduction targets by 2030, and climate neutrality by 2050;
2. to approve the capacity for adaptation, strengthen resilience, and reduce vulnerability to climate change;
3. to progress towards a model of regenerative growth, dissociating economic growth from the use of resources and from environmental degradation, and accelerating the transition towards a circular economy;
4. to pursue the objective of "zero pollution," also for air, water, and soil, and to promote the health and well-being of citizens;
5. to protect, preserve, and restore biodiversity and strengthen natural capital;

poi, in rapida successione, il Regolamento 2020/952 sulla Trasparenza UE² vanno a costituire i pilastri della strategia della finanza sostenibile, che accoglie le istanze di una domanda diffusa di responsabilità sociale, ambientale ed economica rivolta a tutti i settori produttivi e finanziari. Se la finalità della SFDR è aumentare la trasparenza nel settore finanziario e nel mercato degli investimenti sostenibili, il Regolamento 2020/852 definisce i criteri per determinare quando un'attività economica può essere considerata "ecosostenibile", ovvero se:

- contribuisce in modo sostanziale al raggiungimento di uno o più obiettivi ambientali (mitigazione del cambiamento climatico; adattamento ai cambiamenti climatici; uso sostenibile e protezione dell'acqua e delle risorse marine; transizione verso un'economia circolare; prevenzione e controllo dell'inquinamento; protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi);
- non arreca danno significativo – DNSH (*Do No Significant Harm*)³;
- è svolta nel rispetto delle garanzie minime di salvaguardia;
- è conforme ai criteri di vaglio tecnico stabiliti dalla Commissione Europea⁴.

Secondo l'Accordo di Parigi, gli Stati Membri devono, inoltre, rendicontare periodicamente i propri progressi a lungo termine ottenuti a scala globale (*Global Stocktake*) in merito alle misure adottate per affrontare la crisi climatica e la riduzione delle emissioni inquinanti⁵.

L'UE chiarisce, quindi, il concetto di sostenibilità sociale⁶ individuando tre macro-tematismi di riferimento:

1. lavoro dignitoso;
2. standard di vita e benessere adeguati per gli utenti finali;

6. to reduce the environmental and climate pressures connected to production and consumption, in particular in the sectors of energy, industrial development, construction and infrastructure, mobility, and the food system (EU, 2019).

The "Action Plan on Financing Sustainable Growth" has also outlined new opportunities and mechanisms for assessing investments in accordance with policy orientations aimed at activating "financially sustainable" initiatives in support of the transition towards carbon neutrality (EC, 2018). The SFDR ("Sustainable Finance Disclosure Regulation")¹, and Regulation (EU) 2020/852 (EU Taxonomy Regulation)² that followed closely, are the pillars of the sustainable finance strategy, which accommodates the needs of a widespread demand for social, environmental, and economic responsibil-

ity addressing all the productive and financial sectors. While the purpose of the SFDR is to increase transparency in the financial sector and in the market of sustainable investment, Regulation 2020/852 defines the criteria for determining when an economic activity can be considered "ecologically sustainable," which is to say whether:

- it contributes substantially towards achieving one or more of the environmental goals (climate change mitigation; climate change adaptation; sustainable use and protection of water and marine resources; transition to a circular economy; pollution prevention and control; protection and restoration of biodiversity and ecosystems);
- it causes no significant harm – DNSH (Do No Significant Harm)³;
- it is carried out in compliance with the minimum protection guarantees;

3. comunità e società inclusive e sostenibili.

L'innovazione di sistema rappresentata da questo quadro regolamentare, certamente rilevante per ambizioni, indirizzi e contenuti, trova il suo driver fondamentale nella spinta proveniente dalla richiesta sempre più consapevole e orientata alla transizione ecologica e alla sostenibilità in chiave ESG – E (ambientale), S (sociale) e G (governance) – degli investimenti, che vede, tuttavia, le proprie aspettative ancora in larga parte disattese (Tartaglia *et al.*, 2024).

Nel settore delle costruzioni, i criteri ambientali per la valorizzazione immobiliare in direzione ESG attengono al binomio Edificio-Impianto, volti cioè ad assicurare la decarbonizzazione riducendo le emissioni di CO₂ localmente e a migliorare le prestazioni energetico-ambientali complessive. Il perseguimento di questi criteri produce conseguentemente effetti sul sistema sociale del contesto urbano di prossimità (Ladu and Micelli, 2023):

- potenziando le condizioni di qualità della vita degli utenti finali (*comfort indoor e outdoor*);
- innalzando il livello di sicurezza e di salubrità dell'ambiente costruito (*healthy and safe city*);
- ottimizzando l'inclusività e l'accessibilità dei singoli asset;
- richiedendo al contempo l'adozione di *policies di governance* innovative necessarie a sostenere le operazioni di rigenerazione e di valorizzazione in ottica ESG.

La riqualificazione del compendio immobiliare (asset) identifica, quindi, una scelta strategica per lo sviluppo della sostenibilità tramite decisioni programmatiche e progettuali degli investimenti, orientate a definire possibili strategie tese a contemporaneamente la competizione tra le tre dimensioni ESG conside-

- it complies with the technical screening criteria established by the European Commission⁴.

According to the Paris Agreement, the Member States must also report regularly on their own long-term progress achieved on a global scale (*Global Stocktake*) as relates to the measures adopted to deal with the climate crisis and the reduction of pollutant emissions⁵.

Lastly, the EU clarifies the concept of social sustainability⁶ by identifying three macro-themes of reference:

1. dignified work;
2. standards of living and well-being adequate for the final users;
3. inclusive and sustainable communities and societies.

The system innovation represented by this regulatory framework, certainly of importance for its ambitions, orientations, and content, has its main

driver in the thrusts originating from a demand that is increasingly informed and directed towards ecological transition and sustainability, in terms of the investments' ESG (Environment, Social, and Governance). However, the expectations of these demands still remain to a large degree unmet (Tartaglia *et al.*, 2024).

In the construction sector, the environmental criteria for property enhancement towards ESG relate to the Building-Plant system, which is to say they are aimed at ensuring decarbonisation by reducing CO₂ emissions locally, and at improving overall energy-environmental performance. The pursuit of these criteria consequently produces effects on the social system in the neighbouring urban setting (Ladu and Micelli, 2023), by:

- reinforcing the final users' quality of life conditions (indoor and outdoor

rando, parallelamente, la compatibilità dell'investimento con le specifiche finanziarie di settore (Scenari Immobiliari, 2024). Gli orientamenti e le misure di sostenibilità introdotte a livello comunitario richiedono, pertanto, l'implementazione di modelli e di processi rigenerativi del patrimonio costruito e della sua gestione, articolati entro uno scenario di innovazione in cui sia prevista l'integrazione tra obiettivi di efficientamento energetico e di decarbonizzazione con criteri di finanza sostenibile e di investimento immobiliare in direzione ESG, volti, cioè, ad ottimizzarne l'impatto energetico-ambientale, massimizzando i benefici diretti e indiretti sulla qualità della vita delle persone e sulla collettività, sull'ambiente e sulla sostenibilità economica globale degli investimenti.

Percorsi di transizione per la rigenerazione del patrimonio immobiliare in chiave ESG

Nell'ambito dell'accordo di collaborazione scientifica "Strategie di valorizzazione del patrimonio gestito in ottica di sostenibilità ambientale, responsabilità sociale e buona pratica di governance", il gruppo di ricerca del Dipartimento DiAP dell'Università Sapienza di Roma si è occupato dello sviluppo di metodologie a supporto di processi valutativi e decisionali per la riqualificazione e la valorizzazione di immobili in chiave ESG, finalizzate al raggiungimento di obiettivi di efficientamento energetico-ambientale e di decarbonizzazione di una porzione del patrimonio costruito gestito dalla società Fabrica Immobiliare SGR (Fabrica Immobiliare SGR, 2024). A partire dalla perimetrazione del campo di indagine, la ricerca ha delineato un percorso di transizione energetico-ambientale per la rigenerazione del patrimonio immobiliare,

- comfort);
- raising the built environment's level of safety and healthiness (healthy and safe city);
- optimising the inclusivity and accessibility of the individual assets;
- at the same time, requiring the adoption of innovative governance policies necessary to support regeneration and enhancement operations with a view to ESG.

The requalification of the real estate holding (asset) thus identifies a strategic choice for the development of sustainability through investment planning and policy decisions oriented towards defining possible strategies aimed at balancing the competition among the three dimensions of ESG while, in parallel, considering the investment's compatibility with the sector's financial specifications (Scenari Immobiliari, 2024).

Hence, the sustainability measures and orientations introduced on the EU level require implementing models and processes for regenerating and managing the built heritage, articulated within a scenario of innovation in which energy efficiency and decarbonisation targets are integrated with criteria of sustainable finance and real estate investment towards ESG – that is, models and processes aimed at optimising their energy/environmental impact, while maximising the direct and indirect benefits on the quality of life of people and on society at large, on the environment, and on the investments' overall economic sustainability.

Transition paths for regeneration of the building stock with a view to ESG

Within the context of scientific collaboration "Strategie di valorizzazione del patrimonio gestito in ottica di sosteni-

re, organizzato secondo specifiche aree di approfondimento, tra loro consequenziali e interrelate:

1. verifica dell'applicabilità della tassonomia UE e dei criteri definiti dalla regolamentazione europea sugli investimenti e sulla finanza sostenibile al caso della rigenerazione e della valorizzazione di un campione significativo di immobili selezionati e valutazione della corrispondenza con i parametri ESG;
2. identificazione delle potenzialità trasformative dei singoli asset, in relazione alle caratteristiche tecnico-costruttive e impiantistiche di ciascun immobile, tenuto conto delle prestazioni energetico-ambientali residue;
3. individuazione degli interventi funzionali a garantire un decisivo miglioramento di prestazione energetico-ambientale degli edifici e valutazione dell'impatto in termini di livello di classe energetica raggiunta, abbassamento dei consumi energetici e riduzione delle emissioni di CO₂;
4. analisi preliminare dei requisiti minimi necessari a garantire la percorribilità dei processi di certificazione energetico-ambientale di natura volontaria, tra quelli maggiormente diffusi a scala internazionale e nazionale (es. BREEAM, LEED, WELL, GBC);
5. verifica della sostenibilità finanziaria degli interventi di riqualificazione energetico-ambientale ipotizzati e valutazione del target di decarbonizzazione CRREM (*Carbon Risk Real Estate Monitor*)⁷ riferito ai singoli edifici e all'intero comparto immobiliare.

Rispetto ad un quadro scientifico e operativo ormai consolidato in letteratura e nelle prassi di interventi di rigenerazione urbana e di riqualificazione energetico-ambientale correnti (*deep renovation, retrofit*, ecc.), l'innovatività della ricerca risiede nel

tenibilità ambientale, responsabilità sociale e buona pratica di governance" ("Strategies for enhancement of the managed heritage with a view to environmental sustainability, social responsibility, and good governance practice"), the research group at DiAP, Department of Architecture and Design, Sapienza University, Rome, dealt with the development of methodologies in support of evaluation and decision-making processes for the requalification and enhancement of buildings with a view to ESG. The purpose was to achieve energy/environmental efficiency and decarbonisation targets of a portion of the built heritage managed by the asset management company Fabrica Immobiliare SGR (Fabrica Immobiliare SGR, 2024). After first setting the boundaries of the field of investigation, the research outlined a path of energy/environmental transi-

tion for the regeneration of the building stock, organised in accordance with specific areas of deeper investigation, consequential to and interrelated with one another:

1. verification of the applicability of EU taxonomy and of the criteria defined by European regulations on investment and sustainable finance to the case of regeneration and enhancement of a significant sample of selected buildings, and assessment of correspondence with ESG parameters;
2. identification of the transformative potential of individual assets, in relation to each building's technical/constructive and plant characteristics, taking into account the residual energy/environmental performance;
3. identification of interventions functional for guaranteeing a decisive

01 | Classi energetiche degli edifici per uffici in Italia. Fonte: SIAPE – ENEA
Energy classes of office buildings in Italy. Source: SIAPE – ENEA

02 | Classi energetiche degli edifici per uffici di nuova costruzione. Fonte: SIAPE – ENEA
Energy classes of newly built office buildings in Italy. Source: SIAPE – ENEA

03 | Classi energetiche degli edifici per uffici con ristrutturazione importante. Fonte: SIAPE – ENEA
Energy classes of office buildings in Italy with major renovation. Source: SIAPE ENEA

04 | Curva di decarbonizzazione e di intensità energetica. Fonte: CRREM
Decarbonisation curve and energy intensity. Source: CRREM

Tab.1 | Valori di GHG e di Energy Intensity di riferimento per il rispetto degli obiettivi di decarbonizzazione per gli edifici per uffici. Fonte: CRREM
GHG and Energy Intensity values of reference for compliance with the decarbonisation targets for office buildings. Source: CRREM

mettere in relazione gli scenari di riqualificazione energetico-ambientale prevedibili sul sistema involucro-impianti con i risultati ottenibili in termini di decarbonizzazione, oltre che di valorizzazione economica dei singoli asset e dell'intero portafoglio immobiliare, derivanti e dalla correlazione tra variabili decisionali e valutative di diversa natura, finanziarie e non, in direzione ESG.

In Europa come in Italia, il settore del terziario avanzato si trova ad affrontare importanti sfide legate alla decarbonizzazione e all'efficienza energetica, per poter preservare e accrescere il valore dei patrimoni gestiti, soprattutto in presenza di immobili storici o localizzati nelle aree centrali delle città, dove circa il 75% del parco immobiliare risulta non essere energeticamente efficiente (Figg. 1, 2, 3).

Secondo le proiezioni del CRREM, per essere coerenti con gli obiettivi dell'Accordo di Parigi, e non rischiare la marginalizzazione nel mercato immobiliare del terziario avanzato, gli edifici per uffici dovrebbero ridurre significativamente le proprie emissioni nei prossimi decenni (ENEA, 2024). A questo fine, il CRREM (Fig. 4) si configura quale strumento di verifica del percorso di decarbonizzazione e di riduzione dei consumi energetici (Tab. 1), che individua alcuni momenti chiave per i target di emissioni GHG tra il 2024 e il 2050.

improvement of the buildings' energy/environmental performance, and assessment of the impact in terms of achieved energy class level, lowering of energy consumption, and reduction of CO₂ emissions;

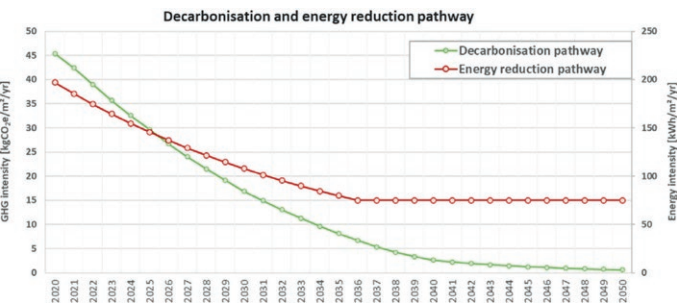
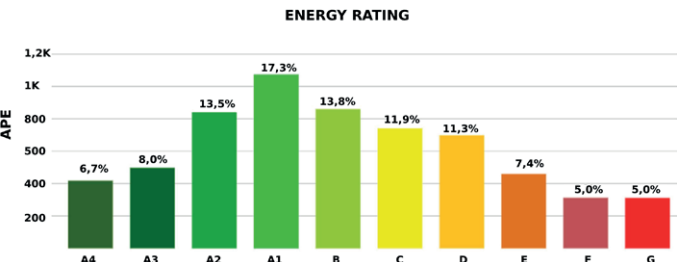
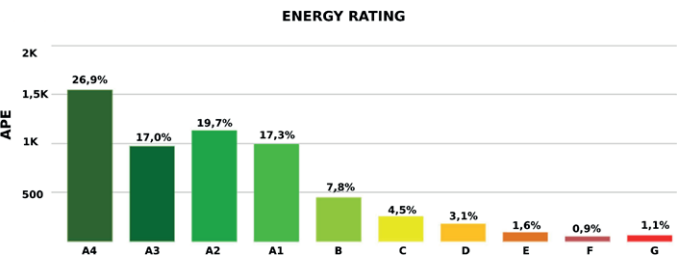
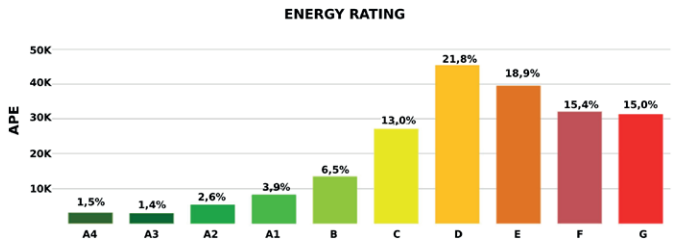
4. preliminary analysis of the minimum requirements necessary for guaranteeing the practicability of the processes of voluntary energy/environmental certification, among those most widespread in Italy and internationally (es. BREEAM, LEED, WELL, GBC);

5. verification of the financial sustainability of suggested energy/environmental requalification interventions, and assessment of the CRREM (Carbon Risk Real Estate Monitor)⁷ decarbonisation target referring to the individual buildings and to the entire real estate sector.

In comparison with a scientific and

operative framework now well established in the literature, and current practices of urban regeneration and energy/environmental requalification interventions (deep renovation, retrofit, etc.), the research's innovativeness lies in systematising the energy/environmental requalification scenarios foreseeable on the envelope/plant system with attainable results in terms of decarbonisation and of economic enhancement of the individual assets and of the entire real estate portfolio, as derived from the systematisation of and correlation among decision-making and evaluation variables of different kinds, financial and otherwise, towards ESG.

In particular, the advanced tertiary sector is now dealing with important challenges linked to decarbonisation and to energy efficiency in order to preserve and increase the value of the



YEAR	GHG INTENSITY kgCO ₂ e/m ² year	ENERGY INTENSITY kWh/m ² year
2024	32,5	154,7
2030	16,9	107,7
2040	2,6	75,0
2050	0,6	75,0

managed heritage, especially when there are historic buildings or buildings located in the central areas of European cities, where about 75% of the building stock is not energy-efficient (Figs. 1, 2, 3).

According to CRREM's projections, in order to be consistent with the targets of the Paris Agreement, and so as not to risk marginalisation on the ad-

vanced tertiary sector's real estate market, office buildings should significantly reduce their emissions in coming decades (ENEA, 2024). To this end, CRREM (Fig. 4) is configured as a tool to verify the path of decarbonisation and reduction of energy consumption (Tab. 1) that identifies certain key moments for the GHG emissions targets between 2024 and 2050.

Contenuti, metodi e risultati della ricerca operativa

Il comparto immobiliare oggetto di studio costituisce un campione rappresentativo di edifici a prevalente destinazione direzionale, localizzati principalmente a Roma e Milano, nei tessuti insediativi della città consolidata, caratteristici delle grandi aree metropolitane presenti sul territorio nazionale, come Firenze, Torino, Palermo e Genova, composto da edifici di pregio, soggetti a vincolo storico-culturale come da D. Lgs 42/2004, ovvero dotati di un valore testimoniale intrinseco per localizzazione, qualità architettonica o vocazione d'uso, nonché da immobili che, pur collocandosi in ambiti periferici tipici della città in trasformazione o in espansione, hanno un valore patrimoniale tale da giustificare e da consentire di identificare in modo significativo i benefici di una potenziale riqualificazione energetico-ambientale, sia in termini di decarbonizzazione, che di posizionamento sul mercato.

La valutazione di fattibilità tecnico-economica degli interventi di riqualificazione energetico-ambientale ipotizzabili su un campione così eterogeneo – per localizzazione, periodo di costruzione e presenza di vincoli eventuali, destinazione d'uso prevalente, estensione e consistenza energetico-ambientale – si è basata su una conoscenza profonda delle caratteristiche architettoniche e tipologico-funzionali dei manufatti, delle peculiarità tecnico-costruttive e impiantistiche, dello stato di manutenzione degli immobili e di tutte le componenti che concorrono alla definizione del valore del bene e del suo rendimento potenziale.

L'analisi dello stato di fatto del campione di immobili, avvenuta tramite metodi di *desk research* e sopralluoghi in loco, ha por-

tato all'individuazione di tre famiglie di interventi percorribili singolarmente o in modalità integrata:

1. la riqualificazione mirata al miglioramento della prestazione energetico-ambientale degli edifici operando principalmente sulle componenti di involucro (opaco e/o trasparente) per ridurre i fabbisogni energetici;
2. l'ottimizzazione dei consumi, attraverso interventi sulle componenti impiantistiche e sui sistemi di controllo e gestione BMS (*Building Management System*);
3. il miglioramento del mix energetico che deriva dall'inserimento di fonti rinnovabili da produzione per autoconsumo locale o collegabili in rete con altri complessi edilizi o soggetti gestori.

Per ogni immobile è stata predisposta una matrice di valutazione complessa *performance-based* che ha permesso di individuare la migliore strategia di intervento da applicare, tenuto conto delle caratteristiche peculiari dell'edificio, del comportamento energetico attuale e delle condizioni di conservazione, manutenzione e gestione del bene. Le famiglie di interventi ipotizzate, oltre a garantire il raggiungimento di elevati target energetico-ambientali, hanno mostrato significative potenzialità di promozione di processi migliorativi della qualità della vita degli utenti finali (come ad esempio il benessere e comfort ambientale, o l'aumento della produttività) anche laddove il modello d'uso non subisce trasformazioni, o in assenza di una diretta vocazione sociale degli immobili considerati.

Sono stati quindi determinati due indicatori chiave di performance (*KPIs* – *Key Performance Indicators*) utili a circoscrivere e a valutare gli interventi di riqualificazione efficaci dal punto di vista energetico-ambientale:

Content, methods and results of the operational research

The real estate sector being studied is a representative sample of prevalently executive buildings located mainly in Rome and Milan, in the settlement fabrics of the consolidated city, and typical of large metropolitan areas in the national territory, like Florence, Turin, Palermo, and Genoa. This sector, which counts prized buildings subject to historical/cultural restrictions as per Legislative Decree no. 42/2004, or endowed with an intrinsic monumental or historic value due to their location, architectural quality, or intended use, as well as buildings that, although in the peripheral settings typical of the transforming or expanding city, have a heritage value that justifies and makes it possible to significantly identify the benefits of potential energy/environmental requalification,

in terms of both decarbonisation and market position.

The assessment of the technical and economic feasibility of energy/environmental requalification interventions that may be supposed on a sample so heterogeneous (in terms of location, time of construction and presence of any constraints, prevailing use, size, and energy/environmental content) was based on profound knowledge of the architectural and typological/functional characteristics of the buildings, the particular technical/construction and plant characteristics, the buildings' state of maintenance, and all the components that go towards defining the asset's value and its potential performance.

The analysis of the actual state of the sample of buildings, which took place through "desk research" methods and on-site inspections, resulted in the

identification of three families of interventions that could be implemented one by one or in integrated fashion:

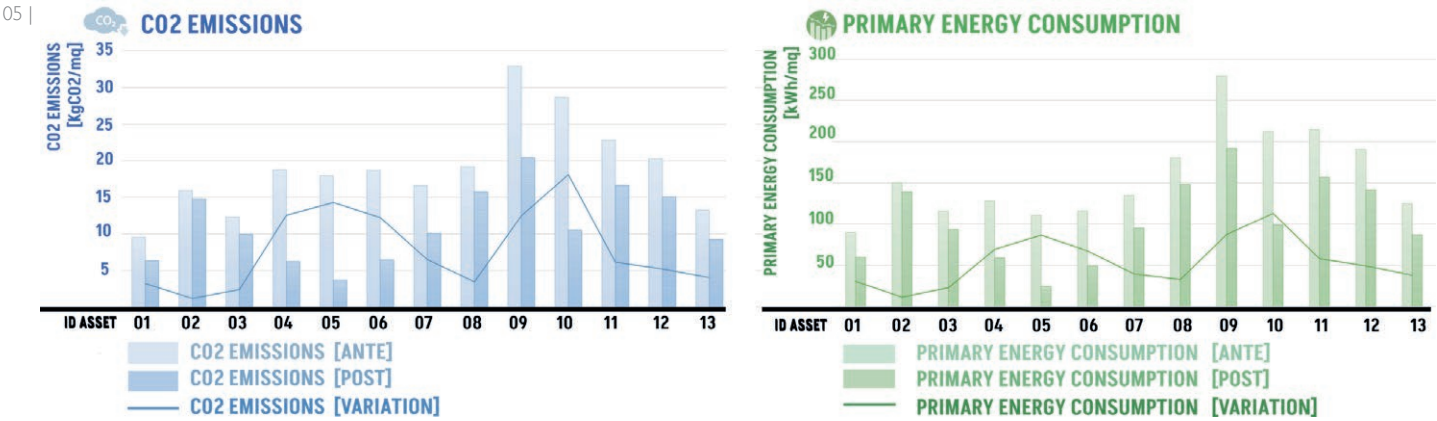
1. requalification aimed towards improving the buildings' energy/environmental performance, operating mainly on the envelope components (opaque and/or transparent) to reduce their energy requirements;
2. optimisation of consumption through interventions on the plant components and on the Building Management System (BMS);
3. improvement of the energy mix resulting from the introduction of renewable sources derived from the production for local self-consumption or that can be networked with other building complexes or management entities.

A complex, performance-based assessment matrix was put in place for

each building, making it possible to identify the best intervention strategy to be applied, while taking account of the building's particular features, the current energy behaviour, and the conditions of the asset's conservation, maintenance, and management. The supposed intervention families, in addition to guaranteeing the attainment of high energy/environmental targets, have shown significant potential for promoting processes improving the quality of life of the final users (such as, for example, well-being and environmental comfort, or increased productivity), also where the use model undergoes no transformations, or in the absence of a direct social use of the buildings taken into consideration. The Key Performance Indicators (KPIs) of use for circumscribing and assessing the effective requalification interventions from the energy/envi-

05 | Grafico relativo alla riduzione delle emissioni di CO₂ (KPI1) e dei consumi di energia primaria (KPI2) degli asset considerati nella ricerca operativa. Elaborazione degli autori
Trend chart of the reduction of CO₂ emissions (KPI1) and of primary energy consumption (KPI2) of the assets considered in the operative research. Elaboration by the authors

Tab. 02 | Valori di riduzione delle emissioni di CO₂ (KPI1) e dei consumi di energia primaria (KPI2) ante e post degli asset considerati nella ricerca operativa. Elaborazione degli autori
Values of reduction of CO₂ emissions (KPI1) and of primary energy consumption (KPI2), before and after, of the assets considered in the operative research. Elaboration by the authors



- KPI1) la riduzione delle emissioni di CO₂;
- KPI2) il miglioramento della prestazione energetico-ambientale (Fig. 5), in termini di livello di classe energetica raggiunta e di abbassamento dei consumi complessivi (Tab. 2).

La fase di valutazione economico-finanziaria, oltre a fornire una disamina complessiva dei costi di riqualificazione ed efficientamento energetico e dei quadri economici derivanti dalle categorie di interventi proposte, seguendo la scomposizione in elementi tecnologici e in componenti o sistemi impiantistici, secondo valori parametrici⁸, è stata orientata a identificare la migliore strategia di transizione per la decarbonizzazione del campione di edifici oggetto di studio, secondo il DT (*Decarbonization Target*) CRREM, nella prospettiva della neutralità carbonica del singolo bene e dell'intero portafoglio immobiliare (Bienert *et al.*, 2024).

La commistione di molteplici aspetti valutativi e di *accountability* ha portato, quindi, alla definizione di uno strumento di supporto decisionale DSS (*Decision Support System*) basato su matrici multi-criteriali e algoritmi di analisi di natura finanziaria utile a definire le priorità di intervento sugli immobili considerati, in relazione alle loro specificità e al comportamento energetico-ambientale, coniugando i target di decarbonizzazione con gli obiettivi strategici di riqualificazione in chiave ESG. La prioritizzazione tra alternative – nella fattispecie gli asset d'intervento – è stata condotta tramite il DSS che opera aggregando i KPIs di performance ESG ed i livelli normalizzati economico-finanziari per asset e procedendo conseguentemente al loro ordinamento.

L'algoritmo sviluppato secondo principi di compensazione (*trade-off*) multi-obiettivo ha consentito di determinare la strategia

di attività ottimale sul portfolio analizzato, secondo criteri di priorità degli interventi sui singoli edifici e sull'intero comparto immobiliare, tali da soddisfare al contempo traguardi di decarbonizzazione, retrofit energetico e resilienza economica e finanziaria del portafoglio gestito, ovvero di identificare la soluzione di compromesso migliore tra target ambientali ed economici, anche in funzione dei tempi di ritorno previsti negli scenari valutati.

Stante gli obiettivi da soddisfare, ovvero minimizzare i costi totali di retrofit energetico, ottimizzare il tempo di ritorno dell'investimento in un intervallo temporale il più contenuto possibile, garantire una produzione di GHG totale all'anno per effetto delle azioni di valorizzazione energetica degli edifici secondo il DT CRREM, l'algoritmo implementato ha restituito diverse soluzioni. Rispetto al DT CRREM 2024 (condizione attuale), si evince che l'algoritmo premia gli asset con costi di investimento e tempi di ritorno più contenuti, perseguendo obiettivi esclusivamente di natura finanziaria. Se si considerano i target più stringenti del DT CRREM 2030, i criteri ambientali diventano cogenti, riconoscendo una maggiore importanza agli asset in grado di soddisfare i target di decarbonizzazione, ovvero con produzioni di CO₂ più ridotte. L'elaborazione condotta temperando nel modello il peso della riduzione di emissioni di CO₂ tra situazione *ante* e *post* intervento pone in risalto, infine, come la struttura matematica dell'algoritmo sia in grado di cogliere le maggiori rilevanze nella definizione dell'ordinamento finale, laddove l'asset è caratterizzato da una riduzione di emissioni di CO₂ maggiormente performante (Tajani *et al.*, 2024).

they allowed the best compromise between environmental and economic targets to be identified also as a function of the investment return times foreseen in the assessed scenarios. Given the objectives to be met (which is to say minimising the total costs for energy retrofit, optimising the investment's return time within the shortest possible time frame, and guaranteeing a total yearly GHG production as an effect of the actions of energy enhancement of the buildings in accordance with the CRREM DTs), the implemented algorithm provided a variety of solutions. With respect to the 2024 CRREM DT (current condition), it may be seen that the algorithm rewards the assets with more contained investment costs and return times by pursuing objectives exclusively financial in nature. When considering the more stringent 2030 CRREM DTs,

the environmental criteria become binding, giving greater importance to the assets capable of meeting the decarbonisation targets, which is to say with lower CO₂ production. Lastly, the processing performed with the model tempering the weight of the reduction of CO₂ emissions between the pre-intervention and post-intervention situation emphasises how the algorithm's mathematical structure can grasp the elements of greatest importance in defining the final order, in which the asset is characterised by a more highly performing reduction of CO₂ emissions (Tajani *et al.*, 2024).

Scenarios of innovation and technology transfer in support of evaluation and decision-making processes

The technical/economic feasibility verifications that were performed have allowed the critical areas and

the potential for transformation and enhancement, with a view to ESG, of the heritage in question to be highlighted, upon preliminarily defining the boundaries of the "transition costs" for each asset⁹. The interventions identified as feasible were selected to minimise the impact on the buildings' ordinary management, and to reduce the potential interference with the tenants' activities, simulating a condition of continuity in the lease agreements existing in the considered buildings. The scenario simulations created offer an adequate support for the choice of the energy/environmental improvement and enhancement strategies that are most effective for maintaining/improving the profitability of the individual assets, for guaranteeing the portfolio's greater financial resilience, and for setting up a path of responsible implementation of the internal poli-

cies of governance (G) in relation to the environmental (E) and social (S) aspects connected with the economic enhancement of the managed heritage. The verification of the results of this study, carried out on two levels, which is to say in relation to the yearly CRREM DTs and to the financial enhancement of the analysed buildings, allowed an evaluation and decision-making model to be built with high potential for transfer to and repeatability in other usage settings. The conventional representation of KPIs clarifies the result relating to the gain obtained in terms of reducing greenhouse emissions and containing energy consumption, providing a reliable base to verify preliminary requirements for accessing any certification paths that are more widespread on a national and international level, as well as the definition of ESG ratings of the

Scenari di innovazione e trasferimento tecnologico a supporto di processi valutativi e decisionali

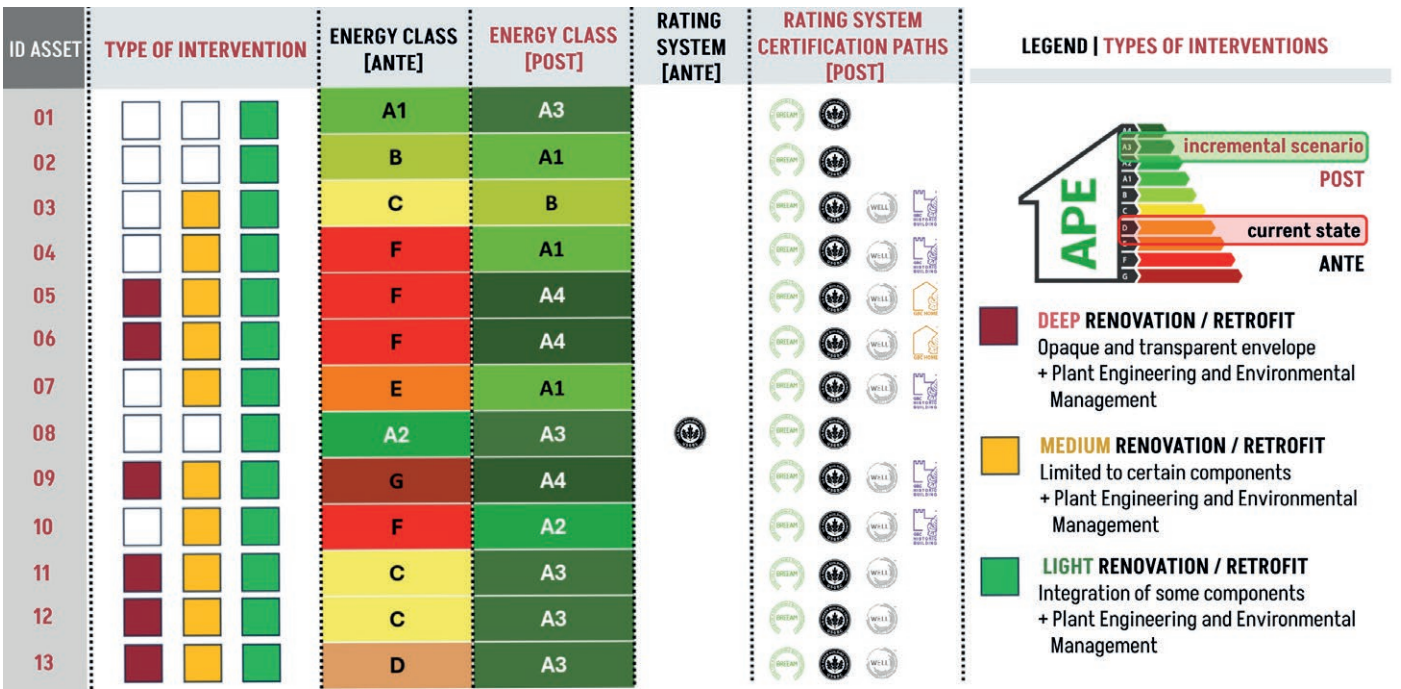
ottica ESG del patrimonio in questione, a fronte di una perimetrazione preliminare dei “costi di transizione” per ogni asset⁹. Gli interventi individuati come percorribili sono stati selezionati per minimizzare l’impatto sulla gestione ordinaria degli edifici e per ridurre la potenziale interferenza con le attività dei *tenant*, simulando una condizione di continuità dei contratti di locazione in essere negli immobili considerati. Le simulazioni di scenario elaborate rappresentano un adeguato supporto alla scelta delle strategie di valorizzazione e di miglioramento energetico-ambientale più efficaci per il mantenimento/miglioramento della redditività dei singoli *asset*, per la garanzia di una maggiore resilienza finanziaria del portfolio e per poter impostare un percorso di implementazione responsabile delle *policies* interne di *governance* (G) in relazione ad aspetti ambientali (E) e sociali (S) connessi con la valorizzazione economica del patrimonio gestito. La verifica degli esiti di questo studio portate avanti su due livelli, ovvero in relazione ai DT CRREM annuali e alla valorizzazione finanziaria degli edifici analizzati, ha consentito la costruzione di un modello valutativo e decisionale con alte potenzialità di trasferimento e ripetibilità ad altri contesti d’uso.

Le verifiche di fattibilità tecnico-economica svolte hanno permesso di evidenziare le criticità e le potenzialità trasformatrice e di valorizzazione in

La rappresentazione convenzionale dei KPIs rende più evidente il risultato relativo al guadagno ottenuto in termini di riduzione di emissione di gas climalteranti e di contenimento dei consumi energetici, fornendo una base affidabile per la verifica dei requisiti preliminari per accedere eventualmente ai percorsi di certificazione maggiormente diffusi a livello nazionale e internazionale e alla definizione del rating ESG del singolo asset e del portafoglio del fondo. Gli interventi di riqualificazione pesante sono quelli che massimizzano il miglioramento delle prestazioni del sistema edificio-impianto, e che consentono di ottenere un incremento di prestazione e quindi di classe energetica molto robusto. Gli interventi di medio e minimo impatto vanno a completare, a integrare o sostenere performance energetico-ambientali già molto elevate, rappresentando gli unici realizzabili in contesti particolarmente complessi o vincolati. Il valore medio di miglioramento di emissioni di CO₂ e di riduzione dei consumi energetici sull’intero portafoglio, risente, infine, della presenza positiva di alcuni asset che già risultano in buone, se non in ottime condizioni energetico-ambientali, in alcuni casi anche certificati con protocolli di rating di medio-alto livello (Fig. 6). Con riferimento ai risultati della ricerca nell’ottica della decarbonizzazione e della trasformazione ESG del patrimonio immobiliare è possibile affermare che:

- i *target* CRREM sono certamente raggiungibili, o con interventi di riqualificazione totale degli edifici o di adeguamento parziale, organizzati secondo una programmazione

06 |



temporale più lunga, ma meno impattante sulla gestione delle locazioni in essere;

- l'insieme degli interventi individuati permette un miglioramento robusto del profilo di efficienza energetica del patrimonio gestito;
- gli asset analizzati, in relazione alle loro specificità tecnico-costruttive e di utilizzo possono essere candidati ad uno o più processi di certificazione, soprattutto se questi vengono applicati contestualmente alla progettazione degli interventi di riqualificazione e implementati in fase di realizzazione e quindi di gestione operativa degli edifici, con il coinvolgimento della *governance* della struttura di committenza e dei singoli tenant;
- l'insieme degli interventi proposti permette il soddisfacimento della quasi totalità del sistema di requisiti generato dalla Tassonomia Ambientale, mentre alcuni, in particolare quelli che hanno ricadute dirette sulla qualità della vita degli utenti finali e degli operatori, permettono il soddisfacimento parziale dei criteri della Tassonomia Sociale, ancora in corso di definizione;
- l'attivazione in fase di progettazione/realizzazione di processi di certificazione ambientale concorrerebbe in modo sostanziale all'implementazione di molti aspetti ricadenti nel perimetro della Tassonomia Ambientale e Sociale, prefigurando, con l'attivazione di policies di *governance* efficaci, uno scenario virtuoso di potenziamento dei risultati in chiave di decarbonizzazione, anche in riferimento al posizionamento atteso del patrimonio gestito in termini di SFDR e di valutazione GRESB (*Global Real Estate Sustainability Benchmark*).

individual asset and of the fund's portfolio. Heavy requalification interventions maximise the improvement of the performance of the building/plant system, and allow an increased performance – precisely a more robust energy class – to be attained. Medium-impact and minimum-impact interventions complete, supplement, or support energy/environmental performance that is already very high. They are the only ones that can be carried out in particularly complex or restricted settings. Lastly, the average value of improvement of CO₂ emissions and of reduction of energy consumption is impacted by the positive presence of certain assets that are already in good if not optimal energy/environmental conditions, in some cases also certified with medium/high level rating protocols (Fig. 6). With reference to the results of the research with a view to decarbonisation

and the ESG transformation of the building stock, it may be stated that:

- the CRREM targets are certainly attainable, either with interventions of total requalification of buildings or of partial adjustment, organised along a longer time frame, but with less impact on the management of the existing leases;
- the set of identified interventions permits a solid improvement of the managed heritage's energy efficiency profile;
- the analysed assets, in relation to their specific technical/construction and use characteristics, may be eligible for one or more certification processes, especially if these are applied along with the planning of the requalification interventions, and implemented in the phase of the buildings' development and then of their operative management, involving the govern-

Conclusioni e aperture future

interdisciplinari, ponendosi quale operazione virtuosa di formazione, consolidamento e trasferimento tecnologico di contenuti teorici e competenze tecniche volte a tracciare nuovi scenari di decarbonizzazione e di valorizzazione per l'ambiente costruito. La decarbonizzazione costituisce il parametro chiave con cui orientare le scelte strategiche del committente in merito alla tipologia e alla distribuzione temporale degli interventi di miglioramento energetico-ambientale da proporre e implementare, prima ancora del risultato in termini di prestazione energetica pura, spesso difficile o molto oneroso da raggiungere, soprattutto in caso di interventi sul patrimonio storico o sul moderno di pregio. A sostegno di questo assunto, risulta indispensabile sottolineare che l'abbattimento della CO₂, parametro non condizionato dall'evoluzione dei differenti sistemi normativi concorrenti o dalle metodiche di calcolo utilizzate per la valutazione di interventi di riqualificazione energetico-ambientale, rappresenta l'indicatore più significativo, largamente riconosciuto dalle politiche e dalle normative comunitarie in materia di finanza sostenibile, su cui impostare le valutazioni preliminari a supporto della programmazione tecnico-economica e della progettazione nell'ambito della gestione immobiliare.

La consapevolezza che l'azione di riqualificazione energetico-ambientale di un asset o di un patrimonio immobiliare non è sufficiente, da sola, a sostenerne la sua valorizzazione economica e a giustificare l'investimento all'origine dell'attività edilizia, apre un campo di indagine inedito. La possibilità di attivare

La ricerca ha portato all'implementazione di un *know-how* avanzato di conoscenze

ance of the customer structure and of the individual tenants;

- the set of proposed interventions allows nearly the entirety of the system of requirements generated by the Environmental Taxonomy to be satisfied, while some, in particular those that have a direct impact on the quality of life of the final users and of the operators, allow the criteria of the Social Taxonomy, still being defined, to be partially met;
- activation in the phase of planning/carrying out environmental certification processes would make a substantial contribution towards the implementation of many aspects falling within the perimeter of the Environmental and Social Taxonomy, heralding, with the activation of effective governance policies, a virtuous scenario of strengthening the results with a view to decarbonisa-

tion, also with reference to the managed heritage's expected position in terms of SFDR and GRESB (Global Real Estate Sustainability Benchmark) assessment.

Conclusions and future possibilities

The research led to the implementation of an advanced apparatus of interdisciplinary knowledge, becoming a virtuous operation of training, consolidation, and technology transfer of theoretical content and technical skills aimed at outlining new decarbonisation and enhancement scenarios for the built environment. Decarbonisation is the key parameter with which to guide the customer's strategic choices as relates to the type and distribution over time of the energy/environmental improvement interventions to be proposed and implemented, even before the result in terms of pure en-

percorsi di transizione in chiave ESG è fortemente correlata alla capacità dei soggetti gestori di investire in interventi di riqualificazione energetico-ambientali in grado di rispondere in modo efficace alle istanze internazionali del sistema finanziario, secondo approcci tali da garantire al contempo la sostenibilità ambientale, sociale e di *governance*, attraverso indicatori riconoscibili e verificabili che superano il parametro economico del tempo di ritorno economico come misura della affidabilità dell'investimento, affiancando a quest'ultimo la prospettiva di durabilità nel tempo della riduzione dell'impronta di carbonio degli edifici, attraverso analisi CRREM.

Pur rispondendo ad esigenze peculiari dello specifico campione immobiliare analizzato, le metodologie sviluppate e i risultati ottenuti sono potenzialmente trasferibili ad altri contesti d'uso e tessuti insediativi, nonché a differenti comparti edilizi e soggetti gestori immobiliari. Gli esiti della ricerca sono di particolare interesse per la comunità scientifica, impegnata nello sviluppo di conoscenze teoriche, volte a delineare possibili scenari di innovazione nella ricerca in questo campo e nell'implementazione di metodologie operative potenzialmente trasferibili ad altri settori produttivi, come agli operatori del settore, più specificatamente alle professionalità operanti nel *Real Estate*, nei Fondi Immobiliari e nelle SGR, ma anche ai gestori del patrimonio pubblico, coinvolti in operazioni di investimento, programmazione, progettazione e realizzazione di interventi, nonché nelle fasi di gestione e di valorizzazione immobiliare, in direzione ESG. L'indotto della ricerca è misurabile, quindi, in termini di impatto che la rigenerazione può avere sia in qualità di valorizzazione economica che di decarbonizzazione dell'ambiente costruito, a seguito di operazioni

ergy performance – achieved often with difficulty or at great expense, especially in the case of interventions on historical or prized modern heritage. In support of this assumption, it must be said that the elimination of CO₂, a parameter not conditioned either by the evolution of the different competing regulatory systems or by the calculation methods used to assess energy/environmental requalification interventions, is the most significant indicator, widely recognised by policies and by EU regulations in the matter of sustainable finance, upon which to base the preliminary assessments in support of the technical/economic programme and of the planning in the context of real estate management. Awareness that the action of the energy/environmental requalification of an asset or of a building stock is not in itself enough to support its economic exploi-

tation or to justify the investment at the origin of the construction activity opens a wholly new field of investigation. The possibility of activating transition paths with a view to ESG is highly correlated with the ability of the managing parties to invest in energy/environmental requalification interventions able to respond effectively to the financial system's international demands. This is to be done in accordance with approaches that guarantee environmental, social, and governance sustainability at the same time, using recognisable and verifiable indicators that go beyond the economic parameter of economic return time as a measure of the investment's reliability. Indeed, the latter must be accompanied by the prospect, using CRREM analyses, that the reduction of the buildings' carbon footprint will be durable over time. Albeit while responding to particular

puntuali e sinergiche di efficientamento energetico-ambientale su edifici singoli e su interi parchi immobiliari, secondo i principi aggiornati e avanzati della finanza sostenibile, tenuto conto delle istanze e dei criteri di natura sociale (Confindustria Assoimmobiliare, 2024) e dei processi innovativi in termini di *governance* attivabili.

ATTRIBUZIONE E RICONOSCIMENTI

La ricerca operativa è il risultato dell'accordo di collaborazione scientifica sviluppata nell'ambito dell'attività Conto Terzi: "Strategie sostenibili di valorizzazione del patrimonio gestito. Percorsi di transizione energetica ambientale per la rigenerazione del patrimonio immobiliare". Per Fabbrica Immobiliare SGR S.p.A. Amministratore Delegato Avv. Giovanni Maria Benucci, Responsabile ESG Manager Dott. Lelio Mazzarella e Responsabili scientifici: Prof. ssa Carola Clemente, Prof. Eugenio Arbizzani (DiAP Sapienza Università di Roma). Gruppo di lavoro: Prof. Francesco Tajani, Prof. Francesco Sica (U.O. ICAR/22); Prof. Francesco Mancini (U. O. Ing-Ind/11), PhD Anna Mangiatordi (U.O. ICAR/12) con il contributo dei dottorandi dei SSD di riferimento. Soggetti coinvolti: Sapienza Università di Roma, Dipartimento DiAP; Fabbrica Immobiliare SGR S.p.A..

L'articolo è stato redatto in collaborazione paritetica da tutti gli autori.

NOTE

¹ Regolamento (UE) 2019/2088 (SFDR), del Parlamento Europeo e del Consiglio del 27 novembre 2019 relativo all'informativa sulla sostenibilità nel settore dei servizi finanziari. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/2088/oj/eng>

² Regolamento Delegato (UE) 2020/852 (Regolamento Tassonomia) del Parlamento europeo e del Consiglio del 18 giugno 2020 relativo all'istituzione di un quadro che favorisce gli investimenti sostenibili e recante modifica

needs of the specific analysed real estate sample, the developed methods and the obtained results can potentially be transferred to different use contexts and settlement fabrics, as well as to different construction sectors and real estate management parties. The results of the research are of particular interest to the scientific community engaged in the development of theoretical knowledge aimed at outlining scenarios of possible innovation in research in this field and in the implementation of operating methods potentially transferable to other productive sectors, such as to industry operators and more specifically to professionals operating in real estate, real estate funds, and asset management companies, but also to the managers of the public heritage, involved in operations of investment, programming, planning, and development of inter-

ventions, as well as in the phases of real estate management and enhancement towards ESG. The research's contribution can, therefore, be measured in terms of impact that regeneration can have, from the perspective of both economic exploitation and of decarbonisation of the built environment, following targeted, synergistic energy/environmental efficiency operations on individual buildings and on entire real estate holdings, in accordance with the updated and advanced criteria of sustainable finance, taking account of the social criteria and demands (Confindustria Assoimmobiliare, 2024), and of the innovative processes that can be activated as relates to governance.

ATTRIBUTION AND ACKNOWLEDGEMENTS

The operative research is the result of the scientific collaboration agree-

del regolamento (UE) 2019/2088. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020R0852>

³ Regolamento Delegato (UE) 2022/1288 («RTS») della Commissione del 6 aprile 2022 che integra il Regolamento (UE) 2019/2088 del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda le norme tecniche di regolamentazione che specificano i dettagli del contenuto e della presentazione delle informazioni relative al principio «non arrecare un danno significativo». Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2022/1288/oj/eng

⁴ Regolamento Delegato (UE) 2021/2139 che stabilisce i criteri di vaglio tecnico anche per il settore «edilizia e real estate». Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R2139>

⁵ Il primo *Global Stocktake* è stato redatto in occasione della COP28 nel 2023, dal quale emerso che gli obiettivi definiti dall'Agenda 2030 sono stati soddisfatti solo parzialmente. Cfr. UN Climate Change, *Global Stocktake*. Available at: <https://unfccc.int/topics/global-stocktake>

⁶ Parere del Comitato economico e sociale europeo sul tema: «Tassonomia sociale — Sfide e opportunità». Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.C_.2022.486.01.0015.01.ITA&toc=OJ%3AC%3A2022%3A486%3ATOC

⁷ L'analisi CRREM fa riferimento alla valutazione del rischio di carbonio degli investimenti e consente di identificare possibili scenari di miglioramento e di riduzione a partire dalla considerazione del comportamento energetico dei singoli edifici o di interi portafogli immobiliari, definendo un percorso di decarbonizzazione in linea con gli obiettivi UE al 2050 relativi al contenimento del riscaldamento globale, basati su rapporti IPCC. Il *Carbon Risk Assessment* consente agli investitori di quantificare e di gestire lo *standing risk* all'interno dei propri portfolio, ovvero le potenziali svalutazioni dovute agli impatti diretti del cambiamento climatico e alla transizione verso una «economia a basse emissioni di carbonio». Cfr. <https://www.crrem.eu/>

⁸ I costi specifici dei progetti di retrofit energetico sugli asset di studio sono stati computati parametricamente, consultando fonti legislative di settore: in primis, sono stati mutuati i costi pubblicati nel Decreto del 14 febbraio 2022

sulla «Definizione dei costi massimi specifici agevolabili, per alcune tipologie di beni, nell'ambito delle detrazioni fiscali per gli edifici»; per gli interventi di *relamping*, i costi parametrici sono indicati nel Decreto del 16 febbraio 2016 recante «Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili»; per gli impianti fotovoltaici il costo parametrico è stimato mediante il Decreto Legge Rilancio 34/2020, aggiornato al 2023, articolo 119 (Incentivi per l'efficientamento energetico, sisma bonus, fotovoltaico e colonnine di ricarica di veicoli elettrici).

⁹ Come «costi di transizione» si intende la quota parte del costo di riqualificazione o rinnovo di un edificio finalizzati al soddisfacimento dei requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici, definiti nelle direttive EPDB, e al raggiungimento gli obiettivi di neutralità climatica entro il 2050.

REFERENCES

Bienert, S., Kuhlwein, H., Schmidt, Y., Gloria, B. and Agbayir, B. (2023), *Embodied Carbon of Retrofits. Ensuring the Ecological Payback of Energetic Retrofits*, Wörgl, Austria, available at: <https://www.crrem.eu/wp-content/uploads/2023/09/Report-Embodied-carbon-vs-operational-savings-Sep23.pdf> (Accessed on 07/03/2025).

Butera, F. (2021), *Affrontare la complessità. Per governare la transizione ecologica*, Edizioni Ambiente, Milano.

Confindustria Assoimmobiliare (2024), *La "S" di ESG. Misurare il Valore Sociale generato dagli investimenti Real Estate*, available at: https://www.assoimmobiliare.it/wp-content/uploads/2024/06/LA-_S_-DI-ESG-1.pdf. (Accessed on 14/05/2025).

Direttiva EU 2022/2464 CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive), available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj/eng> (Accessed on 07/03/2025).

Direttiva EU 2024/1760 CSDDD (Corporate Sustainability Due Diligence Directive), available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401760 (Accessed on 07/03/2025).

ment developed in the context activity on behalf of third parties: "Strategie sostenibili di valorizzazione del patrimonio gestito. Percorsi di transizione energetica ambientale per la rigenerazione del patrimonio immobiliare" ("Sustainable strategies for development of the managed building stock. Energy and environmental transition paths for the regeneration of real estate assets"). For Fabbrica Immobiliare SGR S.p.A., its CEO Avv. Giovanni Maria Benucci; ESG Manager Dr. Lelio Mazzarella, and principal investigators: Prof. Carola Clemente, Prof. Eugenio Arbizzani (Department of Architecture and Design – DiAP – Sapienza University, Rome, Italy). Working group: Prof. Francesco Tajani, Prof. Francesco Sica (O.U. ICAR/22); Prof. Francesco Mancini (O.U. Ing-Ind/11), PhD Anna Mangiatordi (O.U. ICAR/12) with the contribution

of the doctoral candidates in the scientific/disciplinary sectors of reference. Involved parties: Sapienza University, Rome, Italy, Department of Architecture and Design (DiAP); Fabbrica Immobiliare SGR S.p.A.

The article was drafted by all the authors in equal parts.

NOTES

¹ Regulation (EU) 2019/2088 (SFDR) of the European Parliament and of the Council of 27 November 2019 on sustainability-related disclosures in the financial services. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/2088/oj/eng>

² Regulation (EU) 2020/852 (Taxonomy Regulation) of the European Parliament and of the Council of 18 June 2020 on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment and amending Regulation (EU)

2019/2088. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020R0852>

³ Commission Delegated Regulation (EU) 2022/1288 ("RTS") of 6 April 2022 supplementing Regulation (EU) 2019/2088 of the European Parliament and of the Council with regard to regulatory technical standards specifying the details of the content and presentation of the information in relation to the principle of "do no significant harm." Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2022/1288/oj/eng

⁴ Commission Delegated Regulation (EU) 2021/2139, which establishes the technical screening criteria also for the "construction and real estate" sectors. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R2139>

⁵ The first *Global Stocktake* was drawn up on the occasion of COP28 in 2023,

which showed that the targets defined by the 2030 Agenda were only partially met. Cf. UN Climate Change, *Global Stocktake*. Available at: <https://unfccc.int/topics/global-stocktake>

⁶ Opinion of the European Economic and Social Committee on Social taxonomy — Challenges and opportunities. Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.C_.2022.486.01.0015.01.IT&toc=OJ%3AC%3A2022%3A486%3ATOC

⁷ The CRREM analysis refers to the assessment of the investments' carbon risk and allows possible improvement and reduction scenarios to be identified starting from consideration of the energy behaviour of individual buildings or of entire real estate portfolios, defining a decarbonisation path in line with the EU 2050 objectives relating to containing global warming,

EC (2018), *Piano d'azione per finanziare la crescita sostenibile*, Bruxelles, 8.3.2018, COM(2018) 97 final, available at : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0097> (Accessed on 07/03/2025).

ENEA (2024), *Uffici, Quaderni di efficienza energetica*, available at: <https://www.pubblicazioni.enea.it/download.html?task=download.send&id=709:uffici-quaderni-dellefficienza-energetica&catid=3> (Accessed on 07/03/2025).

EU (2019), *The European Green Deal*, Bruxelles 11.12.2019, COM (2019) 640 final, available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN> (Accessed on 07/03/2025).

Fabrica Immobiliare SGR (2024), *Bilancio di sostenibilità 2024*, available at: https://www.fabricasgr.com/wp-content/uploads/2025/04/Fabrica-BdS-2024-final_ITA.pdf (Accessed on 14/05/2025).

Ladu, M. and Micelli, E. (2023), “Valori e metriche del costruito per la progettazione sostenibile e circolare della città”, in Galderisi A., Mininni M., Presta I.G. (Ed.) *La declinazione della sostenibilità ambientale nella disciplina urbanistica*, Atti della XXIV Conferenza Nazionale SIU ‘Dare valore ai valori in urbanistica’, Brescia, 23-24 giugno 2022, vol. 03, pp. 100-108, available at: <http://www.planum.net/atti-della-xxiv-conferenza-nazionale-siu-volume-tre-gladerisi-mininni-presta> (Accessed on 07/03/2025).

Paganin, G. (2021), “Finanza sostenibile e industria delle costruzioni: nuovi paradigmi per lo sviluppo dei progetti”, *TECHNE*, Vol. 22, pp. 79-85, available at: <https://oaj.fupress.net/index.php/techne/article/view/10600/10334> (Accessed on 07/03/2025).

Regolamento 2023/2631 Eu Green Bond, available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=CELEX:32023R2631> (Accessed on 07/03/2025).

Scenari Immobiliari (2024), *I fondi immobiliari in Italia e all'estero*, 44^a edizione, Rapporto 2024, available at: <https://www.scenari-immobiliari.it/shop/i-fondi-immobiliari-in-italia-e-allestero-rapporto-2024/> (Accessed on 07/03/2025).

based on the IPCC reports. The Carbon Risk Assessment allows investors to quantify and manage the standing risk within their own portfolios, which is to say the potential depreciation caused by the direct impact of climate change and by the transition towards a “low-carbon-emissions economy.” Cf. <https://www.crrrem.eu/>

⁸The specific costs of the energy retrofit projects on the assets in the study were parametrically calculated consulting sectoral legislative sources: firstly, the costs published in the Decree of 14 February 2022 on the “Definition of the maximum, specific costs that can be facilitated, for certain types of assets, in the context of the tax deductions for buildings” were adopted; for the relamping interventions, the parametric costs are indicated in the Decree of 16 February 2016 on “Updating the regulation for the incentivization of small-sized interventions to increase energy efficiency and for the generation of thermal energy from renewable resources”; for photovoltaic systems, the parametric cost is estimated using the Relaunch Decree Law no. 34/2020, updated to 2023, article 119 (Incentives for energy efficiency, earthquake bonus, photovoltaic, and electric vehicle recharging stations).

⁹The term “transition costs” is understood as the portion of a building’s cost of requalification or renovation aimed at meeting the minimum energy performance requirements for buildings as defined in the EPDB directives, and at reaching the climate neutrality targets by 2050.

Tajani, F., Sica, F., Clemente, C., and Arbizzani, E., (2024), “ESG in the real estate valuations. A portfolio selection model for energy retrofit programs”, *Valori e Valutazioni*, Vol 36, pp 29-41, available at: <https://doi.org/10.48264/VVSIEV-20243603> (Accessed on 07/03/2025).

Tartaglia, A., Babudri, M., Salucci, F., Pacini, R., Sereni, A. (2024), “Strumenti integrati per la promozione e il controllo della qualità del progetto”, *TECHNE*, Vol. 27, pp. 167-176, available at: <https://oaj.fupress.net/index.php/techne/article/view/15129/12716> (Accessed on 07/03/2025).