

La ristrutturazione edilizia secondo la Tassonomia dell'UE: un approccio metodologico per la verifica degli obiettivi di sostenibilità

The building renovation according to the EU Taxonomy: a methodological approach for the verification of sustainability goals

VALERIA NESCI¹ – ALICE GORRINO² – ILARIA BALLARINI¹

¹ *Dipartimento Energia, Politecnico di Torino, TO*

² *Edilclima s.r.l. – Engineering and Software, Borgomanero, NO*

RIASSUNTO

La Tassonomia dell'Unione Europea (UE), introdotta dal Regolamento UE 2020/852 con l'obiettivo di indirizzare gli investimenti finanziari verso le attività economiche ecosostenibili, è un sistema di classificazione unificato per le attività sostenibili, che non arrecano un danno significativo a nessuno degli obiettivi ambientali o sociali stabiliti nel Regolamento. Con le integrazioni introdotte dal Regolamento Delegato (UE) 2021/2139, vengono fissati i criteri di vaglio tecnico che consentono, tra l'altro, di determinare a quali condizioni si possa considerare che un'attività economica contribuisca in modo sostanziale agli obiettivi di mitigazione dei cambiamenti climatici e di adattamento agli stessi.

Nel presente lavoro i criteri di vaglio tecnico vengono applicati ad una ristrutturazione edilizia – inclusa tra le attività ecosostenibili del Regolamento – di un edificio residenziale costruito negli anni Settanta e sito a Novara, con l'obiettivo di definire una metodologia di valutazione di tali criteri, a partire dalle linee di indirizzo nazionali (Circolare del MEF n. 32/2021). Nello specifico è fornito un approccio metodologico operativo per verificare l'obiettivo di adattamento ai cambiamenti climatici. La metodologia proposta permette di testare una soluzione resiliente ai cambiamenti climatici (schermatura solare) e sviluppare analisi con proiezioni climatiche future sfruttando gli esiti della ricerca scientifica internazionale del settore.

SUMMARY

The European Union (EU) Taxonomy, introduced by the EU Regulation 2020/852 with the purpose of addressing financial investments to eco-sustainable economic activities, is a unified classification system for sustainable activities that do not cause significant harm to any of the environmental or social objectives established in the Regulation. With the additions introduced by the Delegated Act (EU) 2021/2139, technical criteria

La ristrutturazione edilizia secondo la Tassonomia dell'UE: un approccio metodologico per la verifica degli obiettivi di sostenibilità

are set. They allow, among other things, to determine under which conditions it is possible to consider that an economic activity substantially contributes to climate change mitigation and adaptation objectives. In this work, the technical criteria are applied to a building renovation – included among the eco-sustainable activities of the Regulation – of a residential building built in the 1970s and situated in Novara (Italy).

The aim is to define an evaluation methodology for these criteria, starting from the national guidelines (i.e., the Circular letter of the Ministry of Economy and Finance n. 32/2021). Specifically, a methodological approach is provided to verify the objective of adaptation to climate change. The proposed methodology allows for testing a climate-resilient technological solution (i.e., the solar shading) and developing analyses with future climate projections, taking advantage of international scientific research outcomes.

Parole chiave: sviluppo energetico sostenibile, interventi di riqualificazione energetica, politiche energetiche.

Key words: sustainable energy development, energy refurbishment actions, energy policies.

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, gli eventi estremi dovuti ai cambiamenti climatici hanno portato l'Unione Europea (UE) ad adottare politiche di mitigazione e ad incentivare azioni di adattamento a lungo termine. Tutte le politiche intraprese sono state accomunate dallo scopo di raggiungere la transizione verde, ovvero di rendere l'Europa sostenibile dal punto di vista energetico-ambientale e climaticamente neutra. Per conseguire tale transizione è necessario intervenire sui settori responsabili delle emissioni di gas ad effetto serra; tra di essi si annovera il settore edilizio, che è responsabile del 40% del consumo energetico dell'UE e del 36% delle emissioni di gas serra (Commissione Europea, 2020).

In riferimento a questi dati assume un ruolo di fondamentale importanza il tema della ristrutturazione edilizia, considerato come una delle migliori pratiche per contrastare la crisi climatica – oltre che energetica – e per promuovere il raggiungimento degli obiettivi politici a livello ambientale. Il conseguimento degli obiettivi potrà essere reso possibile dai finanziamenti, erogati sia a livello pubblico sia privato; l'assenza o la scarsità di risorse per finanziare la ristrutturazione degli edifici sono, infatti, tra i maggiori ostacoli al raggiungimento degli obiettivi dell'UE. A tal proposito lo stesso settore finanziario si è largamente allineato ai principi della sostenibilità – ovvero agli *ESG* (*Environmental, Social, Governance*) – tant'è che nel 2018 la Commissione Europea ha redatto un piano d'azione per finanziare la crescita sostenibile – noto come *Action Plan* (Commissione Europea, 2018) – il quale si pone tre obiettivi principali: i) riorientare i flussi di capitali verso investimenti sostenibili al fine di realizzare una crescita sostenibile e inclusiva; ii) gestire i rischi finanziari derivati dai cambiamenti climatici, l'esaurimento delle risorse, il degrado ambientale e le questioni sociali; iii) promuovere la trasparenza e la visione a lungo termine nelle attività economico-finanziarie.

Gli scopi dell'*Action Plan* si traducono nel 2020 con la redazione e la pubblicazione del Regolamento UE 2020/852 (Parlamento Europeo e Consiglio dell'UE, 2020) che istituisce la Tassonomia dell'Unione Europea, con l'obiettivo di sancire la creazione di un sistema di classificazione delle attività sostenibili.

1.1. La Tassonomia dell'Unione Europea

La Tassonomia dell'UE è regolamentata da due importanti documenti, il Regolamento (Reg.) UE 2020/852 (Parlamento Europeo e Consiglio dell'UE, 2020), che stabilisce i principi fondamentali per cui un'attività economica può essere considerata eco-sostenibile, e il Regolamento Delegato UE 2021/2139 (Commissione Europea, 2021) – noto anche come *Climate Delegated Act* – il quale fissa i criteri di vaglio tecnico che consentono di determinare a quali condizioni si possa considerare che un'attività economica contribuisca in modo sostanziale alla mitigazione dei cambiamenti climatici o all'adattamento ai cambiamenti climatici, e se non arrechi un danno significativo a nessun altro obiettivo ambientale. Il Regolamento delegato include le attività economiche facenti parte degli ambiti che si ritengono rilevanti per la neutralità climatica e per l'adattamento ai cambiamenti climatici, vale a dire i settori energetico, industriale, edilizio e dei trasporti.

Secondo il Reg. UE 2020/852, affinché un'attività economica venga considerata eco-sostenibile, essa deve soddisfare contemporaneamente i seguenti criteri:

- a) contribuire in modo sostanziale al raggiungimento di uno o più degli obiettivi ambientali del Regolamento;
- b) non arrecare un danno significativo a nessuno degli obiettivi ambientali del Regolamento (principio del DNSH – *Do No Significant Harm*);
- c) essere svolta nel rispetto delle garanzie minime di salvaguardia;
- d) essere conforme ai criteri di vaglio tecnico fissati dalla Commissione.

Il Reg. UE 2020/852 istituisce i seguenti sei obiettivi ambientali:

- la mitigazione dei cambiamenti climatici;
- l'adattamento ai cambiamenti climatici;
- l'uso sostenibile e la protezione delle acque e delle risorse marine;
- la transizione verso un'economia circolare;
- la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento;
- la protezione e il ripristino della biodiversità e degli ecosistemi.

Per gli obiettivi di mitigazione dei cambiamenti climatici e adattamento agli stessi, il Regolamento Delegato UE 2021/2139 fissa i criteri di vaglio tecnico specifici per ogni attività economica considerata. Tra le attività economiche coinvolte dalla Tassonomia rientra anche la ristrutturazione degli edifici. In questo contesto, l'obiettivo di mitigazione è orientato a ridurre le emissioni di gas serra e a limitare il più possibile l'aumento di temperatura; per adattamento, invece, si intende la capacità dell'edificio di mantenere inalterata o di adeguare la sua prestazione sotto l'effetto dei cambiamenti climatici.

1.2. Adozione della Tassonomia in ambito italiano

In Italia la Tassonomia sta trovando riscontro all'interno delle misure previste dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), in particolare in relazione ad uno dei suoi quattro principi cardine, ovvero il DNSH (*Do No Significant Harm*), come sancito dal Regolamento UE 2021/241 (Parlamento Europeo e Consiglio dell'UE, 2021).

Secondo quanto introdotto dalla Circolare n. 32 del Ministero dell'Economia e delle Finanze (MEF) (MEF, 2021a), tutte le misure del PNRR, nonché gli interventi da esso finanziati, devono essere conformi al principio DNSH, declinato sui sei obiettivi ambientali, come riportato nella Sezione 1.1.

Nello specifico, la Guida Operativa allegata alla Circolare n. 32 (MEF, 2021b), con

La ristrutturazione edilizia secondo la Tassonomia dell'UE: un approccio metodologico per la verifica degli obiettivi di sostenibilità

riferimento alle “ristrutturazioni e riqualificazioni di edifici residenziali e non residenziali”, individua, all'interno di un'apposita scheda (Scheda 2), i principi guida da rispettare affinché l'attività di ristrutturazione o di riqualificazione non comprometta il rispetto del principio DNSH; ad esempio, non vengono ammesse tutte quelle attività che comportano una produzione di gas ad effetto serra oltre i limiti di riferimento o che siano finalizzate alla produzione di combustibili fossili.

I principali criteri di verifica per la ristrutturazione edilizia riguardano gli obiettivi di mitigazione dei cambiamenti climatici e di adattamento; questi verranno approfonditi dal punto di vista metodologico nella Sezione 2.1 del presente articolo.

1.3. Scopo del lavoro

Nell'ambito della Tassonomia dell'UE e limitatamente alle attività di ristrutturazione e riqualificazione di edifici esistenti, il presente lavoro ha l'obiettivo di valutare l'applicabilità dei criteri di vaglio tecnico fissati dal Regolamento Delegato UE 2021/2139. Inoltre, traendo spunto dai contenuti della Guida Operativa allegata alla Circolare n. 32 del MEF, viene proposto un approccio metodologico volto a contribuire ad integrare le disposizioni nazionali, fornendo una modalità operativa per sviluppare le verifiche per gli obiettivi di mitigazione ed adattamento ai cambiamenti climatici. A tal fine vengono impiegati metodi e risultati derivanti da linee di ricerca condotte a livello internazionale sul tema.

I criteri di vaglio tecnico vengono applicati ad una ristrutturazione edilizia di un edificio residenziale costruito negli anni Settanta e sito a Novara, assunto come caso di studio. Mentre per l'obiettivo relativo alla mitigazione dei cambiamenti climatici, le verifiche da effettuarsi corrispondono a pratiche già consolidate volte al rispetto dei requisiti minimi di prestazione energetica stabiliti nei regolamenti edilizi in recepimento della Direttiva 2010/31/UE (*EPBD recast*), per l'obiettivo di adattamento ai cambiamenti climatici è invece necessario un maggior approfondimento in quanto la Guida Operativa del MEF riporta solo una linea di indirizzo.

La metodologia proposta nel presente articolo permette di approfondire l'obiettivo di adattamento ai cambiamenti climatici, testando soluzioni tecnologiche resilienti e sviluppando analisi energetiche con proiezioni climatiche future, al fine di valutare l'effetto dei cambiamenti climatici sulla prestazione energetica dell'edificio e l'efficacia delle soluzioni. La metodologia adotta tecnologie resilienti e scenari climatici futuri definiti e sviluppati nel progetto IEA EBC *Annex 80 - Resilient Cooling of Buildings*. Nello specifico, per l'edificio oggetto di studio, viene valutata l'efficacia di una schermatura solare in due periodi temporali di riferimento (2050 e 2090), andando a quantificare l'indice di prestazione energetica corrispondente al fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento e il raffrescamento nella località climatica di Roma.

2. METODOLOGIA

2.1. Approccio metodologico per gli obiettivi ambientali

Di seguito viene presentata la metodologia da applicare per l'attività economica relativa alle “ristrutturazioni e riqualificazioni di edifici residenziali e non residenziali” (MEF, 2021b) affinché la specifica attività possa contribuire agli obiettivi ambientali di mitigazione e di adattamento, e possa quindi essere passibile di finanziamento. A secon-

da dell'obiettivo ambientale che si vuole indagare, la procedura presenta alcune significative differenze nell'approccio, nel modello di calcolo adottato, nelle condizioni al contorno e nei parametri energetici da valutare.

Per l'*obiettivo mitigazione*, l'approccio metodologico si fonda sull'applicazione dei criteri di vaglio tecnico contenuti nel Regolamento Delegato (UE) 2021/2139 per la specifica attività, ed è volto a ridurre la domanda energetica e le emissioni di gas ad effetto serra associati. I criteri di vaglio tecnico si applicano alla ristrutturazione importante, come definita dalla Direttiva 2010/31/UE (Parlamento Europeo e Consiglio dell'UE, 2010), e corrispondente alla ristrutturazione importante di primo livello o di secondo livello, e alla demolizione e ricostruzione, disciplinate dal D.M. 26 giugno 2015 (D.M. *Requisiti minimi*; Repubblica Italiana, 2015).

Nel caso di ristrutturazione importante di primo livello, la ristrutturazione deve essere conforme ai requisiti stabiliti nel D.M. *Requisiti minimi* per questo tipo di intervento. Nel caso di ristrutturazione importante di secondo livello o riqualificazione energetica o servizio energia con obiettivo fissato di risparmio energetico, è richiesto un miglioramento relativo che corrisponde ad un risparmio nel fabbisogno di energia primaria non rinnovabile tra il 20% ed il 40% rispetto alla condizione dell'edificio prima della ristrutturazione o della riqualificazione (MEF, 2021b).

Per quanto riguarda l'*obiettivo adattamento*, allo stato attuale non viene fornita dalla Tassonomia una metodologia specifica da seguire per effettuare la verifica di soddisfacimento dell'obiettivo, in particolare non vi sono criteri di vaglio tecnico quantitativi a cui riferirsi, ma è perlopiù fornita una linea di indirizzo. La Guida Operativa allegata alla Circolare n. 32 del MEF specifica che per identificare i rischi climatici fisici rilevanti per l'investimento è necessario eseguire una solida valutazione del rischio climatico e della vulnerabilità. Nello specifico, la valutazione deve essere proporzionata alla scala dell'attività e alla sua durata prevista, in modo tale che per le attività con una durata di vita prevista superiore ai 10 anni, *“la valutazione viene eseguita utilizzando la più alta risoluzione disponibile, proiezioni climatiche allo stato dell'arte attraverso la gamma esistente di scenari futuri coerenti con la durata prevista dell'attività, inclusi, almeno, scenari di proiezioni climatiche da 10 a 30 anni per gli investimenti principali. Le proiezioni climatiche e la valutazione degli impatti si basano sulle migliori pratiche e sugli orientamenti disponibili e tengono conto dello stato dell'arte della scienza per l'analisi della vulnerabilità e del rischio e delle relative metodologie in linea con i più recenti rapporti del Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici, con le pubblicazioni scientifiche peer-reviewed e con modelli open source o a pagamento”* (MEF, 2021b). Inoltre, le soluzioni adattive – incluse le tecnologie resilienti – devono essere integrate in fase di progettazione ed implementate in fase realizzativa dell'investimento.

Nel presente lavoro si è deciso di integrare quanto prescritto dal Regolamento Delegato e dalla Guida Operativa, individuando dapprima alcuni progetti di ricerca concernenti metodologie e tecnologie abilitanti in tema di resilienza e, successivamente, mettendo a punto una metodologia che possa contribuire in modo sostanziale al raggiungimento dell'*obiettivo adattamento*, utile ai progettisti e ai tecnici del settore per orientare correttamente le scelte progettuali. In particolare, si tratta di un approccio che possa valutare nel tempo, e quindi sulla base di scenari futuri, il profilo prestazionale dell'edificio dal punto di vista energetico e di benessere termico *indoor*. Tra i progetti di ricerca analizzati è stato selezionato l'*Annex 80* dell'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA) –

“Energy in Buildings and Communities Programme” (EBC), dal titolo *Resilient Cooling of Buildings* (IEA EBC, 2018). Il progetto sviluppa e valuta le strategie per il raffrescamento degli ambienti resilienti ai cambiamenti climatici e al rischio di surriscaldamento.

In sinergia con l'IEA-Annex 80 *Weather Data Task Group* sono stati generati anni climatici tipo futuri di Roma. Il *Typical Meteorological Year* (T.M.Y.) storico (2001-2020), futuro a medio termine (2041-2060) e futuro a lungo termine (2081-2100) impiegati in questo lavoro derivano dallo scenario RCP 8,5 del 5° *Assessment Report* dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) – che rappresenta la proiezione del clima futuro più aggiornata disponibile al momento dello studio – e sono stati creati seguendo la procedura descritta in un precedente lavoro (P.Tootkaboni et al., 2022).

La metodologia proposta per la verifica dell'obiettivo di adattamento ai cambiamenti climatici si articola nelle seguenti fasi:

- 1) raccolta dei dati di ingresso dell'edificio e degli impianti allo stato di fatto;
- 2) definizione degli interventi di ristrutturazione importante o riqualificazione energetica;
- 3) scelta del metodo di calcolo, creazione del modello dell'edificio e determinazione degli indicatori prestazionali, sia allo stato attuale sia considerando gli scenari climatici futuri;
- 4) applicazione di strategie resilienti ai cambiamenti climatici e ricalcolo degli indicatori prestazionali con l'applicazione delle strategie.

Laddove i primi due punti della procedura sono comuni ad entrambi gli obiettivi ambientali, il metodo di calcolo e alcuni tra gli indicatori prestazionali differiscono (come descritto in seguito nella Sezione 2.2). L'adozione delle tecnologie resilienti e la proiezione della prestazione energetica a medio e lungo termine sono invece propri della verifica dell'*obiettivo adattamento*.

2.2. Indicatori prestazionali e metodi di calcolo

Gli indicatori prestazionali da determinarsi per la verifica dell'*obiettivo mitigazione* si riferiscono ai requisiti minimi di prestazione energetica di cui al D.M. *Requisiti minimi* (Repubblica Italiana, 2015). Per l'*obiettivo adattamento*, limitatamente al presente lavoro, vengono proposti i seguenti indicatori:

- $EP_{H,nd}$ [kWh/m²], che è l'indice di prestazione termica utile per il riscaldamento;
- $EP_{C,nd}$ [kWh/m²], che è l'indice di prestazione termica utile per il raffrescamento.

Ai precedenti indicatori, per una valutazione più comprensiva della prestazione degli edifici, si possono aggiungere ulteriori parametri di valutazione, sia di tipo energetico (es. l'energia primaria), sia ambientale (es. le emissioni di CO₂), sia di benessere termico (es. il numero di ore di discomfort), ecc.

Il calcolo dei parametri è stato effettuato, per l'*obiettivo mitigazione*, adottando il metodo in condizioni quasi-stazionarie, su base mensile, della serie UNI/TS 11300 (UNI, 2010-19) e i dati climatici standard della norma UNI 10349-1 (UNI, 2016). Per la verifica dell'*obiettivo adattamento* è stato impiegato il metodo di calcolo dinamico semplificato, su base oraria, della UNI EN ISO 52016-1 (UNI, 2018) ed implementando i dati climatici futuri dell'IEA-Annex 80 *Weather Data Task Group* per la città di Roma, che è allo stato attuale l'unica località italiana disponibile tra i T.M.Y.s prodotti nell'*Annex 80*.

Per le analisi è stato adottato il software di calcolo EC700 dell'azienda Edilclima s.r.l. L'applicazione delle due verifiche degli obiettivi ambientali è stata sviluppata sepa-

ratamente, coerentemente con i due diversi modelli di indagine. L'applicazione del metodo di calcolo quasi-stazionario per l'*obiettivo mitigazione* risulta conforme alle disposizioni del D.M. 26 giugno 2015 per la verifica dei requisiti minimi, mentre la scelta di utilizzare il metodo di calcolo orario semplificato per l'*obiettivo adattamento* è stata dettata dalla necessità di un'indagine più accurata e fedele al *time-step* dei dati climatici, nonché dalla necessità di poter descrivere con lo stesso *time-step* il profilo di utilizzo della strategia resiliente.

3. CASO DI STUDIO

3.1. Descrizione dell'edificio e dell'impianto

Il caso di studio è un condominio situato nel comune di Novara, in Piemonte, costruito attorno al 1976 (Figura 1). Si tratta di un edificio ad uso residenziale al quale sono stati apportati recentemente interventi di ristrutturazione energetica.

Il condominio è costituito da quattro piani fuori terra (un piano rialzato e altri tre piani) e da un piano seminterrato non riscaldato; è composto da nove appartamenti (due al piano rialzato e ai piani 2° e 3°, e tre al piano 1°). La copertura è un tradizionale tetto a doppia falda, con sottotetto non riscaldato. La forma in pianta dell'edificio è rettangolare con il corpo scala centrale, il quale serve gli appartamenti e gli ambienti ad uso cantina localizzati nel seminterrato. I principali dati tipologico-dimensionali del caso di studio sono riportati in Tabella I.



Figura 1 – Edificio oggetto di studio. Fonte: Google Maps.

Tabella I – Principali dati geometrici dell'edificio

Parametro	Valore
Volume lordo climatizzato, V_g [m ³]	2673
Superficie utile di pavimento, A_{fl} [m ²]	735
Fattore di forma (S/V), A_{env}/V_g [m ⁻¹]	0,46
Numero di piani climatizzati	4
Numero di appartamenti	9

I componenti edilizi costituenti il condominio sono realizzati con la tecnica tipica degli anni 70'-80'; in particolare, le strutture opache verticali sono caratterizzate dalla tipologia muraria a cassa vuota in laterizio forato, mentre le strutture opache orizzontali sono realizzate in latero-cemento. I componenti finestrati sono caratterizzati da vetro-camera semplice e telaio in legno. L'edificio è servito da una caldaia tradizionale con produzione combinata di riscaldamento e acqua calda sanitaria; il sistema di emissione del calore è costituito da radiatori, con sistema di controllo a valvole termostatiche.

3.2. Ipotesi di intervento

Le ipotesi di intervento riguardano i componenti opachi dell'involucro edilizio e il generatore di calore dell'impianto termico (Tabella II). È stato realizzato un cappotto esterno al fine di isolare termicamente le pareti perimetrali orientate sugli affacci principali, il solaio verso le cantine, il solaio su passo carrabile e il solaio verso il sottotetto. L'isolante è stato installato nell'intradosso per il solaio su passo carrabile e per il solaio verso le cantine, e nell'estradosso per il solaio del sottotetto. Il materiale isolante utilizzato è la lana di roccia ($\rho = 80 \text{ kg/m}^3$; $\lambda = 0,034 \text{ W/(mK)}$), con uno spessore di 14 cm sia per le pareti sia per i solai. L'edificio è stato modellato considerando tutti i ponti termici presenti ed adottando i valori di trasmittanza termica lineare determinati secondo normativa tecnica (Gorrino et al., 2022). Il generatore di calore esistente è stato sostituito con una caldaia a condensazione che serve gli usi energetici considerati.

Sulla base delle disposizioni del D.M. 26 giugno 2015, l'intervento proposto corrisponde ad una ristrutturazione importante di secondo livello, poiché coinvolge più del 50% della superficie disperdente dell'edificio, ma non comporta la modifica sostanziale dei sistemi di distribuzione e di emissione del calore. L'intervento rispetta i requisiti minimi relativi all'involucro e all'impianto come da Tabella II; il coefficiente medio globale di scambio termico, H_T , vale $0,92 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nella situazione di pre-retrofit e $0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ nella situazione di post-retrofit, in quest'ultimo caso rispettando il valore limite fissato a $0,65 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ dal D.M. 26 giugno 2015 per le ristrutturazioni importanti di secondo livello in zona climatica E.

Tabella II – Parametri termo-fisici dei componenti di involucro e principali dati impiantistici (pre-retrofit e post-retrofit)

Componente	Parametro	Pre-retrofit	Post-retrofit	Limiti D.M. 26/06/2015
Parete esterna	$U \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$	1,141	0,198	0,28
Solaio verso cantine	$U \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$	1,328	0,203	0,29
Solaio su passo carrabile	$U \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$	1,605	0,208	0,29
Solaio verso sottotetto	$U \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$	0,771	0,156	0,24
Serramento	$U \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$	2,90		
Generatore di calore	$P_{\text{nom}} \text{ [kW]}$	44	23	
	$\eta_{\text{nom}} \text{ [-]}$	0,92	0,98	0,93

3.3. Tecnologie resilienti ai cambiamenti climatici

Negli ultimi anni il tema della resilienza sta trovando ampio campo nel contesto generale ed in particolare nel settore edile, nel quale la progettazione di edifici resilienti è diventata necessaria e soprattutto urgente a causa della crescente frequenza e intensità

con cui si verificano gli eventi estremi associati ai cambiamenti climatici. Tra le principali problematiche che coinvolgono gli edifici vi sono le ondate di calore, che determinano effetti rilevanti, andando a condizionare le prestazioni dell'edificio (black-out) e ad inficiare il comfort termico dell'occupante. In risposta agli eventi estremi che si sono verificati e si verificheranno nel tempo, la Commissione Europea propone buone pratiche e strategie per gli edifici resilienti (Commissione Europea, 2023a,b).

Nel presente lavoro, sono state vagliate le soluzioni tecnologiche prese in considerazione nell'Annex 80, che ha suddiviso la ricerca e lo studio delle tecnologie resilienti in quattro macro-categorie, sulla base gli obiettivi da raggiungere:

- a) riduzione dei guadagni termici indotti dall'esterno negli ambienti interni;
- b) miglioramento del comfort *indoor* oltre al raffrescamento degli ambienti;
- c) rimozione del calore sensibile dagli ambienti interni;
- d) controllo del calore latente (umidità) degli ambienti interni.

In particolare, per lo sviluppo del seguente lavoro si è fatto riferimento alla categoria a) e, nello specifico, come tecnologia resiliente si è optato per la schermatura solare; la tipologia scelta consiste in una veneziana a lamelle orizzontali, posta sul lato esterno dei componenti finestrati. Il valore del fattore solare del vetro in presenza della schermatura (g_{gl+sh}) risulta essere inferiore al valore limite di 0,35 richiesto dal D.M. 26 giugno 2015 per le ristrutturazioni importanti di secondo livello. Le schermature sono installate su entrambe le facciate dell'edificio (orientamenti est ed ovest).

3.4. Dati climatici futuri e dati relativi all'utenza

I dati climatici orari generati dall'Annex 80 *Weather Data Task Group* sono riportati su base mensile in Figura 2 per i tre anni centrali dei periodi di riferimento analizzati (2010, 2050 e 2090) per Roma.

L'utenza è stata modellata considerando l'uso residenziale, in analogia al profilo di occupazione riferito al *tailored energy assessment* (UNI, 2010-19). La gestione delle schermature è automatica, con configurazione attiva dalle ore 7 alle ore 12 per i serramenti ad est, e dalle ore 13 alle ore 17 per i serramenti ad ovest. Non c'è differenziazione di funzionamento tra il periodo invernale e quello estivo.

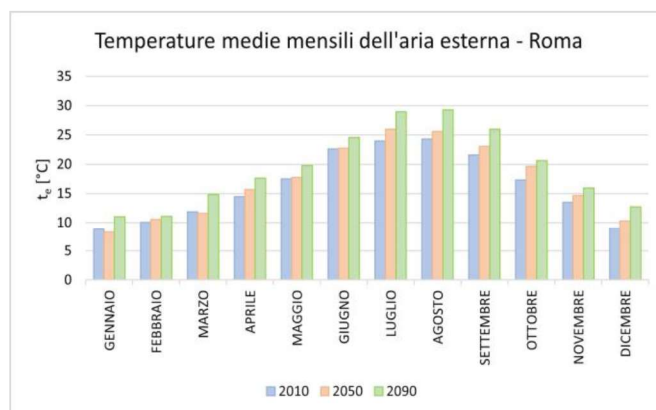


Figura 2 – Andamento delle temperature medie mensili dell'aria esterna per gli anni climatici tipo di Roma

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

Per l'analisi dell'*obiettivo mitigazione* vengono individuati due scenari: uno di pre-retrofit, il quale rappresenta la situazione base, ovvero il comportamento prestazionale dell'edificio senza interventi, e uno di post-retrofit nel quale invece vengono applicati gli interventi di ristrutturazione descritti in precedenza. Facendo riferimento ai parametri del post-retrofit riportati in Tabella II e analizzando gli indici di prestazione energetica in Figura 3 – derivati applicando il metodo di calcolo in condizioni quasi-stazionarie – si può notare come l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile ($EP_{gl,nren}$) presenti una riduzione del 60% rispetto all'edificio nella condizione di pre-retrofit. L'*obiettivo mitigazione* per una ristrutturazione importante di secondo livello, sulla base di quanto previsto dal MEF ed esplicitato nella Sezione 2.1., risulta essere verificato; si consegue infatti un risparmio nel fabbisogno di energia primaria non rinnovabile addirittura superiore al range previsto (tra il 20% ed il 40%). Parimenti, l'indice di prestazione termica utile per il riscaldamento ($EP_{H,nd}$) si riduce del 67% a seguito dell'intervento (passando da 102,5 kWh/m²a a 33,8 kWh/m²a), mentre l'indice di prestazione termica utile per il raffrescamento ($EP_{C,nd}$) risulta aumentato rispetto alla situazione prima dell'intervento (passando da 4,6 kWh/m²a a 14,2 kWh/m²a), effetto dovuto all'aumento del livello di isolamento termico.

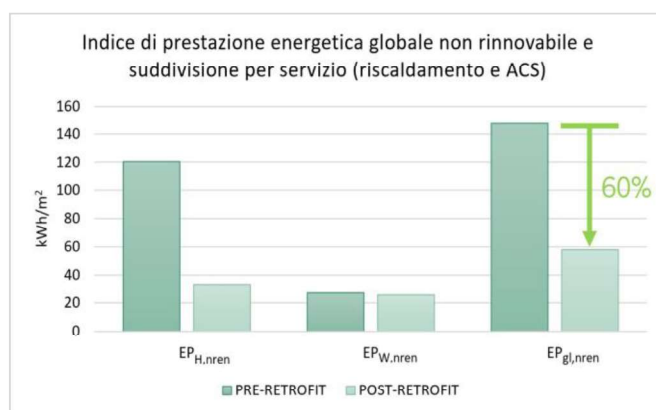


Figura 3 – Indice di prestazione energetica globale non rinnovabile. Obiettivo mitigazione.

Per quanto concerne l'analisi dell'*obiettivo adattamento* ci si avvale degli stessi scenari di pre- e post-retrofit. L'analisi è stata effettuata sulla base delle fasi descritte nella Sezione 2.1. In particolare, definite le fasi 1 e 2 (Sezioni 3.1. e 3.2.), si procede a determinare gli indicatori prestazionali, sia allo stato attuale sia considerando gli scenari climatici futuri (fase 3), e infine ad applicare la strategia resiliente ai cambiamenti climatici e a ricalcolare gli indicatori prestazionali con l'applicazione della strategia (fase 4), che in questo caso specifico è la schermatura solare.

I risultati del calcolo orario semplificato (UNI EN ISO 52016-1) per i tre scenari climatici senza l'applicazione della strategia sono riportati nelle Figure 4 (pre-retrofit) e 5 (post-retrofit). Si può notare come l'indice di prestazione termica utile per il riscaldamento ($EP_{H,nd}$) diminuisca dal 2010 al 2090, nella situazione di pre-retrofit (-73%), e

tanto più in quella di post-retrofit (-98%). Questo fenomeno trova riscontro nell'aumento della temperatura esterna indotto dai cambiamenti climatici, con conseguente diminuzione delle dispersioni di calore e del fabbisogno di riscaldamento.

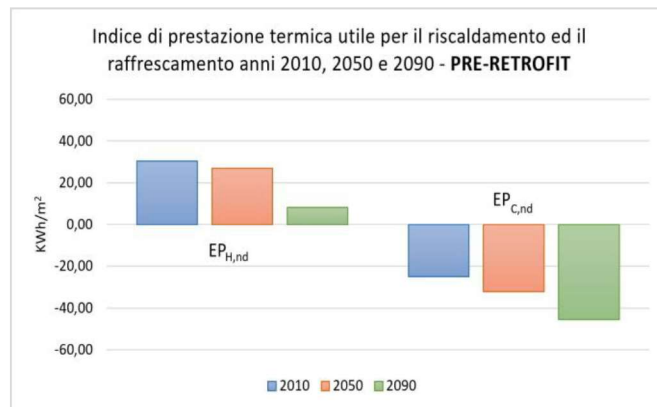


Figura 4 – Indice di prestazione termica utile per il riscaldamento ed il raffreddamento per gli anni climatici nella situazione di pre-retrofit. Obiettivo adattamento.

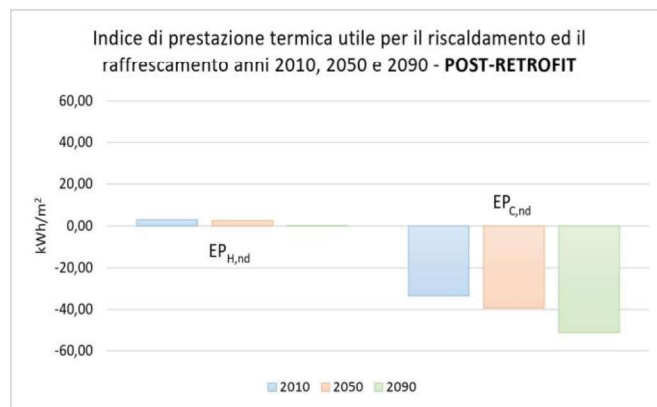


Figura 5 – Indice di prestazione termica utile per il riscaldamento ed il raffreddamento per gli anni climatici nella situazione di post-retrofit. Obiettivo adattamento.

Analoghe considerazioni possono essere avanzate per il valore dell'indice di prestazione termica utile per il raffreddamento ($EP_{C,nd}$), laddove, in controtendenza rispetto al riscaldamento, si registra un aumento progressivo dal 2010 al 2050 (+28% pre-retrofit e +17% post-retrofit) e dal 2050 al 2090 (+42% pre-retrofit e +31% post-retrofit). Questa analisi pone quindi l'accento sulla necessità di considerare l'ausilio di soluzioni di raffreddamento, attive o passive, al fine di migliorare il fabbisogno di energia termica.

L'implementazione della schermatura solare viene applicata solo allo scenario di post-retrofit per gli anni 2050 e 2090, e i risultati sono mostrati in Figura 6 e in Figura 7, rispettivamente per il riscaldamento e per il raffreddamento. Per quanto riguarda il fabbi-

sogno di riscaldamento, pur presentando valori molto ridotti, con l'applicazione della strategia vi è un peggioramento della prestazione per effetto della riduzione degli apporti solari in ambiente. È interessante però notare come nel 2090 il fabbisogno risulta addirittura più basso rispetto allo stato di fatto; nonostante l'attivazione della schermatura solare vada ad aumentare la richiesta di riscaldamento del fabbricato, l'effetto del cambiamento climatico la riduce a causa dell'aumento della temperatura esterna (Figura 6).

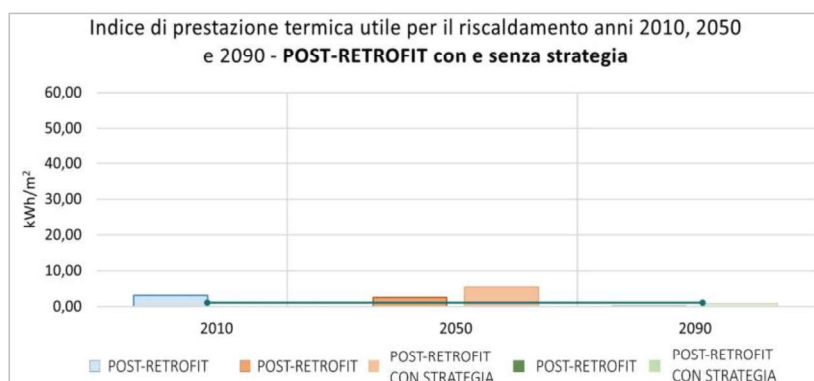


Figura 6 – Indice di prestazione termica utile per il riscaldamento con e senza implementazione della strategia per gli anni climatici nella situazione di post retrofit. Obiettivo adattamento.

L'implementazione della schermatura solare comporta notevoli benefici sull'indice di prestazione termica utile per il raffrescamento. È evidente come il valore di $EP_{C,nd}$ del post-retrofit con l'applicazione della strategia sia inferiore ai valori dello stesso parametro che si avrebbero senza strategia, nel 2050 (–35%) e nel 2090 (–36%) (Figura 7).

In questo caso si può affermare che la schermatura solare abbia contribuito all'obiettivo adattamento, in quanto la sua implementazione ha portato nello scenario futuro ad un miglioramento della prestazione, tale da essere comparabile alla condizione attuale in assenza di strategia, nonostante l'effetto del cambiamento climatico.

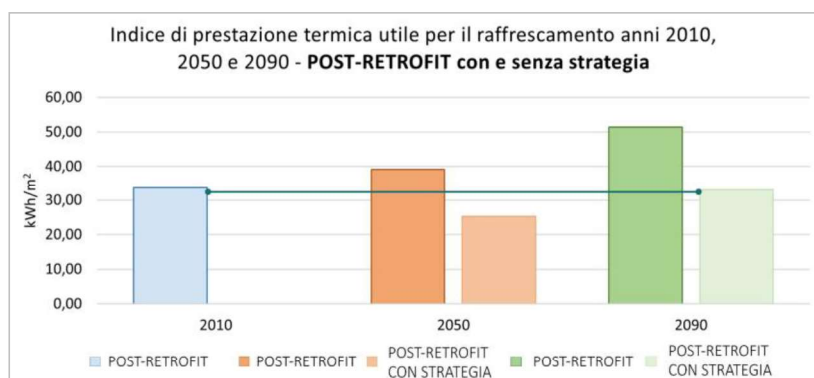


Figura 7 – Indice di prestazione termica utile per il raffrescamento con e senza implementazione della strategia per gli anni climatici nella situazione di post retrofit. Obiettivo adattamento.

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Le ipotesi di intervento per il caso studio hanno dimostrato che gli interventi di ristrutturazione conducono a benefici sia in termini di adattamento che in termini di mitigazione. Grazie anche alle attività di ricerca in tema di adattamento e all'applicazione di soluzioni studiate ad hoc per il raffrescamento passivo, si sottolinea come gli edifici efficienti da un punto di vista energetico e soggetti a ristrutturazione siano maggiormente resilienti agli eventi dirompenti presenti e soprattutto futuri, dovuti ai cambiamenti climatici. In particolare, si evidenzia come la combinazione di soluzioni di ristrutturazione e strategie resilienti permetta di rispettare gli obiettivi di mitigazione e adattamento.

Oltre agli esiti positivi evidenziati, il presente lavoro ha permesso anche di individuare quali siano gli aspetti che dovrebbero essere migliorati ed integrati nei documenti normativi. In prima analisi si evidenzia come, per quanto riguarda lo strumento Tassonomia, non siano presenti allo stato attuale indicatori quantitativi per i criteri di vaglio tecnico dell'*obiettivo adattamento*. Essi infatti vengono definiti perlopiù come criteri qualitativi e di conseguenza, non potendosi riferire a soglie minime da rispettare, non si riesce a determinare con certezza se la soluzione di adattamento che si vuole adottare abbia poi effettivamente un riscontro efficace nel tempo. Ciò rappresenta un aspetto sicuramente svantaggioso, in quanto, come sottolineato, i due obiettivi dovrebbero essere verificati di pari passo, cosa che risulta momentaneamente difficile.

Nel presente studio si è voluto perciò fornire un contributo rispetto a quanto viene stabilito nella Tassonomia per l'adattamento, attraverso uno studio delle attività di ricerca in tema di resilienza nel campo edilizio, focalizzandosi principalmente sul lavoro svolto dalla IEA con l'*Annex 80*, e applicando poi al caso studio una delle strategie proposte proprio dal gruppo di ricerca dell'*Annex 80*, ovvero la schermatura solare. Nonostante i risultati soddisfacenti, per condurre l'analisi energetica si sono impiegati due diversi set climatici e due metodologie di calcolo, a seconda dell'obiettivo indagato. Per quanto riguarda i dati climatici per l'*obiettivo mitigazione*, l'analisi è stata condotta facendo riferimento ai valori standard per la città di Novara, luogo in cui è effettivamente collocato l'edificio oggetto di studio; mentre per quanto riguarda l'*obiettivo adattamento*, ci si è riferiti a dati climatici futuri generati per la città di Roma dall'*Annex 80 Weather Data Task Group*. Al momento, infatti, non sono disponibili dati climatici futuri per l'intero territorio nazionale.

Nonostante la definizione dei dati climatici futuri per il territorio nazionale e soprattutto per un numero più ampio di zone climatiche sia una delle prerogative fondamentali per l'applicabilità dell'indagine, l'obiettivo del lavoro è stato proporre una metodologia condivisa piuttosto che determinare risultati generalizzabili.

Per quanto riguarda i metodi di calcolo della prestazione energetica adottati, per l'*obiettivo mitigazione* si è utilizzato un metodo quasi stazionario secondo la specifica tecnica UNI/TS 11300, mentre per l'*obiettivo adattamento* si è utilizzato il modello dinamico orario della UNI EN ISO 52016-1, caratterizzato da una maggior accuratezza. Come si può comprendere, tutto ciò comporta una certa disomogeneità nell'analisi e soprattutto nei risultati, nonché una possibile difficoltà da parte dei professionisti del settore nell'applicare la metodologia.

È necessaria quindi l'implementazione di indicatori omogenei e soprattutto di tipo quantitativo per la resilienza, di dati climatici futuri per l'intero territorio nazionale e di una metodologia univoca, in modo tale che gli *obiettivi mitigazione e adattamento* pos-

La ristrutturazione edilizia secondo la Tassonomia dell'UE: un approccio metodologico per la verifica degli obiettivi di sostenibilità

sano essere adottati efficacemente insieme, al fine di contrastare le cause e gli effetti dei cambiamenti climatici.

Seppur questo lavoro si sia concentrato sugli aspetti di efficienza energetica considerati primari nella verifica degli obiettivi ambientali, lavori futuri avranno come scopo ampliare il campo di valutazione della prestazione dell'edificio, in modo da considerare anche aspetti economici e di qualità ambientale, legati al benessere degli occupanti.

SIMBOLOGIA

Simboli

A, S	Area, m ²
EP	Prestazione energetica, kWh/m ²
g	Coefficiente di trasmissione solare totale, adim.
H'	Coefficiente medio globale di scambio termico, W/(m ² K)
P	Potenza, W
U	Trasmittanza termica, W/(m ² K)
t	Temperatura, °C
V	Volume, m ³

Simboli greci

η	Efficienza, adim.
λ	Conduttività termica, W/(mK)
ρ	Massa volumica, kg/m ³

Pedici

C	Raffrescamento	H	Riscaldamento
e	Esterna	nd	Fabbisogno
env	Involucro	nom	Nominale
fl	Pavimento	sh	Schermatura
g	Lordo	T	Trasmissione
gl	Vetro		

BIBLIOGRAFIA

- Commissione Europea, 2018. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio Europeo, al Consiglio, alla Banca Centrale Europea, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Piano d'azione per finanziare la crescita sostenibile – COM (2018) 97 final. Bruxelles, 8 marzo 2018.
- Commissione Europea. 2020. Efficienza energetica nell'edilizia. Commissione europea – Department: Energia – In evidenza, pp. 1–3.
https://commission.europa.eu/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-02-17_it
- Commissione Europea. 2021. Regolamento Delegato (UE) 2021/2139 del 4 giugno 2021 che integra il regolamento (UE) 2020/852 del Parlamento europeo e del Consiglio fissando i criteri di vaglio tecnico che consentono di determinare a quali condizioni

- si possa considerare che un'attività economica contribuisce in modo sostanziale alla mitigazione dei cambiamenti climatici o all'adattamento ai cambiamenti climatici e se non arreca un danno significativo a nessun altro obiettivo ambientale. Gazzetta ufficiale dell'UE del 9 dicembre 2021.
- Commissione Europea. 2023a. EU-level technical guidance on adapting buildings to climate change. Luxembourg: Publications Office of the EU.
- Commissione Europea. 2023b. EU-level technical guidance on adapting buildings to climate change. Best practice guidance. Luxembourg: Publications Office of the EU.
- Gorrino A., Capozzoli A., Corrado V., Soma P. 2022. Guida alla valutazione dei ponti termici. Edizioni Edilclima.
- IEA EBC. 2018. Annex 80 “IEA EBC Annex on Resilient Cooling for Residential and Small Commercial Buildings”. Draft Annex Text, pp. 1–13.
- Ministero dell'Economia e delle Finanze (MEF). 2021a. Circolare n.32 - Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Guida operativa per il rispetto del principio di non arrecare danno significativo all'ambiente (DNSH).
- Ministero dell'Economia e delle Finanze (MEF). 2021b. Allegato Circolare n.32 – Guida operativa per il rispetto del principio di non arrecare danno significativo all'ambiente (DNSH).
- Parlamento Europeo e Consiglio dell'UE. 2010. Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione). Gazzetta ufficiale dell'UE del 18 giugno 2010.
- Parlamento Europeo e Consiglio dell'UE. 2020. Regolamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo e del Consiglio relativo all'istituzione di un quadro che favorisce gli investimenti sostenibili e recante modifica del regolamento (UE) 2019/2088. Gazzetta ufficiale dell'UE del 22 giugno 2020.
- Parlamento Europeo e Consiglio dell'UE. 2021. Regolamento (UE) 2021/241 del Parlamento Europeo e del Consiglio che istituisce il dispositivo per la ripresa e la resilienza. Gazzetta ufficiale dell'UE del 18 febbraio 2021.
- Repubblica Italiana. 2015. Decreto 26 giugno 2015. Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi [...]. Gazzetta ufficiale della Rep. Ita. n.162 del 15 luglio 2015, S.O. n. 39.
- Tootkaboni M., Ballarini I., Corrado V. 2022. L'effetto del raffrescamento con ventilazione meccanica sulla prestazione degli edifici residenziali italiani nel contesto del cambiamento climatico. Atti del 38° Convegno Nazionale AiCARR “Edifici e impianti per il clima futuro”, Milano 29 giugno 2022. Milano: AiCARR, p. 193-207.
- UNI. 2010-19. Norma UNI/TS 11300 (serie). Prestazioni energetiche degli edifici. Milano: Ente Italiano di unificazione.
- UNI. 2016. Norma UNI 10349-1. Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termico-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata. Milano: Ente Italiano di unificazione.
- UNI. 2018. Norma UNI EN ISO 52016-1. Prestazione energetica degli edifici - Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti - Parte 1: Procedure di calcolo. Milano: Ente Italiano di unificazione.