

UFFICI



Efficienza
Energica
nei Settori
Economici



QUADERNI DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

AGENZIA NAZIONALE
EFFICIENZA ENERGETICA



ENEA DUEE-SPS-ESE

QUADERNI DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

UFFICI

Prima edizione Luglio 2024

ISBN Edizione digitale: 978-88-8286-480-4

ISBN Edizione cartacea: 978-88-8286-481-1

Autori

Christian Ferrante, Chiara Martini, Fabrizio Martini, Marcello Salvio,
Samah Mohamed, Francesco Arnesano, Filippo De Carlo, Leonardo Leoni

Resp. Scientifico della Collana *Quaderni Efficienza Energetica*
Fabrizio Martini

Hanno collaborato

Per ENEA:

A. Aquino, M. Bassetti, A. De Santis, C. Herce, L. Leto,
F.A. Tocchetti, S. Pistacchio, F. Prinszano, C. Toro

Per l'Università degli Studi di Firenze:

A. Cantini, S. Ferraro

Si ringrazia per il prezioso supporto fornito
ASSOIMMOBILIARE

G. Brocchi, M.C. De Paolis, M. Di Ciocco, P. Foi, L. Gianotti, G. Gualco, I. Merli, L. Sica, D. Torriglia



Questa pubblicazione è stata realizzata nell'ambito del Piano Triennale di realizzazione 2022-2024 della Ricerca di Sistema Elettrico Nazionale. Tema di ricerca 1.6 "Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali", finanziato dal Ministero della Transizione Ecologica (ora Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica).

Resp. Scientifico, Miriam Benedetti

Progettazione e realizzazione grafica: Giorgio Scavino

Tipografia: La Commerciale

*La presente pubblicazione è rilasciata nei termini della licenza Creative Commons Attribution 4.0 International
(CC BY 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.it>)*

Sommario

Premessa	7
Presentazione.....	9
Prefazione	11
1. Contesto normativo di riferimento	14
1.1 Il quadro internazionale.....	14
1.2 Il PNIEC	17
1.3 La Direttiva Europea Efficienza Energetica ed il suo recepimento in Italia.....	19
1.4 La Diagnosi Energetica o Audit Energetico.....	22
2. Gli edifici per uffici e i fondi immobiliari in Italia.....	29
2.1 Gli edifici per uffici in Italia: un panorama in evoluzione	29
2.1.1 Distribuzione geografica e caratteristiche del mercato	29
2.1.2 Indicatori economici di mercato e di consumo energetico	30
2.1.3 Qualità costruttiva ed efficienza energetica	31
2.1.4 Sfide e opportunità future	33
2.2 I fondi immobiliari e gli investimenti in uffici.....	35
2.2.1 Panoramica dei fondi immobiliari italiani [58].....	35
2.2.2 Focus sugli investimenti in uffici [58]	35
2.2.3 Tendenze e prospettive future [58].....	36
3. La diagnosi energetica	39
3.1 Redazione del rapporto di diagnosi energetica.....	39
3.2 Alberatura dei consumi energetici	43
3.3 Suddivisione del sito in Aree Operative Omogenee (AOO)	49
3.4 Indicatori di prestazione energetica.....	51
3.5 Piano di monitoraggio dei consumi energetici	54
3.5.1 Modalità di Misurazione	54
3.5.2 Fasi per la progettazione del piano di monitoraggio	55
3.5.3 Esempio per il monitoraggio energetico.....	57

3.5.4 Esempio pratico e verifica percentuale copertura minima	58
3.6 Identificazione delle Opportunità di Risparmio Energetico	63
4. Analisi dei consumi energetici	68
4.1 Il campione statistico di riferimento	68
4.1.1 Distribuzione territoriale e dimensionale.....	68
4.1.2 Distribuzione dei consumi energetici.....	70
4.2 IPE di primo livello	73
4.2.1 IPE generale medio nazionale.....	73
4.2.2 IPE generale per zona climatica e classe di superfici climatizzate..	74
4.3 IPE di secondo livello o specifico	75
4.3.1 IPE Illuminazione	75
4.3.2 IPE Climatizzazione, Trattamento aria e ACS	76
4.3.3 IPE Infrastruttura Informatica ICT.....	77
4.3.4 IPE Server-farm (Indice PUE).....	78
5. Opportunità di efficientamento energetico.....	82
5.1. Le Macroaree di intervento	82
5.1.1 Supervisione, Monitoraggio e Controllo	83
5.1.2. Involucro Edilizio	90
5.1.3. Impianti elettrici ed Illuminazione	95
5.1.4 Autoproduzione energetica e Fonti rinnovabili	99
5.1.5 Riscaldamento, Ventilazione e Condizionamento dell'aria.....	100
5.1.6 Sistemi Ausiliari.....	106
5.1.7 Trattamento ed utilizzo Acqua	107
6. Analisi degli interventi	109
6.1 Metodologia di analisi.....	109
6.2 Principali risultati per il settore uffici	115
6.2.1 Interventi effettuati.....	119
6.2.2 Interventi individuati	122
7. Bibliografia	131

Premessa

Il presente lavoro è stato svolto all'interno dell'attività di ricerca finanziata con il "**Piano della Ricerca di sistema elettrico per il triennio 2022-2024**"¹ e regolamentata attraverso l'Accordo di Programma tra MASE e RSE, ENEA e CNR.

L'attività individuata dall'accordo di programma, come previsto dall'articolo 15 della legge 241 del 1990, attraverso la cooperazione tra il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica e degli Enti firmatari (ENEA, RSE e CNR) ha lo scopo di sviluppare nuove conoscenze e tecnologie in grado di contribuire alla transizione energetica del Paese e, allo stesso tempo, per gli Enti firmatari rappresenta un campo di indagine primario per lo svolgimento delle attività istituzionali di ricerca e sviluppo nel settore dell'energia.

L'attività è finanziata dal "*Fondo per il finanziamento delle attività di ricerca*" (art. 11 del decreto 26 gennaio 2000). Tale fondo è alimentato dal gettito, versato mensilmente a CSEA dai distributori elettrici, della componente tariffaria A5RIM della bolletta dei clienti finali, la cui entità è stabilita trimestralmente dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA).

L'attività oggetto di questa pubblicazione è parte integrante del **Work Package 3 del Progetto di ricerca 1.6**. "*Efficienza energetica nei settori produttivi con focus sulle PMI: indici di prestazione energetica, analisi degli interventi, studio di best practices e strumenti di self-assessment, valutazione degli interventi di efficientamento energetico con focus specifici sul comparto delle PMI*" e ha lo scopo sia di valorizzare la banca dati costituita dalle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA ai sensi dell'articolo 8 del D.Lgs. 102/2014 che fornire una serie di strumenti utili alle imprese per avviare un percorso virtuoso legato al miglioramento delle performance energetiche.

In particolare, questa pubblicazione fa parte di una collana settoriale denominata "Quaderni dell'Efficienza Energetica" ed ha lo scopo di guidare il professionista o il responsabile energia di un'azienda nella stesura di una diagnosi energetica di qualità e conforme a quanto previsto dall'allegato 2 del D.Lgs.102/2014.

Il WP3 del Progetto di ricerca 1.6. si colloca all'interno di un contesto più ampio individuato dal Progetto di ricerca 1.6 "*Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali*" il cui obiettivo generale è quello di sviluppare metodi, strumenti e soluzioni per rafforzare la leadership industriale, l'autonomia e

1 <http://www.ricercadisistema.it>



la resilienza in catene di valore strategiche e in aree di potenziali alleanze industriali, avvicinandole sempre più al paradigma di ecosistemi dinamici di innovazione, nonché per la promozione e diffusione delle tecnologie ad alta efficienza energetica.

Presentazione

Con la Direttiva UE 2023/1791 sull'efficienza energetica, viene rimarcato il ruolo prioritario dell'efficienza energetica per tutti i settori e la necessità di rimuovere gli ostacoli presenti sul mercato dell'energia agendo su quei fattori che frenano l'efficienza a livello di forniture, trasmissione, stoccaggio e uso dell'energia. La nuova Direttiva, che verrà recepita in Italia entro il 2025, costituisce un importante aggiornamento della precedente 2012/27/UE recepita in Italia nel luglio 2014 con il Decreto Legislativo 102/2014 che, tra le altre cose, ha introdotto all'Art.8 l'obbligo di effettuare una diagnosi energetica, a partire dal dicembre 2015 e successivamente ogni quattro anni, per una parte importante del sistema produttivo italiano, ovvero le grandi imprese e le imprese a forte consumo di energia elettrica iscritte agli elenchi della CSEA. In tal modo, il decreto ha recepito l'indirizzo e lo spirito della Direttiva 2012/27/UE sull'Efficienza Energetica, confermato anche nella Direttiva 2023/1791, individuando nella diagnosi energetica uno strumento efficace per la promozione dell'efficienza energetica nel mondo produttivo al fine di una corretta gestione dell'energia sia dal punto di vista tecnico che economico.

In tale contesto il decreto ha assegnato ad ENEA il ruolo di gestore del meccanismo delle diagnosi energetiche obbligatorie e di supporto al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, nella verifica e controllo del corretto adempimento agli obblighi previsti per i soggetti obbligati.

Dall'entrata in vigore dell'obbligo di diagnosi energetica previsto dal D. Lgs.102/2014 sono state caricate sul portale ENEA dedicato - Audit 102 - circa 40.000 diagnosi energetiche. Le numerose informazioni e i dati presenti nelle diagnosi sono state valorizzate da ENEA con il fine di restituire agli stakeholder (imprese, EGE, ESCo) utili riferimenti in termini di: consumi specifici e indicatori di prestazione energetica, best practices settoriali, opportunità di miglioramento, analisi economica degli interventi di efficienza energetica, analisi di scenario etc.

L'attività di analisi dei dati delle diagnosi energetiche è stata svolta all'interno del programma di Ricerca di Sistema Elettrico, programma di ricerca finanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. In particolare, nel triennio 2019-2021, ENEA ha analizzato tutti i settori merceologici afferenti al settore industriale manifatturiero individuando indici di riferimento per i consumi energetici e le principali best practices. Inoltre, alcuni di questi settori sono stati analizzati con maggiore approfondimento, andando ad individuare,

dove possibile, sia indici specifici di consumo per le diverse fasi del processo produttivo, che i principali interventi di efficientamento energetico per ciascuna di queste fasi.

Questa attività ha quindi permesso la pubblicazione di una collana di monografie settoriali, "Quaderni dell'Efficienza Energetica", che nel triennio 2019-2021 hanno riguardato 5 settori industriali: Vetro, Cemento, Fonderie, Incenerimento, Farmaceutico.

In questo triennio 2022-2024 del Piano della Ricerca di Sistema elettrico, vista la centralità del tema e il riscontro positivo con gli stakeholder, la collana dei "Quaderni dell'Efficienza Energetica" è stata ampliata andando a coprire ulteriori settori economici industriali ed estendendo l'attività anche ai settori economici del Terziario.

Nella realizzazione delle monografie oltre al supporto dei partner Universitari del progetto, è stato fondamentale quello fornito dalle associazioni di categoria settoriali e, più in generale, quello di tutti gli stakeholder interessati.

In particolare, per la presente monografia focalizzata sul settore Uffici, voglio rivolgere un ringraziamento a Confindustria Assoimmobiliare ed a tutti gli stakeholder per i numerosi spunti forniti, per l'attenzione ed il supporto che hanno rivolto in questa attività.

di Ilaria Bertini

Direttore Dipartimento Unità Efficienza Energetica Enea

Prefazione Assoimmobiliare

Cari colleghi e professionisti del settore immobiliare,

È con grande piacere e orgoglio che presento questo Quaderno di Efficienza Energetica per gli Edifici per Uffici, frutto di un intenso lavoro di collaborazione tra il Comitato Sostenibilità di Assoimmobiliare ed ENEA. Questo documento rappresenta un passo significativo verso una gestione più consapevole e sostenibile del nostro patrimonio immobiliare, in particolare nel settore degli uffici, che riveste un ruolo cruciale nell'economia italiana e nella transizione verso un futuro a basse emissioni.

Il settore immobiliare si trova oggi di fronte a sfide senza precedenti. La crescente consapevolezza dell'impatto ambientale degli edifici, unita alle ambiziose politiche europee in materia di sostenibilità ed efficienza energetica, ci impone di ripensare radicalmente il modo in cui progettiamo, costruiamo e gestiamo i nostri immobili. In questo contesto, la conoscenza approfondita e la misurazione accurata dei consumi energetici diventano strumenti indispensabili per guidare le nostre decisioni e azioni.

Questo Quaderno nasce dalla necessità di fornire alle SGR immobiliari e a tutti gli operatori del Real Estate gli strumenti metodologici e gli indicatori di prestazione energetica necessari per comprendere a fondo i consumi degli edifici per uffici. La stretta collaborazione con ENEA, ente di riferimento nazionale per l'efficienza energetica, ha permesso di sviluppare un approccio rigoroso e scientificamente fondato, che tiene conto delle migliori pratiche internazionali e delle specificità del contesto italiano.

Le metodologie di diagnosi e gli indicatori presentati in questo documento non sono solo strumenti tecnici, ma veri e propri alleati strategici per le aziende del settore. Ci permetteranno di:

- ▷ Identificare con precisione le aree di inefficienza energetica
- ▷ Pianificare interventi mirati di riqualificazione
- ▷ Monitorare l'efficacia delle azioni intraprese
- ▷ Comunicare in modo trasparente e oggettivo le prestazioni dei nostri immobili

Guardando al futuro, non possiamo ignorare il quadro normativo europeo in rapida evoluzione. Le nuove direttive in ambito ESG ed efficienza energetica - EED (*Energy Efficiency Directive*), EPBD (*Energy Performance of Buildings Directive*) e RED (*Renewable Energy Directive*) - stanno ridisegnando il panorama regolatorio

del nostro settore. Queste normative non rappresentano solo nuovi obblighi da rispettare, ma anche opportunità per innovare e creare valore nel lungo termine.

La sfida più grande che ci attende è senza dubbio la decarbonizzazione del patrimonio immobiliare entro il 2050. Un obiettivo ambizioso che richiederà un impegno costante, investimenti significativi e una profonda trasformazione del nostro modo di operare. Ma è una sfida che non possiamo permetterci di perdere, per il bene del nostro pianeta e per la sostenibilità economica del nostro settore.

In questo percorso, la collaborazione tra il settore privato, le istituzioni e il mondo della ricerca sarà fondamentale. La partnership tra Assoimmobiliare ed ENEA che ha portato alla realizzazione di questo Quaderno è un esempio virtuoso di come questa collaborazione possa produrre risultati concreti e di valore.

Invito tutti voi a fare tesoro delle informazioni e delle metodologie presentate in questo documento, a integrarle nelle vostre pratiche quotidiane e a contribuire attivamente al processo di miglioramento continuo che ci attende. Solo attraverso un impegno collettivo e una visione condivisa potremo trasformare le sfide in opportunità e guidare il settore immobiliare verso un futuro più sostenibile e prospero.

Il cammino verso la decarbonizzazione sarà lungo e complesso, ma sono convinto che, con gli strumenti giusti e una determinazione incrollabile, potremo raggiungere i nostri obiettivi. Questo Quaderno è un passo importante in questa direzione, un faro che ci guiderà nelle decisioni strategiche dei prossimi anni.

Ringrazio sinceramente tutti coloro che hanno contribuito alla realizzazione di questo lavoro, in particolare il team di ENEA per la loro expertise e dedizione. Il vostro impegno sta gettando le basi per un futuro più verde e sostenibile per il settore immobiliare italiano.

Buona lettura e buon lavoro a tutti noi.

Samah Mohamed

Presidente del Comitato Sostenibilità Assoimmobiliare



CONTESTO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

1

1. Contesto normativo di riferimento

1.1 Il quadro internazionale

Nel settembre 2015, in occasione dell'Assemblea generale delle Nazioni Unite, i governi di 193 paesi membri delle Nazioni Unite hanno sottoscritto l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile [1,2] e i suoi 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (OSS) (Figura 1.1 Figura 1.1 – Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile individuati nella risoluzione ONU del 25 settembre 2015.) [1,3].



Figura 1.1 – Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile individuati nella risoluzione ONU del 25 settembre 2015.

L'agenda 2030 costituisce una solida base comune per affrontare le sfide globali in modo integrato, promuovendo azioni coordinate a livello mondiale. Il programma d'azione riflette la consapevolezza che la sostenibilità non può prescindere da un approccio olistico, considerando la connessione tra gli aspetti ambientali, sociali ed economici dello sviluppo. L'agenda 2030, insieme all'accordo di Parigi sui cambiamenti climatici, costituisce una tabella di marcia cruciale per il quadro globale di cooperazione internazionale in materia di sviluppo sostenibile e relative dimensioni economiche, sociali, ambientali e di governance. [7]

All'interno di questo contesto internazionale l'Europa fin da subito ha avviato una serie di azioni atte a perseguire gli obiettivi per uno sviluppo più sostenibile. Già con il regolamento (UE) 2018/1999 [4], l'Unione Europea ha imposto agli Stati membri di proporre obiettivi energetici nazionali e definire piani nazionali decennali per l'energia e il clima (PNEC) per il periodo 2021-2030. Il 2019, invece, segna l'avvio del "Green Deal europeo" [5], cioè di un pacchetto di

iniziative strategiche che mirano ad avviare l'UE sulla strada di una **transizione verde** con l'obiettivo ultimo di raggiungere la **neutralità climatica entro il 2050** e sostenere la trasformazione dell'UE in una società equa e prospera con un'economia moderna e competitiva. Il pacchetto comprende iniziative riguardanti clima, ambiente, energia, trasporti, industria, agricoltura e finanza sostenibile, tutti settori fortemente interconnessi [5]. All'interno del percorso tracciato dal varo del "*Green Deal Europeo*", nel 2021, si arriva all'introduzione della normativa europea sul Clima prodromica al successivo "*Pronti per il 55%*". Tale normativa ha reso un obbligo giuridico la riduzione delle emissioni serra Europee di almeno il 55% entro il 2030.

Il pacchetto "*Pronti per il 55%*" è un insieme di proposte volte a rivedere e aggiornare le normative dell'UE e ad attuare nuove iniziative al fine di garantire che le politiche dell'UE siano in linea con gli obiettivi climatici concordati dal Consiglio e dal Parlamento europeo per il raggiungimento della neutralità climatica [6,7].

Il pacchetto di proposte riguarda:

- I. *Sistema di scambio di quote di emissione dell'UE* [8];
- II. *Fondo sociale per il clima* [9];
- III. *Meccanismo di adeguamento del carbonio alle frontiere* [10];
- IV. *Obiettivi di riduzione delle emissioni degli Stati membri* [11];
- V. *Emissioni e assorbimenti risultanti da attività connesse all'uso del suolo, ai cambiamenti di uso del suolo e alla silvicoltura* [12];
- VI. *Norme sulle emissioni di CO₂ per autovetture e furgoni* [13];
- VII. *Ridurre le emissioni di metano nel settore dell'energia* [14];
- VIII. *Carburanti sostenibili per l'aviazione* [15];
- IX. *Combustibili decarbonizzati nel trasporto marittimo* [15];
- X. *Infrastruttura per combustibili alternativi* [16];
- XI. *Energia rinnovabile* [17];
- XII. *Efficienza Energetica* [18];
- XIII. *Prestazione energetica degli edifici* [19];
- XIV. *Pacchetto sul mercato dell'idrogeno e del gas decarbonizzato* [20];
- XV. *Tassazione dell'energia* [21].

In *Figura 1.2* sono riportati gli strumenti ed i regolamenti che sono stati o che saranno prodotti/aggiornati per il raggiungimento degli obiettivi e attuazione delle proposte del pacchetto "*Pronti per il 55%*".

1.2 II PNIEC

Il regolamento (UE) 2018/1999 [4], impone agli Stati membri di proporre obiettivi energetici nazionali e definire piani nazionali decennali per l'energia e il clima (PNEC) per il periodo 2021-2030.

Nel giugno 2023 Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica ha inviato alla Commissione europea la proposta di aggiornamento del PNIEC, Piano Nazionale Integrato Energia e Clima [28,29]. La proposta di Piano, ora al vaglio degli organismi comunitari, sarà oggetto nei prossimi mesi di confronto con il Parlamento e le Regioni, oltre che del procedimento di Valutazione Ambientale Strategica. L'approvazione del testo definitivo dovrà concludersi entro giugno 2024.

Il PNIEC italiano fissa gli obiettivi nazionali al 2030 su Efficienza Energetica, fonti rinnovabili e riduzione delle emissioni di CO₂, come anche quelli in tema di sicurezza energetica, interconnessioni, mercato unico dell'energia e competitività, sviluppo e mobilità sostenibile. Il percorso tracciato dal PNIEC permetterà al 2030 di raggiungere quasi tutti i target comunitari su ambiente e clima, superando in alcuni casi gli obiettivi prefissi.

La struttura del PNIEC si basa sui 5 pilastri individuati nella strategia dell'Unione dell'Energia [30] (Figura 1.3):

- ▷ Dimensione della decarbonizzazione;
- ▷ Dimensione dell'Efficienza Energetica;
- ▷ Dimensione della sicurezza energetica;
- ▷ Dimensione del mercato interno dell'energia;
- ▷ Dimensione della ricerca, dell'innovazione e della competitività.



Figura 1.3 – Le 5 dimensioni dell'Unione dell'Energia.

Tabella 1.1 - Principali indicatori di scenario e obiettivi nazionali su energia e clima al 2030
[fonte PNIEC2023 [29]].

	u.m.	Dato rilevato	Scenario di riferimento	Scenario di policy 1	Obiettivi FF55 REPowerEU
		2021	2030	2030	2030
Emissioni e assorbimenti di gas serra					
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS	%	-47%	-55%	-62%	-62% ²
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti i settori non ETS	%	-17%	-28,6%	-35,3% / -37,1%	-43,7% ^{3, 4}
Assorbimenti di CO ₂ LULUCF	MtCO ₂ -2eq	-27,5	-34,9	-34,9	-35,8 ³
Energie rinnovabili					
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi	%	19%	27%	40%	38,4% - 39%
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi di energia nei trasporti	%	8%	13%	31%	29% ⁵
Quota di energia da FER nei consumi finali lordi per riscaldamento e raffreddamento	%	20%	27%	37%	29,6% ³ - 39,1%
Quota di energia da FER nei consumi finali del settore elettrico	%	36%	49%	65%	non previsto
Quota di idrogeno da FER rispetto al totale dell'idrogeno usato nell'industria	%	0%	3%	42%	42% ³
Efficienza Energetica					
Consumi di energia primaria	Mtep	145	130	122	112,2 (115 con flessibilità +2,5%)
Consumi di energia finale	Mtep	113	109	100	92,1 (94,4 con flessibilità +2,5%)
Risparmi annui nei consumi finali tramite regimi obbligatori di Efficienza Energetica	Mtep	1,4		73,4	73,4 ³

1. Scenario costruito considerando le misure previste a giugno 2023, sarà aggiornato con la sottomissione del piano definitivo entro giugno 2024
2. Vincolante solo per le emissioni complessive a livello di Unione europea
3. Vincolante
4. Vincolante non solo il 2030 ma tutto il percorso dal 2021 al 2030
5. Vincolante per gli operatori economici

A titolo illustrativo, nella *Tabella 1.1* [29] sono riportati i principali obiettivi al 2030 su emissioni e assorbimenti di gas serra, fonti energetiche rinnovabili (FER) ed Efficienza Energetica del Piano presentato. La tabella, prodotta per fornire una base analitica al Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima, riporta due elaborazioni differenti:

- I. la prima con uno *scenario di riferimento*, che descrive l'evoluzione del sistema energetico con politiche e misure correnti;
- II. la seconda con uno *scenario di policy*, che considera gli effetti sia delle misure ad oggi già programmate che di quelle ancora in via di definizione nel percorso verso gli obiettivi strategici al 2030.

Per il raggiungimento degli obiettivi del PNIEC è stata prevista un'ampia gamma di misure in parte già vigenti ed in parte programmate per i prossimi anni. Le misure andranno ad incidere su tutte e cinque le dimensioni previste dall'Unione dell'Energia.

1.3 La Direttiva Europea Efficienza Energetica ed il suo recepimento in Italia [31]

Nel dicembre 2012 l'entrata in vigore della Direttiva sull'Efficienza Energetica (direttiva 2012/27/UE, [32]) ha imposto agli Stati membri di definire obiettivi nazionali indicativi di Efficienza Energetica al fine di garantire all'Unione il raggiungimento dell'obiettivo di riduzione del consumo energetico del 20% entro il 2020. Inoltre, la direttiva ha introdotto anche una serie di misure obbligatorie, stabilito norme giuridicamente vincolanti per gli utenti finali e i fornitori di energia ed ha imposto agli Stati membri l'obbligo di pubblicare i loro piani d'azione nazionali per l'Efficienza Energetica ogni tre anni.

Il 19 luglio 2014 con il D.Lgs.102/2014 [33], la direttiva 2012/27/UE, è stata recepita in Italia. All'articolo 1 sono definite le finalità:

- ▷ definire un quadro di misure per la promozione e il miglioramento dell'Efficienza Energetica che concorrono al conseguimento dell'obiettivo nazionale di risparmio energetico (art. 3);
- ▷ dettare norme finalizzate a rimuovere gli ostacoli sul mercato dell'energia e a superare le carenze del mercato che frenano l'efficienza nella fornitura e negli usi finali dell'energia.

Tra i vari provvedimenti previsti per il raggiungimento degli obiettivi di risparmio energetico vi sono:

- ▷ la promozione dell'Efficienza Energetica negli edifici (art.4);
- ▷ gli obiettivi per il miglioramento della prestazione energetica degli immobili della Pubblica Amministrazione (art. 5);
- ▷ il richiamo verso il rispetto dei requisiti minimi di Efficienza Energetica negli acquisti delle Pubbliche amministrazioni centrali (art. 6);
- ▷ gli strumenti per il rispetto del regime obbligatorio di Efficienza Energetica (art. 7);
- ▷ l'obbligo per le grandi imprese e le imprese energivore di implementazione periodica di una Diagnosi Energetica o di un Sistema di Gestione dell'Energia e l'introduzione dell'obbligo di certificazione per i professionisti o le ESCO abilitati allo svolgimento degli audit energetici (art. 8);
- ▷ la definizione di norme più stringenti per la misurazione e fatturazione dei consumi energetici (art. 9).

Nel novembre 2018, nell'ambito del pacchetto "*Energia pulita per tutti gli europei*" [34], la Commissione ha revisionato la direttiva sull'Efficienza Energetica (direttiva (UE) 2018/2002, [35]), portando gli obiettivi di riduzione del consumo di energia primaria e finale dell'UE al 32,5 % entro il 2030, rispetto alle previsioni di consumo energetico per il 2030 formulate nel 2007. La direttiva ha inoltre imposto agli Stati membri di mettere a punto misure volte a ridurre il loro consumo annuo di energia in media del 4,4 % entro il 2030.

Il 29 luglio 2020 con il D.Lgs. 73/2020 [36] la revisione della Direttiva Efficienza Energetica (direttiva (UE) 2018/2002, [35]) è stata recepita dall'Italia. Rispetto al precedente D.Lgs. 102/2014 [33] le principali novità contenute nel decreto hanno riguardato:

- ▷ l'estensione dell'obbligo di risparmio energetico al periodo dal 1° gennaio 2021 al 31 dicembre 2030;
- ▷ l'introduzione di sanzioni in caso di inadempimento ad eseguire le diagnosi energetiche e in caso di mancata attuazione di almeno uno degli interventi di efficienza individuati dalle diagnosi stesse per le imprese a forte consumo di energia iscritte agli elenchi definitivi della CSEA (Cassa per i Servizi Energetici e Ambientali);
- ▷ regolamenti più stringenti in merito all'obbligo di installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore;
- ▷ requisiti minimi in materia di informazioni: fatturazione e consumo per il raffrescamento, il riscaldamento e consumo di acqua calda sanitaria;

- ▷ l'esenzione dall'obbligo di diagnosi energetica per tutte le grandi imprese aventi consumi complessivi, per partita IVA, inferiori a 50 TEP.

Il 13 settembre 2023 è stata approvata la Nuova Direttiva sull'Efficienza Energetica (direttiva (UE) 2023/1791, [37]), che si basa sul principio di "Efficienza Energetica al primo posto" e ha stabilito, come obiettivo di Efficienza Energetica dell'UE per il 2030, una riduzione dell'11,7 % del consumo di energia primaria (indicativa) e finale dell'UE rispetto alle proiezioni per il 2020. Il principio di "Efficienza Energetica al primo posto" introduce l'obbligo ai paesi dell'UE di garantire che le soluzioni di Efficienza Energetica siano prese in considerazione nelle decisioni di pianificazione, politica e investimento sia nel settore energetico sia in quello non energetico, obbligando di fatto gli stati membri a rivedere i propri piani nazionali (PNIEC). Sarà quindi compito della Commissione Europea monitorare le azioni nazionali ai fini del raggiungimento dell'obiettivo totale dell'11,7% e, qualora i contributi nazionali risultino inferiori, apportare correzioni. Nelle valutazioni finali, i principali indicatori indicati nella Direttiva sono 4:

- ▷ intensità energetica;
- ▷ PIL pro capite;
- ▷ sviluppo energie rinnovabili;
- ▷ potenziale risparmio energetico.

Importanti modifiche hanno riguardato anche l'articolo relativo ai Sistemi di Gestione dell'Energia e gli Audit Energetici (ex art.8 D.Lgs. 102/2014, art. 11 nella nuova direttiva). Nel *Box dedicato* (pag 23) sono riportate le principali novità.

La nuova direttiva dovrà essere recepita in Italia entro l'ottobre 2025.



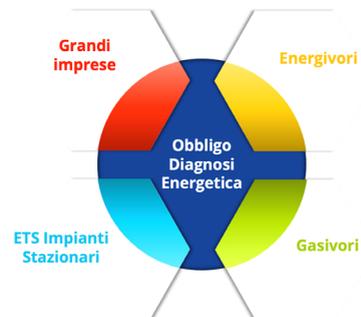
1.4 La Diagnosi Energetica o Audit Energetico

Audit energetico: procedura sistematica finalizzata a ottenere un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o commerciale o di servizi pubblici o privati, a individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e a riferire in merito ai risultati. [35]

Nel luglio 2014 con il D. Lgs. 102/2014 [33], recepimento in Italia della Direttiva Europea Efficienza Energetica 2012/27/UE [32], ed in particolare con l'articolo 8 viene introdotto l'obbligo per le Grandi Imprese¹ e le Imprese a forte consumo di energia² di redigere una diagnosi energetiche obbligatoria presso i propri siti produttivi a partire dal 5 dicembre 2015 e, con cadenza quadriennale, ad inviarla ad ENEA tramite il caricamento della documentazione sul portale ENEA Audit102. La diagnosi energetica è diventata, ad oggi, uno strumento imprescindibile nello sviluppo e implementazione di azioni e politiche di efficientamento dei consumi, dei costi e dell'impatto energetico.

L'obbligo di redazione di una diagnosi energetica ai sensi della direttiva 2012/27/UE [32] (o suo recepimento con il D.Lgs.102/2014 [33]) è stato anche introdotto o proposto come prerequisito per l'accesso a "sistemi incentivanti", tra questi a livello nazionale vi sono:

- ▷ il DL 131 del settembre 2023 (articolo 3) come prerequisito per accedere alle agevolazioni per le aziende energivore [40,41,42];
- ▷ il DM 541 del 21 dicembre 2021 come prerequisito per accedere alle agevolazioni per le aziende gasivore [43];
- ▷ la revisione della direttiva 2003/87/CE [44,45] per l'ottenimento delle quote gratuite nell'ambito del meccanismo ETS per gli impianti stazionari [46].



1 Ai sensi dell'art. 2 dei Chiarimenti MISE del novembre 2016 [38] per Grandi Imprese si intendono quelle che negli anni n-2 ed n-1 rispetto all'anno n-simo di obbligo risultano avere contemporaneamente:

- un numero di addetti maggiore di 250;
- un fatturato annuo maggiore di 50 mln di Euro o/e un bilancio annuo maggiore di 43 Mln Euro.

2 Vengono classificate come Imprese a forte consumo di energia ("energivore") le imprese iscritte nel registro CSEA (Cassa per i servizi energetici e ambientali) che hanno fruito nell'anno n-1 delle agevolazioni secondo il DM 21/12/2017 [39].

Principali novità e differenze tra la Direttiva 27/2012 (art. 8) e la Direttiva 1791/2023 (art. 11) in merito agli Audit Energetici ed i Sistemi di Gestione dell'Energia

Direttiva 27/2012

Art. 8 – Audit energetici e
Sistemi di gestione dell'energia

Direttiva 1791/2023

Art. 11 – Sistemi di gestione
dell'energia e audit energetici

Nome dell'articolo:

già nel nome dell'articolo si marca una differenza tra le due direttive, infatti, in quella del 2012 l'obiettivo era quello di spingere le imprese verso una maggiore conoscenza dei propri consumi energetici, da perseguire attraverso la realizzazione di un audit energetico, nel 2023 si chiede un passo ulteriore, cioè, andare verso un pieno controllo e gestione dei consumi energetici attraverso l'implementazione di su un Sistema di Gestione dell'Energia (SGE).

Comma 4. Gli Stati

membri garantiscono che *le imprese che non sono PMI* siano soggette a un audit energetico (...)

Comma 6. Le imprese che non sono PMI e che attuano un sistema di gestione dell'energia o ambientale — certificato da un organismo indipendente secondo le pertinenti norme europee o internazionali — sono esentate dai requisiti di cui al paragrafo 4 (...)

Comma 1. Gli Stati

membri provvedono affinché le imprese con un consumo annuo medio di energia superiore a 85 TJ nei tre anni precedenti, considerati tutti i vettori energetici, attuino un sistema di gestione dell'energia.

Comma 2. Gli Stati membri provvedono affinché le imprese con un consumo annuo medio di energia superiore a 10 TJ nei tre anni precedenti, considerati tutti i vettori energetici, che non attuano un sistema di gestione dell'energia siano oggetto di un audit energetico.

Soggetti Obbligati:

in merito ai soggetti obbligati la nuova direttiva introduce una novità sostanziale, infatti, nella direttiva del 2012 l'obbligo è rivolto alle grandi imprese quindi basandosi su parametri dimensionali/finanziari, la nuova direttiva, invece, basa l'accento e quindi l'obbligo su parametri energetici, andando a individuare due categorie di imprese: quelle con consumi superiori agli 85 TJ, obbligate ad implementare un Sistema di Gestione dell'Energia e quelle con consumi compresi tra i 10 e gli 85 TJ obbligate ad effettuare un diagnosi energetica (a meno che non abbiano un SGE).

Segue Comma 2.

Le imprese interessate elaborano un piano d'azione concreto e fattibile sulla base delle raccomandazioni risultanti da tali audit energetici. Il piano d'azione individua misure per attuare ciascuna raccomandazione risultante dagli audit, laddove ciò sia fattibile dal punto di vista tecnico o economico. Il piano d'azione è trasmesso agli amministratori dell'impresa. Gli Stati membri provvedono affinché i piani d'azione e il tasso di attuazione delle raccomandazioni siano pubblicati nella relazione annuale dell'impresa e che siano resi pubblici conformemente al diritto dell'Unione e nazionale a tutela dei segreti commerciali e aziendali e della riservatezza.

Ulteriori novità per i soggetti obbligati Comma 2:

sempre nel comma 2 della nuova direttiva (soggetti obbligati all'audit energetico) viene introdotto l'obbligo di elaborare, contestualmente all'audit energetico, un piano di azione per l'implementazione delle opportunità di efficientamento energetico evidenziate dall'audit che dovrà essere inserito insieme al tasso di attuazione all'interno delle relazioni annuali dell'impresa.

Comma 4. Gli Stati membri possono incoraggiare le imprese di cui ai paragrafi 1 e 2 a fornire, nella loro relazione annuale, informazioni relative al consumo annuo di energia in kWh, al volume annuo di acqua consumata, espresso in metri cubi, come anche un confronto del consumo di energia e acqua rispetto agli anni precedenti.

Comma 10. Le imprese che hanno sottoscritto un contratto di rendimento energetico sono esentate dagli obblighi stabiliti ai commi 1 e 2 del presente articolo a condizione che il contratto di rendimento energetico includa i necessari elementi del sistema di gestione dell'energia e che il contratto rispetti i requisiti fissati all'allegato XV della direttiva.**Comma 2.** Gli Stati membri provvedono affinché le imprese con un consumo annuo medio di energia superiore a 10 TJ nei tre anni precedenti, considerati tutti i vettori energetici, che non attuano un sistema di gestione dell'energia siano oggetto di un audit energetico.

Raccomandazioni per gli stati membri e per i soggetti obbligati:

tra le novità introdotte dalla direttiva vi è quella legata ad una maggiore sensibilizzazione, oltre che per i consumi energetici, verso i consumi di acqua, nonché l'esenzione dall'obbligo di diagnosi per tutte quelle imprese dotate di un contratto di rendimento energetico.

Environmental Social and Governance



Il concetto di ESG (*Environmental, Social, and Governance*) sta acquisendo sempre maggiore concretezza e inizia a manifestare il suo impatto, nel settore finanziario, compreso il settore dei fondi immobiliari.

L'attenzione a questa tematica è dovuta all'entrata in vigore di una serie di normative europee mirate a promuovere la sostenibilità e la trasparenza nei mercati finanziari.

Si presenta in questo box una breve carrellata delle principali norme di riferimento e del loro contributo nelle aziende per una maggiore consapevolezza ed efficacia nell'affrontare le tematiche ambientali e sociali.

La *Sustainable Finance Disclosure Regulation (SFDR)* [27,47], entrata in vigore nel marzo 2021, obbliga i gestori di fondi immobiliari a divulgare informazioni dettagliate sulle politiche di sostenibilità e sui rischi ESG nei loro portafogli. Questo ha portato a una maggiore trasparenza e ha spinto i fondi a integrare pratiche sostenibili nelle loro strategie di investimento.

La **Tassonomia UE** [22, 23, 24, 48], è un sistema di classificazione che definisce criteri chiari per determinare se un'attività economica è ambientalmente sostenibile. Questa norma aiuta gli investitori a identificare e finanziare attività che contribuiscono agli obiettivi ambientali, come ad esempio la mitigazione dei cambiamenti climatici. Per i fondi immobiliari, ciò significa una maggiore enfasi su edifici green e progetti di riqualificazione sostenibile.

La **Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)** [49, 50, 51], che ha integrato la NFRD, amplia il perimetro delle imprese tenute a riportare informazioni non finanziarie, includendo anche molte società immobiliari. Questa normativa impone requisiti più stringenti di rendicontazione ESG, aumentando la responsabilità e la trasparenza delle società verso gli investitori e il pubblico.

L'**EU Green Bond Standard (EU GBS)** [52] fornisce una guida chiara per l'emissione di obbligazioni verdi, assicurando che i fondi raccolti siano destinati a progetti sostenibili. Questo standard rappresenta una grande opportunità per i fondi immobiliari di accedere a capitali a costi competitivi, promuovendo allo stesso tempo progetti immobiliari eco-compatibili.

Infine, la **Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD)** [53] richiede alle imprese di identificare e gestire i rischi ESG lungo tutta la catena del valore. Questa normativa obbliga i fondi immobiliari a effettuare una due diligence rigorosa sulle pratiche di sostenibilità dei loro fornitori e partner, migliorando così l'intero ecosistema immobiliare.

L'adozione di queste normative sta trasformando il settore dei fondi immobiliari in Italia, spingendo verso una maggiore sostenibilità e responsabilità. I fondi che si adattano a queste nuove regole, oltre a soddisfare le aspettative normative, saranno anche ben posizionati per attrarre investimenti e creare valore a lungo termine.



**GLI EDIFICI PER UFFICI
E I FONDI IMMOBILIARI
IN ITALIA**

2

2. Gli edifici per uffici e i fondi immobiliari in Italia

2.1 Gli edifici per uffici in Italia: un panorama in evoluzione

Il settore degli edifici ad uso ufficio rappresenta una componente fondamentale del mercato immobiliare non residenziale italiano, svolgendo un ruolo cruciale nell'economia del paese. Questi spazi ospitano una vasta gamma di attività professionali, amministrative e di servizio che sostengono numerosi settori economici, dalla finanza al terziario avanzato.

Negli ultimi anni, il mercato degli uffici ha subito una trasformazione significativa, guidata da cambiamenti nelle modalità di lavoro e da una crescente attenzione alla sostenibilità. La domanda si è orientata sempre più verso spazi flessibili e soluzioni di coworking, in risposta all'aumento del lavoro da remoto e dei modelli di lavoro ibridi. Parallelamente, si è registrato un notevole incremento dell'interesse per edifici certificati green, che rispettano elevati standard di sostenibilità ambientale.

2.1.1 Distribuzione geografica e caratteristiche del mercato

Il mercato degli uffici in Italia presenta una marcata variabilità regionale, sia in termini di distribuzione che di valore. Secondo i dati del 2023, gli archivi catastali registrano oltre 628.000 unità immobiliari classificate come uffici (categoria catastale A/10), con una netta prevalenza nelle regioni settentrionali [54,55]:

- ▷ 53% al Nord;
- ▷ 21% al Centro;
- ▷ 26% al Sud e nelle Isole.

Edifici per uffici in Italia 2023

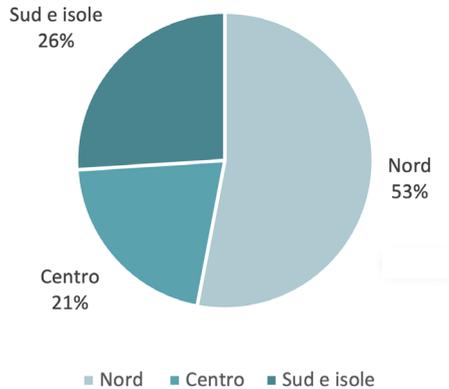


Figura 2.1 – Ripartizione geografica degli edifici per uffici in Italia.

La Lombardia, con 189.668 unità, rappresenta circa il 30% dello stock nazionale, con Milano che si conferma come il fulcro del mercato degli uffici italiano. La città ambrosiana, capitale economica del paese, vanta la più alta concentrazione di edifici per uffici, caratterizzati da grattacieli moderni e strutture all'avanguardia che ospitano sedi di multinazionali, istituzioni finanziarie e studi professionali. Roma, nel Centro Italia, si posiziona come il secondo polo più importante, con una significativa presenza di uffici governativi, ministeriali e sedi di grandi imprese. Il Lazio, con 48.695 unità, domina il mercato degli uffici nel Centro Italia.

Il Sud e le Isole, pur con una minore concentrazione, mostrano comunque una presenza rilevante di uffici, spesso situati in edifici storici adattati all'uso moderno. La Campania guida il Sud con 40.107 unità, mentre la Sicilia si distingue nelle Isole con 35.925 unità.

2.1.2 Indicatori economici di mercato e di consumo energetico

La quotazione media nazionale per gli uffici nel 2023 [56] è stata di 1.311 €/m², in calo dell'1,3% rispetto al 2022. Le quotazioni variano significativamente tra le diverse regioni, con valori più alti nel Nord e più bassi nel Sud e nelle Isole. La Liguria ha la quotazione più alta con 1.927 €/m², mentre la Calabria la più bassa con 839 €/m².

Nel 2023, il canone di locazione medio per gli uffici prime in Italia si è attestato intorno ai 330 €/m²/anno. Tuttavia, questo valore varia significativamente tra le

diverse città. Ad esempio, a Milano il canone medio nel CBD (Central Business District) ha raggiunto i 650 €/m²/anno, mentre a Roma si è attestato intorno ai 450 €/m²/anno.

I costi energetici per gli uffici in Italia nel 2023 sono stati mediamente di circa 25-30 €/m²/anno. Questo valore può variare notevolmente in base all'efficienza energetica dell'edificio, alla sua localizzazione e alle modalità di utilizzo. Gli edifici di classe energetica superiore (A o B) tendono ad avere costi energetici inferiori, che possono scendere fino a 15-20 €/m²/anno, mentre gli edifici meno efficienti possono superare i 40 €/m²/anno.

2.1.3 Qualità costruttiva ed efficienza energetica

La qualità degli edifici per uffici in Italia varia notevolmente in base all'epoca di costruzione e alla localizzazione. Si passa da edifici storici ristrutturati a costruzioni moderne progettate secondo i più recenti standard di sostenibilità ed efficienza energetica.

Gli edifici per uffici possono essere classificati in base all'epoca di costruzione [57]:

- ▷ Prima del 1919: Principalmente in muratura e legno, con finestre in legno e vetro singolo. Generalmente piccole dimensioni, spesso senza isolamento termico.
- ▷ Dal 1920 al 1945: Introduzione del cemento armato, maggiore attenzione ai serramenti, crescita nell'uso di vetro doppio.
- ▷ Dal 1946 al 1971: Uso più diffuso del cemento armato, aumento della superficie media, tecniche costruttive più moderne.
- ▷ Dal 1972 al 1991: Strutture in cemento armato e vetro, maggiore attenzione all'efficienza energetica e all'isolamento termico.
- ▷ Dal 1992 ad oggi: Elevata qualità costruttiva, uso estensivo di vetro e acciaio, tecnologie avanzate per l'efficienza energetica e sistemi di gestione intelligente degli edifici.

Un'analisi delle classi energetiche, basata sui dati del SIAPE¹ (Sistema Informativo sugli Attestati di Prestazione Energetica), rivela che:

- ▷ Il 49,3% degli uffici certificati rientra nelle classi energetiche più basse (E, F e G).
- ▷ Il 41,3% si colloca nelle classi intermedie (B, C, D).
- ▷ Solo il 9,4% raggiunge le classi più efficienti (A1-A4).

¹ <https://siape.enea.it/caratteristiche-immobili> (ultima visita 23/07/2024)

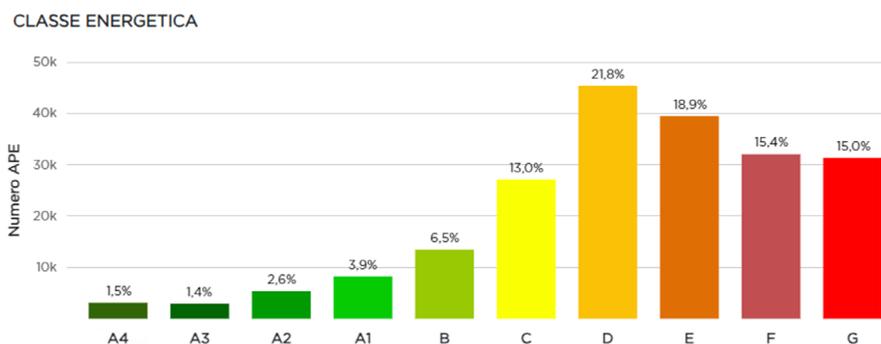


Figura 2.2 - Classi energetiche degli edifici per uffici in Italia
(Fonte: SIAPE).

Le emissioni medie dello stock immobiliare ad uffici italiano sono pari a 53,9 kg CO₂/m².

Gli edifici per uffici NZEB (*Nearly Zero Energy Building*) rappresentano attualmente solo lo 0,4% del totale certificato, ma mostrano prestazioni nettamente superiori, con emissioni medie di 15,1 kg CO₂/m².

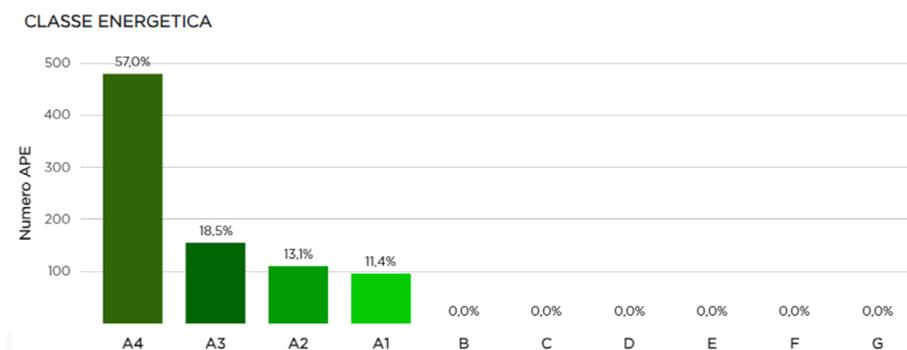


Figura 2.3 - Classi energetiche degli edifici per uffici NZEB
(Fonte: SIAPE).

Gli uffici di nuova costruzione rappresentano il 2,8% del totale, con emissioni medie 25,0 kg CO₂/m².

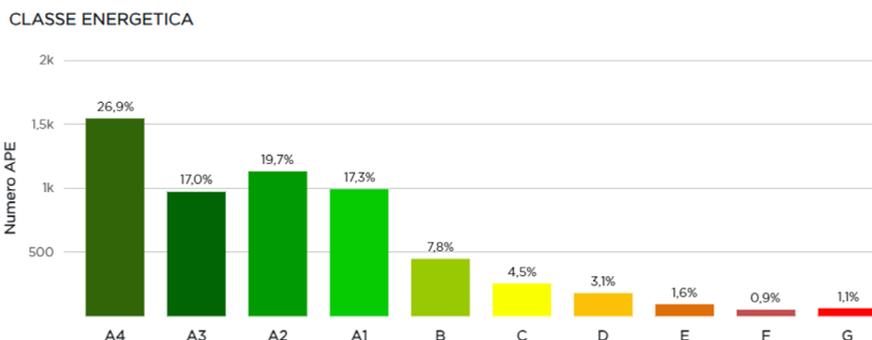


Figura 2.4 – Classi energetiche degli edifici per uffici di nuova costruzione
(Fonte: SIAPE).

Gli edifici per uffici soggetti a ristrutturazione importante rappresentano il 2,7% degli edifici, con emissioni medie 36,0 kg CO₂/m².



Figura 2.5 – Classi energetiche degli edifici per uffici con ristrutturazione importante
(Fonte: SIAPE).

2.1.4 Sfide e opportunità future

Il settore degli uffici in Italia si trova di fronte a importanti sfide legate alla decarbonizzazione e all'efficienza energetica. Secondo le proiezioni del CRREM (*Carbon Risk Real Estate Monitor*), per allinearsi agli obiettivi dell'Accordo di Parigi, gli edifici per uffici italiani dovrebbero ridurre significativamente le loro emissioni nei prossimi decenni:

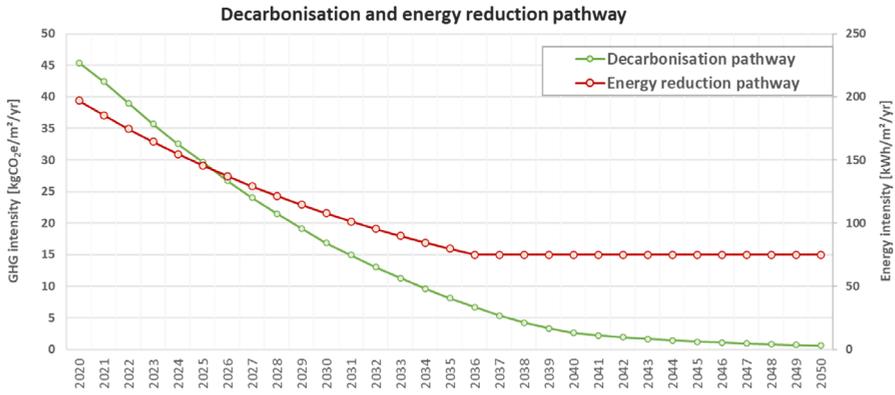


Figura 2.6 – Curva di decarbonizzazione e di intensità energetica (Fonte: CRREM).

Anno di riferimento	GHG Intensity kgCO ₂ e/m ² anno	Energy Intensity kWh/m ² anno
2024	32,5	154,7
2030	16,9	107,7
2040	2,6	75,0
2050	0,6	75,0

Tabella 2.1 – GHG ed Energy Intensity per rispettare gli obiettivi di decarbonizzazione per gli edifici per ufficio.

Questi obiettivi rappresentano sia una sfida che un'opportunità per il mercato, incentivando investimenti in ristrutturazioni energetiche e nuove costruzioni ad alta efficienza.

2.2 I fondi immobiliari e gli investimenti in uffici

I fondi immobiliari giocano un ruolo sempre più rilevante nel mercato degli uffici italiano. Questi veicoli di investimento, gestiti da Società di Gestione del Risparmio (SGR), offrono agli investitori l'opportunità di partecipare al mercato immobiliare con una gestione professionale e diversificata del rischio.

2.2.1 Panoramica dei fondi immobiliari italiani [58]

Il settore dei fondi immobiliari in Italia ha mostrato una crescita costante negli ultimi anni. Nel 2023, si stima che il patrimonio immobiliare detenuto direttamente dai 630 fondi attivi abbia raggiunto i 127 miliardi di euro, con previsioni di ulteriore crescita a 132 miliardi e 650 veicoli nel 2024.

I fondi immobiliari si dividono in diverse categorie:

- ▷ Fondi chiusi: con una durata predefinita e liquidità limitata.
- ▷ Fondi aperti: che offrono maggiore liquidità agli investitori.
- ▷ Fondi riservati: destinati a investitori qualificati.
- ▷ Fondi retail: accessibili al pubblico più ampio.

2.2.2 Focus sugli investimenti in uffici [58]

Gli uffici rappresentano una componente significativa del portafoglio dei fondi immobiliari italiani. Questi investimenti sono particolarmente attraenti per diverse ragioni:

- I. Rendimenti stabili: I contratti di locazione a lungo termine con aziende solide offrono flussi di cassa prevedibili.
- II. Localizzazioni strategiche: I fondi si concentrano su immobili in aree prime delle principali città, dove la domanda è costante.
- III. Potenziale di valorizzazione: La gestione attiva può incrementare il valore degli asset attraverso ristrutturazioni e miglioramenti.
- IV. Adattabilità alle nuove esigenze: La trasformazione degli spazi per rispondere alle nuove modalità di lavoro offre opportunità di innovazione.

Asset Allocation dei fondi immobiliari in Italia (giugno 2023)

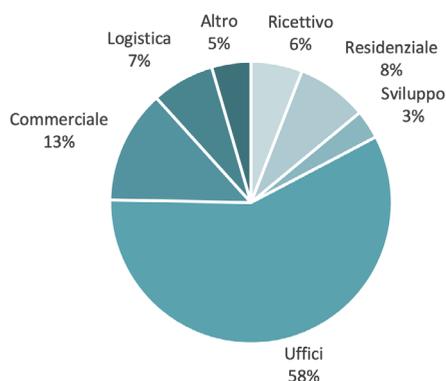


Figura 2.7 – Asset Allocation dei fondi immobiliari in Italia.
(Fonte: Rapporto Fondi Immobiliari Aggiornamento 2023, Scenari Immobiliari).

2.2.3 Tendenze e prospettive future [58]

Il mercato degli uffici nei fondi immobiliari sta evolvendo in risposta a diversi fattori:

- ▷ **Sostenibilità:** Cresce l'attenzione verso edifici green e certificati, in linea con le normative europee e le aspettative degli investitori.
- ▷ **Tecnologia:** L'integrazione di soluzioni smart building diventa sempre più importante per attrarre e mantenere i locatari.
- ▷ **Flessibilità:** Aumenta l'offerta di spazi flessibili e servizi di coworking all'interno dei portafogli dei fondi.
- ▷ **Rigenerazione urbana:** I fondi stanno investendo in progetti di riqualificazione di aree dismesse, contribuendo allo sviluppo sostenibile delle città.

Il mercato degli uffici in Italia è caratterizzato da una domanda robusta nelle principali città, sostenuta da settori come la finanza, il terziario avanzato e le nuove tecnologie. Tuttavia, l'offerta di spazi moderni e tecnologicamente avanzati è ancora limitata, creando opportunità per investimenti in nuovi sviluppi e riqualificazioni.





LA DIAGNOSI ENERGETICA

3

3. La diagnosi energetica

In questo capitolo si entra nel merito di come deve essere condotta una diagnosi energetica di qualità, ed in particolare di come questa dovrebbe essere implementata nel settore immobiliare.

Dopo una panoramica generale sulla metodologia di approccio e sui contenuti minimi che debbono essere soddisfatti per redigere un rapporto di diagnosi conforme ai dettami del D.lgs. 102/2014 [33], si entra nello specifico del settore, suggerendo la struttura energetica, la strategia di monitoraggio e gli Indici di Prestazione Energetica (IPE).

3.1 Redazione del rapporto di diagnosi energetica

Diagnosi Energetica o Audit energetico: *procedura sistematica finalizzata a ottenere un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o commerciale o di servizi pubblici o privati, a individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e a riferire in merito ai risultati [35].*

Per la stesura di un rapporto di diagnosi energetica di qualità e conforme ai dettami legislativi è necessario seguire le indicazioni presenti:

- ▷ nell'allegato 2 del decreto legislativo 102/2014, aggiornato nel luglio 2020 dal D.Lgs. 73/2020 [33];
- ▷ nei chiarimenti del MISE [38];
- ▷ nella normativa tecnica, pacchetto UNI CEI EN 16247:2022 [59];
- ▷ nelle linee guida generali elaborate da ENEA [60];
- ▷ nelle linee guida settoriali pubblicate sul sito Efficienza Energetica dell'ENEA [61].

Come riportato nella norma tecnica UNI CEI EN 16247-1:2022, l'esecuzione di una diagnosi energetica può essere suddivisa nelle seguenti fasi (*Figura 3.1*):

- I. contatti preliminari;
- II. incontro di avvio;
- III. raccolta dati;
- IV. attività in campo;
- V. analisi dati ed individuazione delle opportunità di efficientamento energetico;
- VI. rapporto;
- VII. incontro finale.

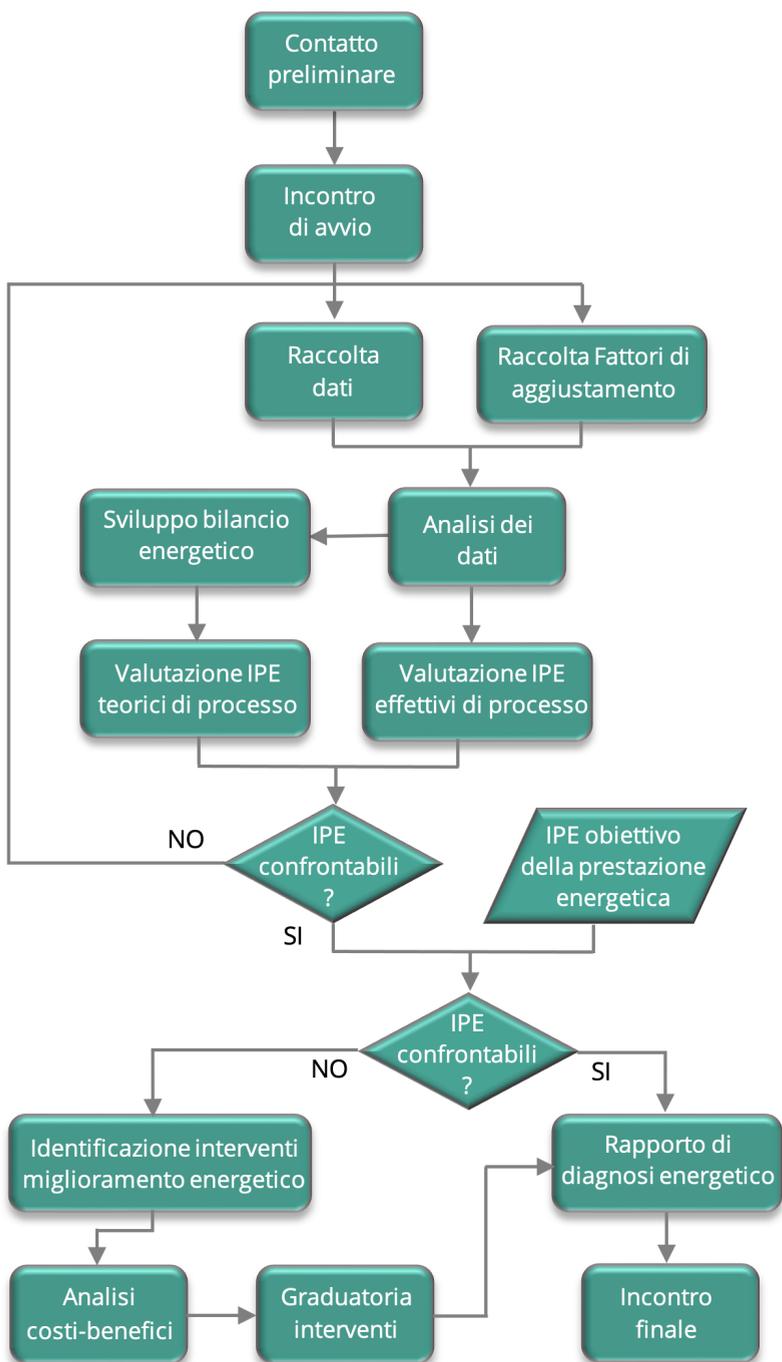


Figura 3.1 - Schema esecuzione diagnosi energetica secondo la UNI CEI EN 16247-1:2022.

Nell'incontro di avvio vengono informate tutte le parti interessate su obiettivi, scopo, confini e accuratezza della diagnosi energetica e concordate le disposizioni pratiche. Vengono pianificate le attività e nominate le persone dell'organizzazione che faranno da interfaccia all'auditor.

In fase di **raccolta dati** l'auditor, in cooperazione con l'organizzazione, deve raccogliere tutte le informazioni necessarie ed utili per comprendere il processo produttivo, le fonti di approvvigionamento energetico e di materie prime, le modalità di gestione del sito produttivo/impianto in termini energetici, economici e organizzazione del lavoro.

L'auditor energetico **deve ispezionare in campo l'oggetto della diagnosi**, valutarne gli usi energetici secondo le finalità, lo scopo ed accuratezza della diagnosi energetica, comprendere le modalità operative, i comportamenti degli utenti e il loro impatto sui consumi e l'efficienza energetica, formulare idee preliminari per le opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica e redigere un elenco di aree e processi per i quali necessitino ulteriori dati quantitativi per successiva analisi. **Deve assicurarsi che le misure ed i rilievi siano effettuati in maniera conforme a quanto previsto dal D.Lgs 102/2014 [33], dai chiarimenti del MISE [38] e dalle linee guida ENEA generali [60] e settoriali [61], che siano affidabili e rappresentativi delle ordinarie condizioni di esercizio.**

In **fase di analisi** l'auditor deve determinare il **"livello di prestazione energetica"** corrente dell'oggetto sottoposto a diagnosi, il quale rappresenterà il riferimento per individuare e valutare **eventuali interventi di miglioramento energetico** e successivamente misurarne i benefici.

A conclusione dell'attività di analisi, l'auditor dovrà redire un rapporto di diagnosi, che dovrà comprendere almeno:

- a. le informazioni generali necessarie a caratterizzare ed individuare il sito produttivo con una descrizione delle attività e, lì dove presenti, dei principali processi produttivi;
- b. l'alberatura energetica del sito comprendente:
 - i. una **scomposizione dei consumi energetici** suddivisi per uso e fonte. Realizzata mediante sia l'ausilio dei **profili di carico o di consumo (ad es. per l'energia elettrica curve potenza/tempo, per il gas consumi mensili o giornalieri)** rappresentativi della realtà aziendale che attraverso l'utilizzo di dati misurati e tracciati o con sistemi di monitoraggio esistenti in sito o attraverso

campagne di misura dedicate¹ [33], [38];

- II. i **flussi energetici** ed un **bilancio energetico** del sito sottoposto a diagnosi;
- III. i **flussi di massa** (prodotti, semilavorati, materie prime) del sito sottoposto a diagnosi;
- c. le **correlazioni tra i consumi energetici e le relative destinazioni d'uso² (o energy use)** ed il successivo calcolo degli **Indicatori di Prestazione Energetica** (IPE) generali e specifici³[62] (vedi *capitolo 3.4*);
- d. lì dove possibile, individuazione attraverso analisi di letteratura tecnica di indici di prestazione energetica di riferimento, e confronto di questi con gli IPE generali e specifici del sito produttivo. Nel caso non siano disponibili indici di letteratura di riferimento effettuare l'analisi con gli indici dello stabilimento relativi ad anni precedenti;
- e. le **opportunità di miglioramento** dell'efficienza energetica scaturite dall'analisi delle prestazioni energetiche del sito e/o apparato analizzato (vedi *capitolo 3.6*). Queste dovranno essere valutate attraverso un'analisi tecnico economica che tenga conto sia dei risparmi energetici ed economici ottenibili, che dei costi necessari all'implementazione e gestione dell'intervento.

Nell'incontro finale l'auditor dovrà:

- I. consegnare il rapporto di diagnosi energetica;
- II. presentare i risultati della diagnosi energetica in maniera da agevolare il processo decisionale dell'organizzazione;
- III. essere in grado di spiegare i risultati.

1 Nel caso di utilizzo di dati provenienti da campagne di misura, è necessario prevedere un periodo di monitoraggio coerente con il sistema/apparato per cui viene svolta la misurazione (vedi *capitolo 3.5*).

2 Per destinazione d'uso o *Energy Use* si intende, secondo la norma UNI CEI EN 16247-1 [59] e UNI EN ISO 50001:2022 [63] il parametro quantificabile in grado di influenzare il consumo energetico (ad esempio: tonnellate prodotte, superficie utile, gradi giorno [65], etc..).

3 L'IPE assume solitamente la forma di un consumo specifico, avendo come denominatore la destinazione d'uso (o *energy use*) e come numeratore il consumo di energia.

3.2 Alberatura dei consumi energetici

Per l'analisi e la rendicontazione dei consumi energetici è necessario attenersi alla suddivisione sia per differenti vettori energetici che per differenti aree funzionali, come illustrato nel *capitolo 3.3*.

In un'ottica di settorializzazione delle diagnosi energetiche ENEA, in collaborazione con ASSOIMMOBILIARE, ha definito una struttura energetica specifica per il settore **Immobiliare ad uso ufficio**. Questo ha permesso di standardizzare il glossario impiegato ed inoltre di individuare in maniera chiara diversi centri di consumo chiamati "**Aree Operative Omogenee**" (AOO) ai quali è associato una specifica destinazione d'uso (es. m² di superficie climatizzata, m³ di volume climatizzato, numero di utenti etc.).

Innanzitutto è necessario definire in maniera chiara il concetto di Sito produttivo e Stabilimento (*Figura 3.2*). Per "**Sito produttivo**" si intende una località geograficamente definita in cui viene prodotto un bene e/o fornito un servizio, entro la quale l'uso dell'energia è sotto il controllo dell'impresa [38 – 60].

All'interno del "Sito produttivo" è possibile definire, ai fini della diagnosi energetica, lo "**Stabilimento**" come l'"Area del sito produttivo all'interno della quale l'energia viene utilizzata/consumata al fine di produrre e/o trasformare beni e/o servizi".

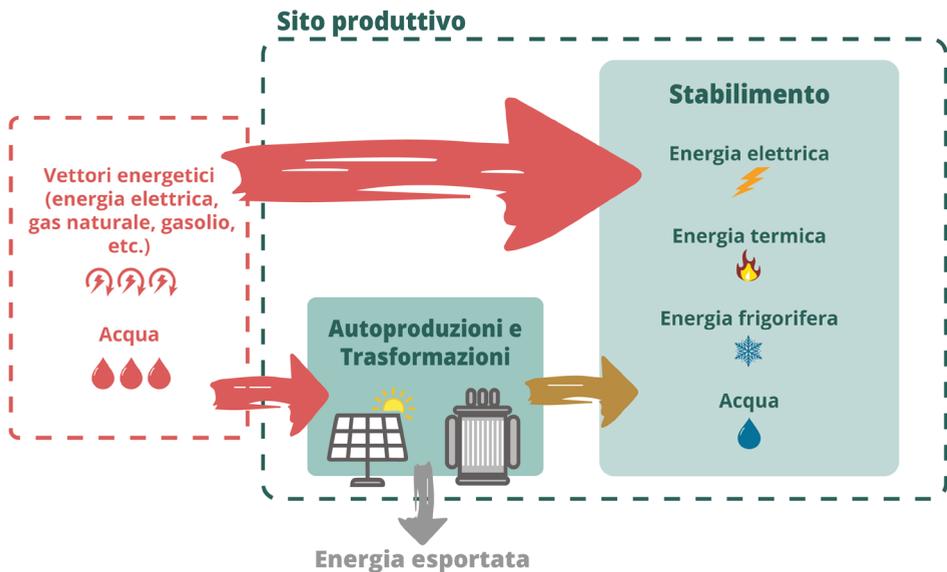


Figura 3.2 – Rappresentazione grafica del Sito produttivo.

Per la caratterizzazione del sito produttivo e per l'analisi dei consumi energetici è opportuno che si tenga conto anche delle informazioni sia generali che specifiche relative all'oggetto della diagnosi energetica, in particolare:

- ▷ **indicazioni di carattere generale** (necessarie per l'individuazione e la localizzazione del sito);
- ▷ **indicazioni sui vettori energetici e di carattere tipologico** (necessarie per l'individuazione degli Indicatori energetici di riferimento IPE);
- ▷ **indicazioni sui consumi energetici del sito** (strutturati in livelli di approfondimento dal più generale al più dettagliato).

Si riporta nella *Figura 3.3*, la schematizzazione generale dell'alberatura energetica concordata con ASSOIMMOBILIARE e i principali *stakeholder* del settore e la relativa suddivisione in livelli di consumo.

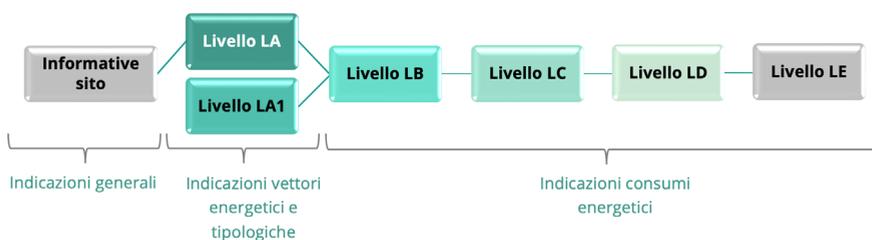


Figura 3.3 – Schematizzazione dell'alberatura energetica.

Nella sezione **Informativo sito**, vanno riportate le informazioni necessarie all'individuazione del sito e dello specifico settore merceologico di riferimento (ragione sociale, partita IVA, indirizzo, codice ATECO, anno riferimento diagnosi energetica).

Nel **Livello LA**, vanno riportati tutti gli approvvigionamenti energetici del sito produttivo, prestando anche attenzione alla natura del contratto di acquisto (energia certificata "Green", contratti di tipo "Power Purchase Agreement - PPA"), l'impiego di fonti rinnovabili di energia, indicando le quantità prodotte ed autoconsumate di rinnovabile elettrico e termico, gli approvvigionamenti energetici del sito produttivo per l'autotrazione ed anche le quantità di acqua utilizzata. Inoltre, vanno riportate le informazioni tipologiche che caratterizzano l'immobile (es. superfici, volumi, caratteristiche costruttive, dati APE, etc.) e che individuano i dati di riferimento del servizio (occupazione degli ambienti, etc.), (*Figura 3.4*).

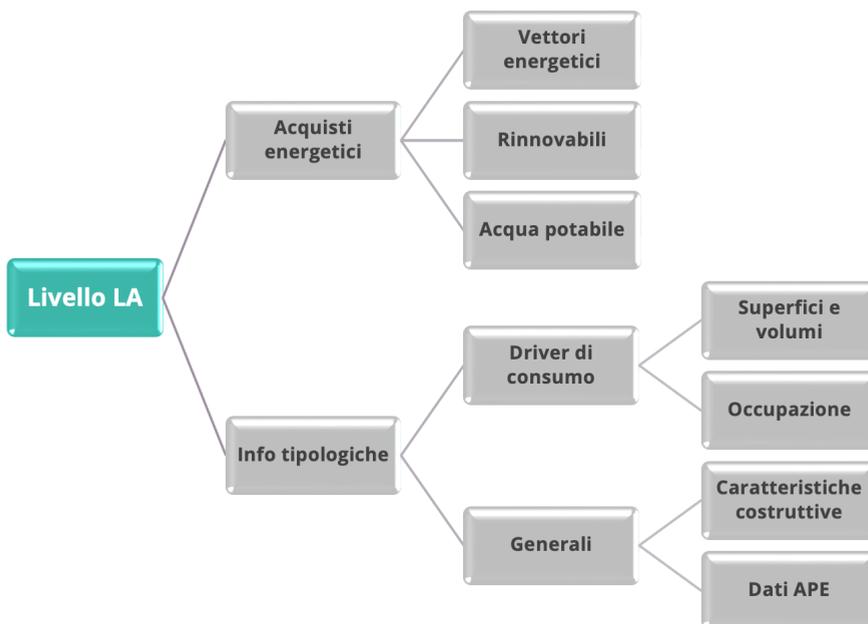


Figura 3.4 – Schematizzazione livello LA dell'alberatura energetica.

Nelle informazioni tipologiche, relativamente alle superfici e ai dati APE, si fa riferimento a diverse tipologie di superfici. Per un quadro più preciso, nella *Tabella 3.1* si riportano alcune descrizioni specifiche.

Tipologia	Definizione
Superficie utile	Superficie calpestabile di pavimento, misurata al netto della superficie accessoria e di murature, pilastri, tramezzi e vani di porte e finestre. Può riguardare l'area uffici, gli spazi comuni interni, il ristorante/mensa/bar, gli spazi non climatizzati e gli spazi comuni esterni).
Superficie totale climatizzata	Superficie calpestabile dei volumi interessati dalla climatizzazione, misurata al netto di murature, pilastri e tramezzi, ove l'altezza sia maggiore di 1,50 m e comprensiva delle proiezioni sul piano orizzontale delle rampe relative ad ogni piano nel caso di scale interne.
Superficie esterna illuminata	Area esterna privata, illuminata con sorgenti luminose artificiali (generalmente area parcheggi, camminamenti esterni etc.).

Tipologia	Definizione
Superficie totale illuminata	Superficie illuminata con sorgenti luminose artificiali, data dalla somma delle superfici utili illuminate interne climatizzate e non climatizzate (autorimessa e magazzini) e dalla superficie esterna illuminata.
Superficie verde	Area esterna privata libera da costruzioni, sistemata in superficie a prato o a giardino di pertinenza dell'edificio esistente.

Tabella 3.1 – Definizioni tipologie di superfici.

Nel **Livello LA.1** (Figura 3.5), va riassunta la modalità in cui i diversi vettori energetici entranti nel sito produttivo **immobiliare ad uso ufficio** vengono impiegati direttamente oppure inviati ad impianti di trasformazione e conversione dell'energia (es. cogenerazione/trigenerazione, ORC, caldaie, centrali frigo, etc.).

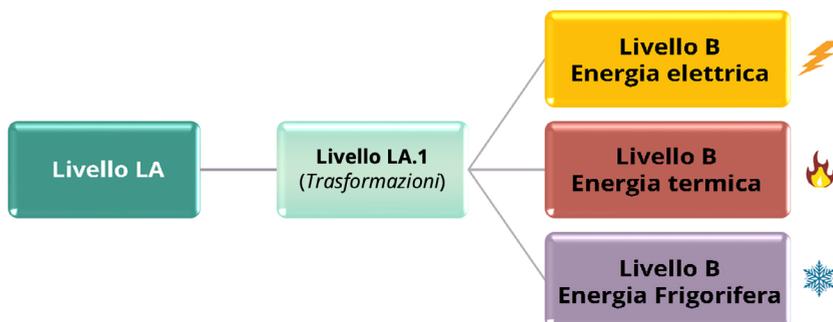


Figura 3.5 – Schematizzazione livelli LA.1 e LB dell'alberatura energetica.

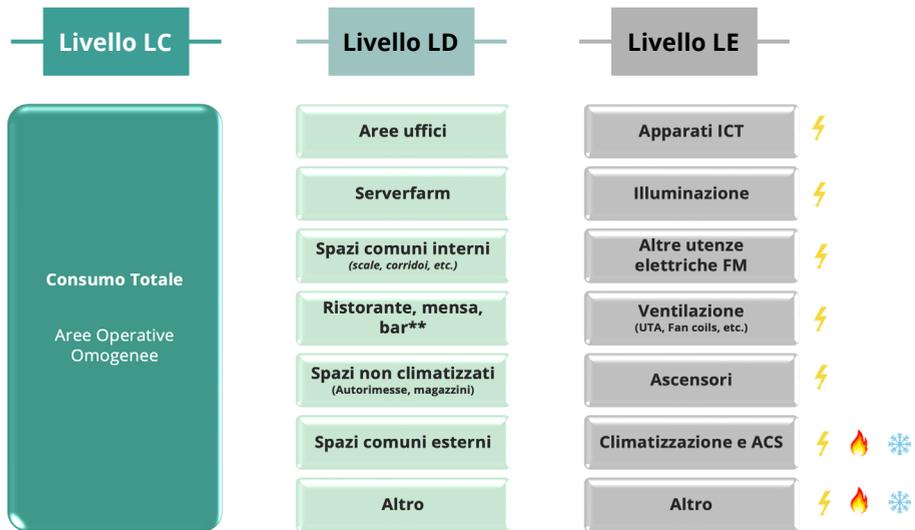
Nel **Livello LB**, vengono riportati i valori di consumo energetico, suddivisi per ciascun vettore, effettivamente imputabili allo stabilimento (aree uffici). Si differenziano dal livello LA nel caso in cui vi siano sistemi di autoproduzione o trasformazione dell'energia (es. Cogenerazione). A questo livello di dettaglio vengono confrontati i consumi effettivi con quelli rendicontati.

Nell'alberatura proposta, i successivi livelli di dettaglio (Figura 3.6) vengono settorializzati in base alle Aree Operative Omogenee (AOO) e alle specifiche tipologie di utilizzo energetico (utenze o centri di consumo).

Nei **Livelli LC e LD** è prevista la suddivisione dei consumi energetici, oltre che per vettore energetico (energia elettrica, termica e frigorifera), per Area Operativa Omogenea. Le AOO definite all'interno di un sito produttivo immobiliare ad uso ufficio sono quelle riportate in *Figura 3.6* e descritte nel *capitolo 3.3*.

Nel **Livello LE** si riporta il dettaglio della suddivisione del consumo di ciascun vettore energetico all'interno delle diverse Aree Operative Omogenee (utenze specifiche e centri di consumo).

Non necessariamente tutte le "utenze specifiche" riportate a livello LE debbono essere considerate all'interno di ciascuna AOO individuata a livello LD, è sufficiente riportare quelle che caratterizzano l'AOO.



* In tutte le aree funzionali omogenee presenti nel livello LD sono da considerare l'area relativa ai servizi igienici ed eventuali spogliatoi qualora presenti;

** Nell'area funzionale omogenea "Ristorante, mensa, bar" è compresa anche l'area Cucina dedicata, qualora presente.

Figura 3.6 - Schematizzazione livello LC, LD, LE dell'alberatura energetica.

Il compito del Responsabile della Diagnosi Energetica (REDE) è individuare all'interno delle diverse AOO (Livello LD) i consumi delle specifiche utenze (Livello LE).

Si riportano di seguito alcuni esempi di consumo tipici rilevabili nell'area uffici e nell'area server farm (*Figura 3.7*).

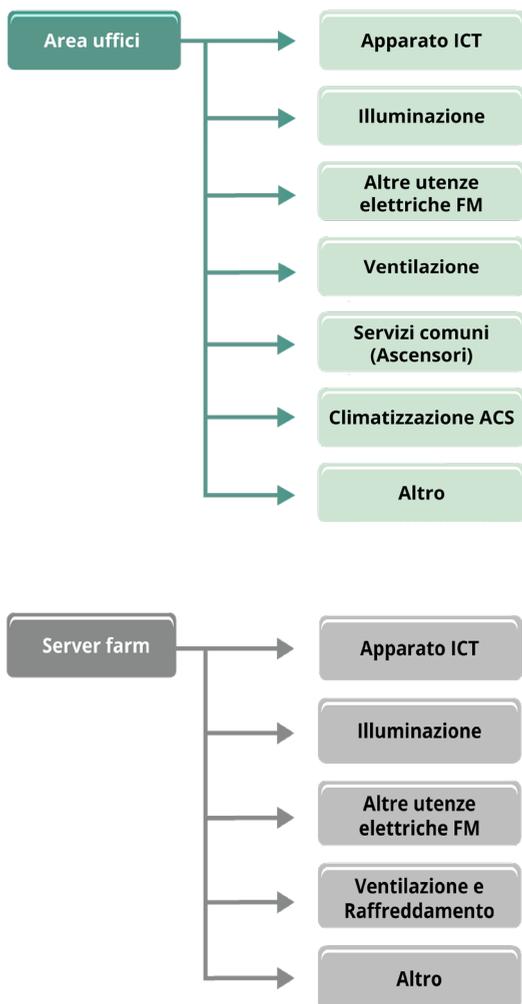


Figura 3.7 – Esempio individuazione utenze per le AOO “Area uffici” e “Server farm”.

3.3 Suddivisione del sito in Aree Operative Omogenee (AOO)

Di seguito si riportano le specifiche descrizioni delle diverse aree operative omogenee (*Tabella 3.2*) e delle principali tipologie di utenze e centri di consumo (*Tabella 3.3*), identificabili nel settore immobiliare ad uso ufficio.

Area operativa omogenea (AOO)*	Descrizione
Area uffici	Spazio di lavoro chiuso con relative attrezzature in cui le persone svolgono un determinato impiego, adatto per lavori che richiedono livelli di concentrazione media e lavori collaborativi in piccoli gruppi. Deve essere conteggiata anche l'area relativa alle sale meeting e l'area dei servizi igienici.
Server Farm	Area funzionale dedicata agli apparati informatici, include i consumi di energia elettrica per gli apparati server, switch/hub, unità backup/disco, ups, router ed i consumi relativi all'illuminazione e alla climatizzazione dedicata.
Spazi comuni interni	Area di collegamento tra i vari ambienti interni, generalmente costituita da collegamenti orizzontali (ingresso e corridoi) e collegamenti verticali (scale ed ascensori).
Ristorante/ mensa/bar	Area dedicata al ristoro che comprende anche le aree dedicate alla preparazione e alla conservazione dei cibi.
Spazi non climatizzati	Area interna, non interessata da servizi di climatizzazione (generalmente riconducibile all'area parcheggio, magazzini).
Spazi comuni esterni	Identifica tutte quelle aree di pertinenza dello stabilimento produttivo come parcheggi esterni, giardini, guardiania esterna, etc.
Altro	Qualsiasi altra area funzionale, non riconducibile alle categorie precedentemente elencate.

* In tutte le Aree Operative Omogenee presenti nel livello LD sono da considerare l'area relativa ai servizi igienici ed eventuali spogliatoi qualora presenti.

Tabella 3.2 –Descrizione sintetica delle Aree Operative Omogenee che contraddistinguono il sito immobiliare.

Utenze	Descrizione
Infrastruttura informatica ICT	Consumi relativi al funzionamento degli apparati informatici, ovvero di tutti gli apparecchi funzionali alle attività d'ufficio (pc, stampanti/scanner, schermi, proiettori etc.) e gli apparecchi informatici presenti nell'area <i>Server-farm</i> (<i>switch/hub</i> , unità <i>backup</i> /disco, ups, router).
Illuminazione	Consumi elettrici relativi all'illuminazione degli ambienti, servizi, postazioni lavoro e di tutti gli spazi di transito.
Altre utenze elettriche FM	Questa area funzionale comprende tutti i consumi di energia elettrica collaterali rispetto alle attività d'ufficio (distributori automatici di bevande, apparecchiature elettriche dedicate per l'area mensa/bar etc.).
Ventilazione	Consumi di tipo elettrico necessari per la movimentazione dell'aria negli ambienti (ausiliari della Climatizzazione estiva e invernale, es.: <i>fancoil</i> , etc.).
Ascensori e scale mobili	Consumi elettrici relativi al trasporto di persone e cose, compresi i consumi per modalità stand-by.
Climatizzazione e ACS	Consumi di tipo elettrico o di altri vettori energetici per la climatizzazione degli ambienti e per la produzione di acqua calda sanitaria. Si tratta generalmente di consumi di tipo elettrico o di gas naturale che alimentano impianti di tipo centralizzato collegati a terminali posti nei vari ambienti e nelle varie sezioni della struttura immobiliare. È escluso da questa tipologia di consumi il consumo elettrico degli ausiliari della climatizzazione (pompaggio e ventilazione, consumo elettrico delle caldaie) e delle UTA.
Altro	In questa area funzionale ricadono tutti i consumi elettrici o di altri vettori energetici non riconducibili categorie precedenti.

Tabella 3.3 – Descrizione sintetica utenze che contraddistinguono le Aree Operative Omogenee.

Si sottolinea che la descrizione delle utenze che contraddistinguono le AOO non è esaustiva e sarà cura dell'*Energy Manager* e del Responsabile della Diagnosi Energetica (REDE) individuare ulteriori utenze caratterizzate da consumi significativi e riportarli in descrizione.

3.4 Indicatori di prestazione energetica

Uno dei punti chiave nella valutazione delle prestazioni energetiche di un sito, di un processo, etc. è il **confronto delle sue prestazioni con quelle di impianti/processi simili** (*benchmarking*). Questa fase di confronto però non può prescindere da una chiara standardizzazione delle caratteristiche del processo che permetta confronti omogenei con, ad esempio, Indici di Prestazione Energetica presenti in letteratura, o anche più semplicemente confronti con impianti simili di proprietà della stessa azienda.

La metodologia di *benchmarking* dell'efficienza energetica è definita nella norma UNI CEI EN 16231:2012 [64], che ne definisce i requisiti e ne fornisce raccomandazioni. La norma prevede la definizione di dati chiave e di indicatori del consumo energetico.

Il *benchmarking* del consumo energetico, sia interno (tramite analisi dello storico/*trend*) che esterno (confronto con altre imprese del settore), è un potente strumento per la valutazione delle prestazioni ed il miglioramento dell'efficienza energetica tramite l'analisi delle tendenze del consumo energetico, dei costi dell'energia e del consumo energetico specifico.

Tra gli strumenti maggiormente utilizzati per il *benchmarking* prestazionale troviamo gli *Energy Performance Indicators* (EnPI) o **IPE (Indici di prestazione energetica)**.

Lo scopo di definire gli indici di prestazione energetica è quello di individuare valori di riferimento tali da permettere alle aziende di pianificare in modo appropriato la propria politica energetica, in linea con i dettami previsti dalla normativa di riferimento e successivi chiarimenti [33], [38]. Tali valori possono essere relativi all'intero sito produttivo allo stabilimento (livello LB), ad un singolo processo produttivo, ad un'area/reparto aziendale, ad una singola fase del processo produttivo. L'IPE assume solitamente la forma di un consumo specifico, avendo come denominatore la destinazione d'uso (o *energy use*) e come numeratore il consumo di energia:

$$IPE \left[\frac{u.m.energia}{u.m.destinazione\ druso} \right] = \frac{Consumo [u.m. (es.: kWh, MJ, tep)]}{Destinazione\ d'uso [u.m. (es.: t, kg, m^2, etc)]}$$

Dove, per destinazione d'uso o *Energy Use* si intende, secondo la norma UNI CEI EN 16247-1:2022 e UNI EN ISO 50001:2018 [63], il parametro quantificabile in grado di influenzare il consumo energetico (ad esempio: tonnellate prodotte, superficie utile, gradi giorno [65], etc.).

Il *benchmarking* delle prestazioni energetiche consente di:

- ▷ quantificare le tendenze dei consumi energetici (fissi e variabili) rispetto ai livelli di produzione o servizio;
- ▷ confrontare le prestazioni energetiche del settore rispetto a vari livelli di produzione o servizi;
- ▷ identificare le best practice di settore;
- ▷ quantificare in maniera oggettiva eventuali margini disponibili per la riduzione dei costi energetici.

Esso, inoltre, costituisce la base per impostare il piano di monitoraggio e i target energetici da raggiungere.

Sulla base di quanto detto, l'individuazione e l'analisi degli IPE deve essere coerente con l'alberatura energetica del sito analizzato.

Solitamente è possibile definire due categorie di IPE:

- I. **Indicatori di Prestazione Energetica di tipo generale (IPE_g)** che normalizzano i consumi di sito (sia relativamente ai singoli vettori energetici che totali) rispetto alla destinazione d'uso di riferimento del sito oggetto di analisi.
- II. **Indicatori di Prestazione Energetica di tipo specifico (IPE_s)** che normalizzano i consumi (sia relativamente ai singoli vettori energetici che totali) delle aree funzionali o AOO, reparti o utenze (Livello LE) rispetto alla destinazione d'uso associata. Ad esempio:
 - per l'IPE di una centrale per la produzione di aria compressa sarebbe opportuno correlare il consumo energetico alla portata di aria compressa prodotta (destinazione d'uso);
 - Per l'IPE relativo all'illuminazione dei locali sarebbe opportuno correlare il consumo energetico alla superficie dei locali illuminati (lì dove possibile, tenendo anche in considerazione i diversi livelli di illuminamento minimi previsti per legge e le ore di accensione).

Tipicamente la destinazione d'uso (*energy use*) generale, nell'ambito del settore terziario, corrisponde alla superficie del sito (espressa in metri quadri).

È importante sottolineare che resta alla professionalità del REDE e alla conoscenza dettagliata dell'*Energy Manager* di sito (qualora presente), la valutazione libera anche di ulteriori destinazioni d'uso a cui riferire i consumi energetici.

Nel caso del settore immobiliare dove solitamente l'incidenza della climatizzazione gioca un ruolo importante sui consumi di sito, nell'analisi di *benchmark* potrebbe essere utile considerare destinazioni d'uso diverse (es. volume climatizzato, numero di utenti, etc.) e confrontare le prestazioni dei siti anche in funzione dei gradi giorno [65] o più genericamente delle zone climatiche.

Nella valutazione degli indici di Prestazione Energetica di tipo Specifico (IPE_s) è necessario correlare in maniera coerente i consumi con la destinazione d'uso più consona.

Nella *Tabella 3.4* seguente sono riassunte le destinazioni d'uso specifiche di riferimento per alcune delle principali utenze e servizi che contribuiscono maggiormente ai consumi energetici per il settore immobiliare ad uso ufficio. Tale classificazione, nel *capitolo 3.5*, viene utilizzata per identificare i centri di consumo principali per cui sarebbe opportuno approntare un sistema di monitoraggio dei consumi energetici attraverso l'utilizzo di strumentazione fissa o mobile.

Utenza	Destinazione d'uso o Energy Use	Unità di misura
Illuminazione	Superficie utile illuminata	Metri quadri [m ²]
Infrastruttura informatica ICT	Superficie utile	Metri quadri [m ²]
	Utenti	Numero [n]
Climatizzazione e ACS	Superficie utile climatizzata	Metri quadri [m ²]
	Gradi Giorno	Gradi Giorno [G.G]
Unità trattamento aria (UTA)	Superficie utile climatizzata	Metri quadri [m ²]
	Volume utile climatizzato	Metri cubi [m ³]
Infrastruttura informatica Server Farm	Consumo dei soli apparati ICT	Consumo apparati ICT [kWh]
Impianti di pompaggio	Acqua pompata	Metri cubi [m ³]
Trattamento acque	Acqua trattata	Metri cubi [m ³]

Tabella 3.4 - Destinazioni d'uso specifiche di servizi e utenze presenti nei siti immobiliari.

3.5 Piano di monitoraggio dei consumi energetici

Secondo quanto prescritto dall'Art. 8 del D.lgs. 102/2014 [33], la Diagnosi Energetica deve essere eseguita in conformità con i "Criteri Minimi" contenuti nell'Allegato 2 al citato decreto, il quale stabilisce che la Diagnosi Energetica deve essere "basata su dati operativi relativi al consumo di energia aggiornati, misurati e tracciabili".

Il Ministero dello Sviluppo Economico ha, successivamente, chiarito (Allegato II del Documento di "Chiarimenti del novembre 2016" [38]) che, ai fini della conformità della Diagnosi Energetica, non è necessario misurare tutti i consumi energetici, ma è possibile definire un "Piano di Monitoraggio" che includa quelli associati alle aree funzionali, opportunamente identificate, che contribuiscono in maniera significativa al Consumo complessivo dello Stabilimento.

In questo capitolo verranno descritte le procedure per implementare un piano di monitoraggio dei consumi energetici per il settore immobiliare ad uso ufficio.

3.5.1 Modalità di Misurazione

Di seguito è riportato, integralmente, il testo del paragrafo 7.5 delle "Linee Guida per il Monitoraggio nel settore industriale per le Diagnosi Energetiche ex art. 8 del D.lgs. 102/2014" [60] pubblicate da ENEA.

Le misure potranno essere effettuate adottando le seguenti metodologie:

- ▷ **campagne di misura:** la durata della campagna di misura dovrà essere scelta in modo rappresentativo (in termini di significatività, riproducibilità e validità temporale) rispetto alla tipologia di processo dell'impianto (es: impianti stagionali). La durata minima della campagna dovrà essere giustificata dal redattore della diagnosi. Occorrerà inoltre rilevare i dati di produzione relativi al periodo della campagna di misura;
- ▷ **installazione di strumenti di misura:** nel caso di installazione "permanente" di strumentazione di misura, è opportuno adottare come riferimento l'anno solare precedente rispetto all'anno d'obbligo della realizzazione della diagnosi energetica.

Tipologie di strumenti ammessi:

- ▷ **misuratori esistenti;**
- ▷ **nuovi misuratori** (manuali, in remoto, con software di monitoraggio con funzioni di memorizzazione e presentazione delle misure stesse).

Le misure devono essere conformi agli standard nazionali ed internazionali di riferimento (ISO, UNI, Protocollo IPMVP, etc.).

3.5.2 Fasi per la progettazione del piano di monitoraggio

In questo paragrafo, ed in particolare nella *Tabella 3.5*, è riportata una descrizione sintetica delle fasi per la progettazione di un Piano di Monitoraggio applicabile ad un sito del settore immobiliare ad uso ufficio. È importante sottolineare come, in questo caso, per la valutazione dei requisiti minimi di monitoraggio ci si differenzi da quanto indicato nelle linee guida ENEA [60] per il settore terziario (in cui il settore immobiliare ricade). A differenza delle linee guida ENEA, infatti, le percentuali minime di consumi da monitorare non si riferiscono più ai Servizi Ausiliari ed ai Servizi Generali, superati con questo quaderno, ma al monitoraggio sia dei vettori energetici entranti ed uscenti nei principali sistemi di trasformazione (come ad esempio, impianti di cogenerazione, frigoriferi, generatori di calore, etc..) che dei consumi delle AOO.

Fase operativa	Descrizione
Determinare il consumo del sito	Sommare i dati di consumo del sito (rilevabili dai contatori generali o dalle fatture di acquisto nel caso, ad esempio, del gasolio) relativi a ciascun vettore energetico impiegato dopo averli convertiti in unità di misura omogenee (es. tep, MJ, kWh). Il consumo di sito è costituito anche dai vettori energetici autoprodotti (tramite fonti energetiche rinnovabili) ed auto consumati (Livello LA).
Escludere dal monitoraggio i vettori energetici che hanno un contributo sul consumo del sito <10%	Valutare il contributo di ciascun vettore energetico sul consumo complessivo del sito e determinare quelli che hanno un contributo complessivo <10%. I vettori energetici, impiegati in un tipico edificio terziario ad uso ufficio o bancario, che contribuiscono in misura superiore al 10%, sono, nella generalità dei casi: energia elettrica e gas naturale.
Individuare le utenze del sistema energetico più significative (in cui installare un sistema di monitoraggio)	Prediligere quadri generali e sistemi di trasformazione energia es. gruppi frigo, caldaie possibilmente utilizzando sistemi di monitoraggio dedicati.

Fase operativa	Descrizione		
<p>Determinare il livello di copertura minima garantito dal piano di monitoraggio</p>	<p>Consumo annuo di riferimento (tep/anno)</p>	<p>Copertura Vettori Energetici livello LA.1 (Trasformazioni)</p>	<p>Copertura consumi Aree Operative omogenee (livello LC)</p>
	<p>> 1.000 tep</p>	<p>60 %</p>	<p>35 %</p>
	<p>600 tep < consumi ≤ 1.000 tep</p>	<p>50 %</p>	<p>30 %</p>
	<p>100 tep < consumi ≤ 600 tep</p>	<p>40 %</p>	<p>25 %</p>
	<p>Nota il consumo del sito è possibile determinare il livello di copertura minima che il sistema di monitoraggio dei consumi energetici dovrà soddisfare relativamente sia alle principali centrali di trasformazione energetica che ai principali centri di consumo energetico così come definiti nel <i>capitolo 3</i>.</p> <p>In particolare, in merito alle trasformazioni energetiche si ritiene di notevole importanza avere contezza almeno dell'intensità dei vettori energetici in ingresso alle principali centrali di trasformazioni. Per il calcolo del Livello di copertura di LA.1 viene attribuito un peso del 100% se vengono monitorati tutti i vettori (entranti ed uscenti) al generico impianto ed un peso del 50% se viene monitorato solo il vettore entrante. Nel caso di più impianti di trasformazione sarà necessario fare una media pesata sui consumi energetici dei differenti livelli di coperture (vedasi esempio capitolo 3.5.4).</p> <p>Nel caso, ad esempio, di un edificio caratterizzato da un consumo annuo di 500 tep, si dovrà prevedere un Piano di Monitoraggio che garantisca una copertura del 40% dei vettori energetici in ingresso agli impianti di trasformazione dell'energia (Livelli LA.1), e la copertura del 25% dei consumi totali associati alle aree funzionali omogenee (Livello LC).</p>		
<p>Determinare il livello di copertura minimo garantito dal piano di monitoraggio</p>	<p>Se il sito utilizza solo impianti elettrici e si ha presumibilmente, esclusi dalla analisi gli altri vettori energetici, il piano di Monitoraggio riguarderà solo l'energia elettrica, diversamente dovrà riguardare anche gli altri vettori energetici.</p>		
	<p>Nota la copertura minima dei consumi che il Piano di Monitoraggio dovrà garantire, è possibile determinare le aree funzionali e gli impianti da includere nel Piano. A tale scopo ci si deve riferire al Livello D della Struttura Energetica Aziendale. I consumi da includere nel Piano di Monitoraggio saranno quelli delle aree funzionali, processi ed impianti la cui somma garantisce le coperture definite.</p>		

Tabella 3.5 – Fasi per il processo di progettazione di un Piano di Monitoraggio.

3.5.3 Esempio per il monitoraggio energetico

A titolo esplicativo, nella *Figura 3.8*, si riporta per le AOO identificate ai livelli LD e LE della struttura energetica aziendale, le utenze o servizi che, nella maggior parte dei casi, sono presenti e potrebbero garantire i livelli di copertura richiesti. Generalmente, gran parte del consumo energetico (in media tra il 60 e il 70%) riguarda la climatizzazione degli ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria. Rilevanti sono anche i consumi attribuibili all'illuminazione e alle infrastrutture informatiche ICT, che in media si attestano entrambe tra il 10 ed il 15% dei consumi energetici totali. La *Server-farm* e la mensa quando presenti hanno un consumo che si attesta intorno al 10% del totale. Le altre utenze si attestano in media al di sotto del 5%.

Rimane a carico del Responsabile della Diagnosi Energetica (REDE) decidere quali utenze monitorare, controllando con i consumi effettivi, che i livelli di copertura richiesti siano raggiunti sia per i vettori energetici in ingresso agli impianti di trasformazione sia per i consumi totali delle Aree Operative Omogenee.

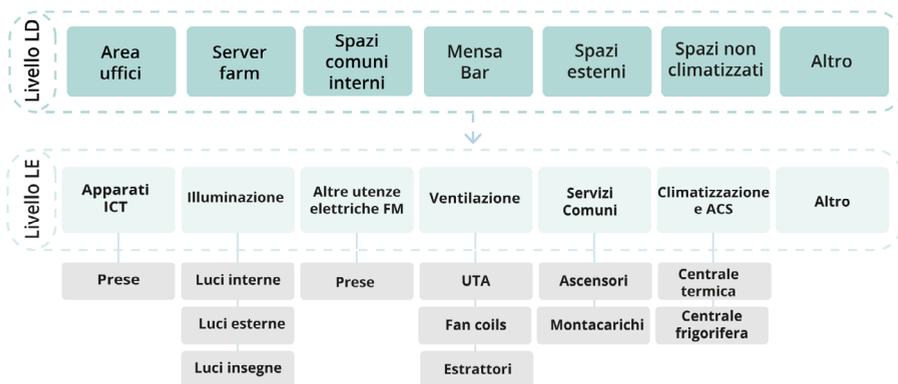


Figura 3.8 - Schema energetico tipico del settore terziario uso uffici.

Nei paragrafi successivi è proposto un esempio di Piano di Monitoraggio sviluppato tenendo conto dei criteri descritti e proposti nelle Linee Guida citate. Al fine di rispettare le soglie minime riportate da ENEA, si suggerisce di monitorare con priorità i centri di trasformazione e generazione dell'energia più significativi ovvero le centrali termiche e frigorifere e gli impianti fotovoltaici o cogenerativi laddove presenti. Invece, le aree omogenee più significative dal punto di vista energetico, saranno quasi sicuramente l'area uffici e la *server-farm* o l'area mensa-bar qualora presenti. I criteri di significatività sono decisi

dall'azienda in funzione della strategia energetica. Si può decidere di monitorare impianti che consumano molto, al fine di definire una baseline per la verifica del risparmio, e valutare la sostituzione con tecnologie più innovative.

3.5.4 Esempio pratico e verifica percentuale copertura minima

In *Figura 3.9* è riportata la distribuzione dei consumi energetici ed il consumo annuo di energia primaria calcolato in tep, che permette di individuare la percentuale di copertura da soddisfare con il piano di monitoraggio. Nel caso specifico a fronte di **297,6 tep di consumo annuo**, la percentuale di copertura prevista è del **40%** dei vettori energetici in ingresso e uscita alle principali centrali di trasformazioni (Livello LA1) e la percentuale di copertura del **25%** dei consumi totali associati alle aree funzionali omogenee (Livello LC) identificate nel *capitolo 3.3*.

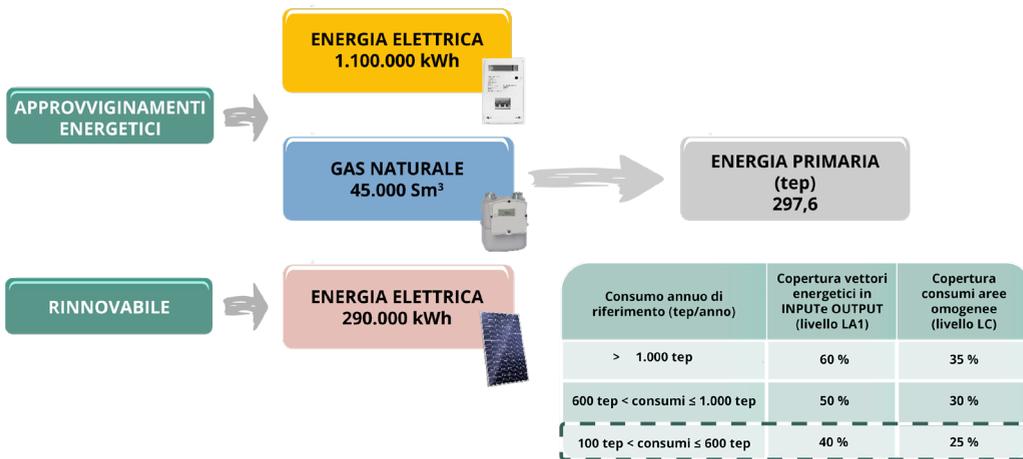


Figura 3.9 – Distribuzione consumi energetici e individuazione percentuale copertura da soddisfare.

In *Figura 3.10* viene valutato il rispetto della percentuale minima di copertura di vettori energetici in ingresso e uscita alle principali centrali di trasformazioni. Nel calcolo della copertura relativa alle trasformazioni vengono attribuite 3 percentuali differenti, valutate in base al modo in cui vengono fatte le misurazioni di monitoraggio dei vettori energetici. Viene attribuita una quota del **100%**, qualora per il singolo vettore si hanno dati in ingresso e in uscita alla centrale di trasformazione, del **50%** qualora per il singolo vettore si hanno

dati in ingresso, ma non in uscita alla centrale di trasformazione ed infine una quota dello **0%** dei consumi qualora non si hanno dati di monitoraggio sia in ingresso che in uscita alla centrale di trasformazione.

Come evince dalla figura, il calcolo della percentuale di copertura da soddisfare deve tener conto dei diversi pesi percentuali attribuibili.

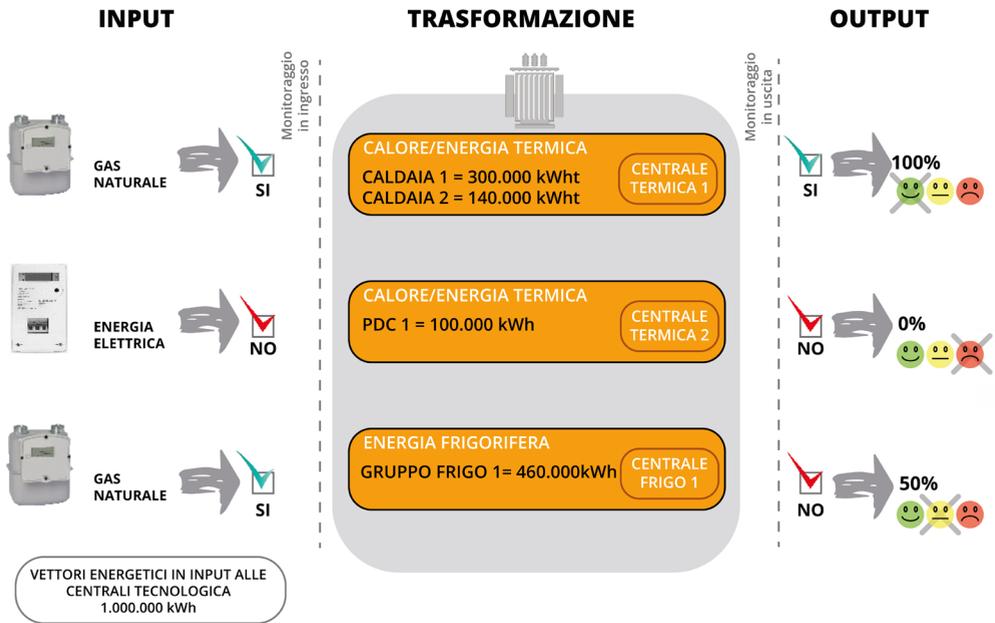


Figura 3.10 – Analisi percentuale monitoraggio dei vettori in ingresso e uscita dalla centrale di trasformazione.

Percentuale copertura vettori energetici nella centrale di trasformazione:

$$\frac{440.000 \text{ kWh} (100\%) + 100.000 \text{ kWh} (0\%) + 460.000 \text{ kWh} (50\%)}{1.000.000 \text{ kWh}} * 100\% = \frac{670.000 \text{ kWh}}{1.000.000 \text{ kWh}} * 100\% = 67\%$$

VERIFICATO

La percentuale di copertura minima risulta soddisfatta poiché superiore al 40% richiesto.

In *Figura 3.11* viene valutato il rispetto della percentuale di copertura dei consumi totali associati alle aree funzionali omogenee (Livello LC) identificate nel *capitolo 3.3*. Nel calcolo della copertura dei consumi totali, viene attribuita

una quota del 100%, ai consumi della singola utenza presente in una delle aree funzionali omogenee, qualora questi siano monitorati da strumentazione fissa o attraverso misure indirette (campionamenti, campagne di misura, ecc.) in un intervallo temporale minimo significativo (Almeno 30 giorni per ogni stagione termica (oppure 15 giorni ogni trimestre).

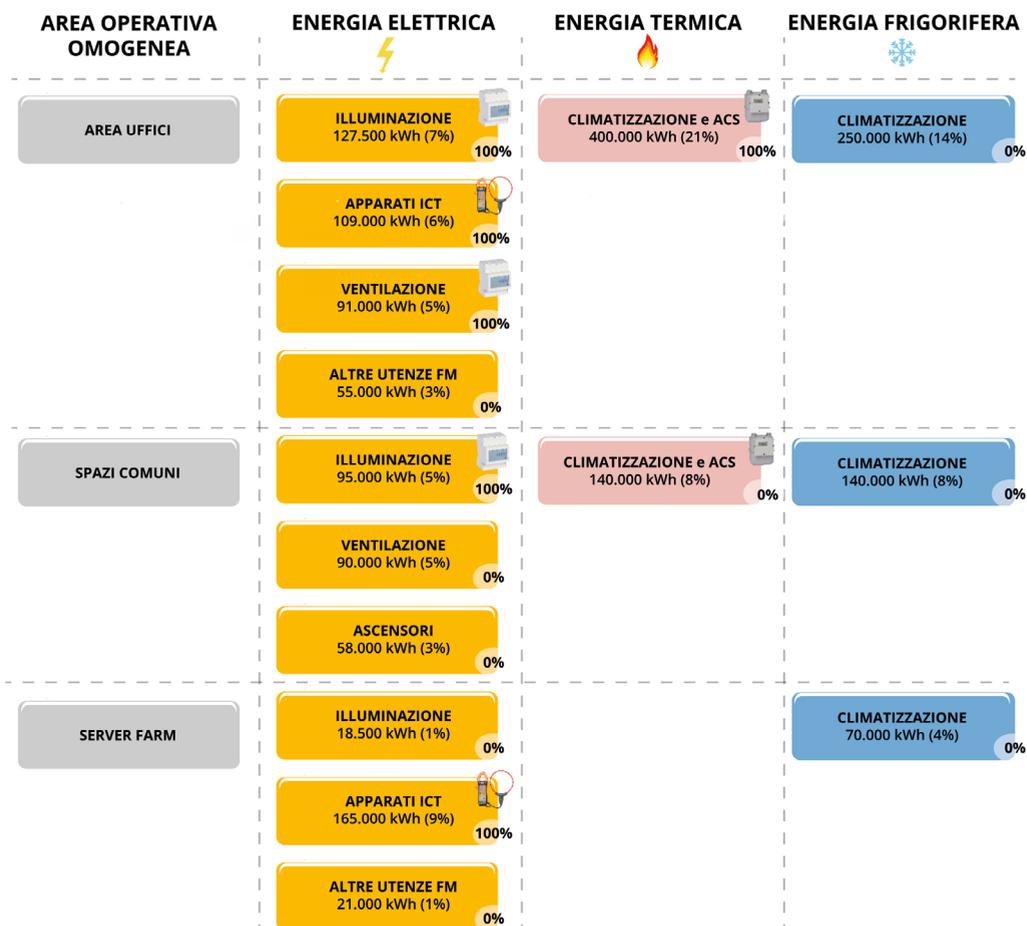


Figura 3.11 - Analisi percentuale monitoraggio delle Aree Operative Omogenee.

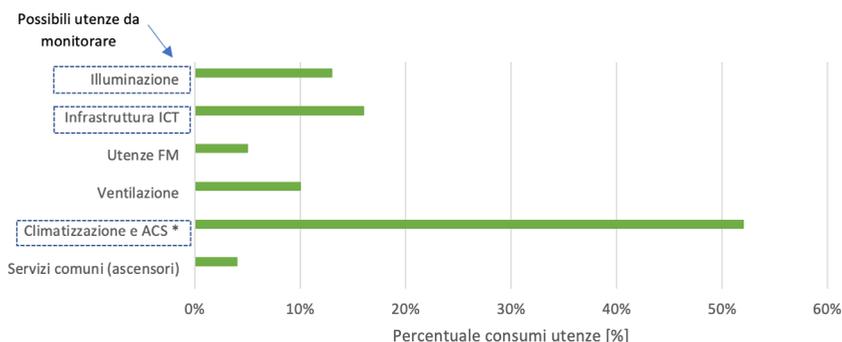
Percentuale copertura consumi nelle aree funzionali omogenee (Livello LC)

$$\frac{127.500 + 109.000 + 91.000 + 95.000 + 165.000 + 400.000}{1.830.000} * 100 = 54\%$$

 VERIFICATO

La percentuale di copertura minima risulta soddisfatta poiché superiore al 25% richiesto.

Nel caso studio analizzato come esempio, risulta in *Figura 3.12* che le utenze più energivore, in cui sarebbe meglio fare un approfondimento con strumentazione dedicata al monitoraggio sono la climatizzazione e ACS con più del 50% del consumo totale e l'illuminazione e l'infrastruttura ICT.



* L'utenza Climatizzazione e ACS si compone della componente relativa al riscaldamento "Centrale termica" e della componente raffreddamento "Centrale Frigorifera" che rispettivamente pesano per il 28% la prima e 24% la seconda.

Figura 3.12 - Esempio di individuazione ottimale del posizionamento degli strumenti di monitoraggio dei consumi energetici.

La diagnosi deve riportare i criteri di significatività per la selezione del campione adottato. I restanti consumi energetici devono essere stimati.

In *Tabella 3.6* e *Tabella 3.7*, vengono riportati i principali centri di consumo che potrebbero essere sottoposti a monitoraggio con i relativi:

- ▷ Indici di Prestazione Energetica specifico (IPEs) o di secondo livello;
- ▷ parametro monitorato (vettore energetico; destinazione d'uso specifica) con relativa unità di misura;
- ▷ tipologia di strumento di misura utilizzabile per il monitoraggio;
- ▷ note generali per l'attuazione e messa in opera del sistema di monitoraggio.

Trasformazioni						
Utenza	IPEs	Misura	Unità di misura	Strumento	Note	
Pompe di calore e Impianti frigoriferi	IPEs = kWh/m ²	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	<p>In questo caso vi sono due livelli di monitoraggio:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▷ I° livello (Trasformazione): monitoraggio delle performance del "generatore". In ed in questo caso deve essere misurata l'energia consumata dall'impianto o energia entrante (elettrica, gas naturale, etc...) e l'energia termica prodotta. ▷ II° livello (AOO): monitoraggio energia termica utilizzando come vettore l'energia termica prodotta e come destinazione d'uso la superficie climatizzata. <p>Nota: può essere calcolato anche un IPE complessivo come rapporto tra il consumo di energia consumata dall'impianto o energia entrante e la superficie climatizzata.</p> <p>Nel calcolo degli indici è opportuno considerare anche l'effetto delle condizioni esterne tenendo conto dei GG. Per la produzione di ACS può essere sufficiente considerare il consumo energetico rispetto al numero di utenti presenti o se disponibili alla quantità di ACS utilizzata.</p> <p>Periodo minimo di monitoraggio: 30 giorni per ogni stagione termica oppure 15 giorni per quadrimestre (nel caso di sola produzione di energia termica per raffrescamento o riscaldamento è sufficiente il periodo di competenza).</p>	
		Energia termica prodotta	kWh	Misuratori/contatori di energia termica volumetrici di gas o acqua (a membrana, a pistoni rotanti, a turbina, elettromagnetici, a mulinello), quantometro, calorimetro		
		Superficie climatizzata	m ²	Planimetrie sito		
		Gradi Giorno	GG	Termometro esterno o dati meteorologici		
Generatori di calore per solo riscaldamento / caldaie		Gas Naturale (o altro vettore energetico)	Sm ³ o kWh	<p>Misuratori/contatori di energia termica volumetrici di gas o acqua (a membrana, a pistoni rotanti, a turbina, elettromagnetici, a mulinello), quantometro, calorimetro</p>		
		Energia termica prodotta	kWh			
		Superficie climatizzata	m ²			Planimetrie sito
		Gradi Giorno	GG			Termometro esterno o dati meteorologici
	ACS utilizzata	m ³	Contatore volumetrico			
	Utenti	-	Dati amministrativi			

Tabella 3.6 - Driver di riferimento per il calcolo degli IPE e strumentazione idonea per il monitoraggio: Trasformazioni.

Aree Operative Omogenee (AOO)					
Utenza	IPEs	Misura	Unità di misura	Strumento	Note
Illuminazione	IPEs = kWh/m ²	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	La misurazione dell'energia può essere effettuata installando uno o più multimetri sul quadro elettrico di alimentazione di ogni impianto o piano gruppi di servizi. La destinazione d'uso è la superficie utile (specifica per il tipo di servizio) dove insiste l'impianto e può essere ricavata dai dati planimetrici. Nel caso dei consumi per impianti ICT (pc, monitor, stampanti etc..) come destinazione d'uso potrebbero essere utilizzate o le postazioni di lavoro o il numero di impiegati. Sarebbe opportuno indicare anche le ore di funzionamento e/a apertura del sito. Nel caso di presenza di SERVER FARM solitamente l'indice di prestazione da calcolare è il PUE. Periodo minimo di monitoraggio: ▷ SERVER FARM 15 giorni a trimestre; ▷ ALTRE UTENZE 15 giorni complessivi.
		Superficie utile illuminata climatizzata	m ²	Planimetrie sito	
		Orario apertura	h	Planning stabilimento	
Infrastruttura informatica ICT		Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	
		Superficie climatizzata o Superficie uffici	m ²	Planimetrie sito	
		Postazioni o utenti	-	Dati amministrativi	
Ventilazione		Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale	
		Superficie climatizzata o Superfici uffici	m ²	Planimetrie sito	
		Orario apertura	h	Planning stabilimento	
Server Farm	Energia elettrica totale	kWh	Multimetro digitale		
	Energia elettrica apparati ICT	kWh	Multimetro digitale		
	Superficie climatizzata	m ²	Planimetrie sito		
Altre utenze elettriche	Energia elettrica	kWh	Multimetro digitale		
	Superficie climatizzata o Superfici utile	m ²	Planimetrie sito		
Cucine	IPEs = Sm ³ /m ² o Sm ³ /pasti	Gas Naturale (o altro vettore energetico)	Sm ³ o kWh	Misuratori volumetrici	
		Superficie climatizzata o Superfici utile	m ²	Planimetrie sito	
		Pasti erogati	-	Dati amministrativi	

Tabella 3.7 - Driver di riferimento per il calcolo degli IPE e strumentazione idonea per il monitoraggio: AOO.

3.6 Identificazione delle Opportunità di Risparmio Energetico

L'identificazione delle opportunità di risparmio energetico all'interno della struttura energetica aziendale rappresenta un obiettivo fondamentale della diagnosi energetica.

In particolare, si possono considerare quattro linee principali di intervento:

- ▷ La valutazione di vettori energetici alternativi: identificare i vettori energetici più adeguati all'utilizzo che se ne deve fare.
- ▷ I sistemi di conversione dell'energia: identificare le opportunità di miglioramento dell'efficienza di conversione dei principali trasformatori di energia (es. caldaie, trasformatori elettrici, gruppi frigoriferi, cogeneratori etc.).
- ▷ La distribuzione dell'energia: identificare le opportunità di efficientamento nei trasformatori, cavi, commutatori e il possibile miglioramento del fattore di potenza in impianti elettrici e acqua refrigerata, nel raffreddamento dell'acqua, nell'aria compressa, etc.
- ▷ Gli utilizzatori di energia: insieme ai sistemi di trasformazione di energetica rivestono un ruolo chiave nell'individuazione delle opportunità di efficientamento energetico (es. illuminazione, motori elettrici, apparati di processo etc.).

Gli interventi di efficientamento che si possono individuare sono di due tipologie: quelli di carattere gestionale, ad esempio correggendo o migliorando la modalità di utilizzo dell'energia e quelli tecnici/impiantistici, come ad esempio la sostituzione di apparati.

La fattibilità tecnico-economica degli interventi di risparmio energetico identificati rappresenta il parametro chiave per la loro successiva realizzazione.

Dal punto di vista tecnico la fattibilità deve considerare il cosiddetto dimensionamento tecnico:

- ▷ La disponibilità della tecnologia, lo spazio di installazione, l'eventuale manodopera qualificata necessaria, l'affidabilità, etc.
- ▷ L'impatto delle misure di efficientamento energetico sulla sicurezza, sulla qualità, sul processo o servizio.
- ▷ La necessità di manutenzione e la disponibilità dei pezzi di ricambio.
- ▷ L'evoluzione dei consumi e i vincoli tecnico/normativi.

L'analisi economica, invece, è la valutazione che l'impresa è chiamata ad effettuare per confrontare e poter scegliere la convenienza di possibili alternative di interventi di efficienza energetica. Questo studio deve essere fatto tenendo conto di tutti i costi associati all'intervento durante la sua vita operativa (come richiesto anche dalla Direttiva 2010/31/UE). La convenienza delle differenti alternative progettuali può variare in ragione di:

- ▷ Investimenti necessari (CAPEX⁴);
- ▷ Costi operativi (OPEX⁵);
- ▷ Risparmi conseguibili;
- ▷ Sensibilità alle variazioni;
- ▷ Rischi

Pertanto, per poter valutare correttamente un investimento è necessario che l'analisi riporti le seguenti informazioni:

- ▷ L'investimento complessivo necessario per il progetto (CAPEX);
- ▷ L'andamento dei costi operativi (OPEX), nascenti e cessanti;
- ▷ Proposte per fonti e costi di finanziamento;
- ▷ Valutazioni in merito alla redditività del progetto;
- ▷ Analisi dei possibili rischi.

Le variabili principali che debbono essere prese in considerazione per la valutazione della redditività del progetto sono:

- ▷ Il **Valore Attuale Netto (VAN)**, cioè, la somma algebrica dei flussi di cassa originati da un progetto, attualizzati ad un determinato tasso di attualizzazione (esempio: WACC⁶), in un arco di tempo definito.

$$VAN = \sum_{t=1}^N \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0$$

4 CAPEX (dal termine inglese *CAPital Expenditure*) sono gli investimenti in capitali.

5 OPEX (dal termine inglese *OPerative ExPense*) è il costo necessario per gestire un prodotto, business o sistema altrimenti detti costi di O&M (*Operation and Maintenance*) ovvero costi operativi o di gestione.

6 WACC (dall'inglese *Weighted Average Cost of Capital*) o Costo Medio Ponderato del capitale è calcolato come la media ponderata tra il costo del debito ed il costo del capitale proprio, sintetizza il costo (dividendi e interessi) che l'azienda paga per finanziarsi.

Dove:

FC_t è il flusso di cassa al tempo t

r è il tasso d'attualizzazione

I_0 è l'investimento iniziale

N la vita utile del progetto, o periodo d'attualizzazione.

Chiaramente, valori positivi del VAN indicano che l'intervento è conveniente, mentre valori negativi dicono che non è conveniente.

- ▷ **L'Indice di profitto (IP)**, il rapporto tra il VAN e l'investimento (I_0). È un parametro utile per stabilire una graduatoria di merito di più interventi con VAN positivi, quando, per esempio, non si ha sufficiente copertura finanziaria per realizzarli tutti.

$$IP = \frac{VAN}{I_0}$$

- ▷ **Il TIR (Tasso Interno di Rendimento), o IRR (*Internal Rate of Return*)**, rappresenta la redditività del progetto che si sta valutando, in pratica è il rendimento % del progetto. Analiticamente, il TIR è il tasso d'attualizzazione che rende il VAN pari a zero:

$$\sum_{t=1}^N \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

- ▷ **Il Tempo di Ritorno o *pay back period* (PBP: periodo di recupero)** indica il tempo impiegato per recuperare il capitale investito in un determinato progetto. Il concetto di tempo di recupero è limitato al solo capitale investito distinto, pertanto, dagli interessi e dagli utili dell'investimento. Sostanzialmente, indica il periodo necessario affinché la somma dei flussi di cassa previsti eguagliano l'investimento iniziale.

Può essere quindi valutato in due differenti modi:

- I. Tempo di ritorno semplice: Attraverso l'analisi dei flussi di cassa semplici NON attualizzati;
- II. Tempo di ritorno attualizzato: Attraverso l'analisi dei flussi di cassa attualizzati.

Il Tempo di Ritorno Semplice dà indicazioni semplificate, sul tempo di ritorno di un investimento, poiché, non tiene conto del

tasso di interesse/attualizzazione, non tiene conto della vita utile dell'investimento e solitamente è calcolato sui flussi di cassa medi.

Si calcola come semplice rapporto tra investimento e flusso di cassa medio lungo il periodo di vita dell'investimento.

Il Tempo di Ritorno Attualizzato (o semplicemente tempo di ritorno) dà indicazioni sul tempo di ritorno di un investimento utilizzando i flussi di cassa attualizzati. Viene calcolato utilizzando la seguente formula:

$$\sum_{t=1}^{PBP} \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

Dove:

FC_t è il flusso di cassa al tempo t ;

r : è il tasso d'attualizzazione;

I_0 : è l'investimento iniziale;

N : la vita utile del progetto, o periodo d'attualizzazione.

Quanto più il tempo di ritorno attualizzato è inferiore alla vita utile del progetto, tanto più è conveniente l'investimento.

Il calcolo degli indici sopra elencati permette una prima valutazione sulla bontà o meno del progetto analizzato, ma per garantire maggiori certezze all'investitore è necessario che questa analisi sia corredata da una analisi dei rischi. L'analisi dei rischi risponde alla tipica domanda «ma cosa accadrebbe se...?» (*what is analysis*) Attraverso questa analisi si devono quantificare, valutare, pesare gli effetti sui Flussi di Cassa delle variazioni delle variabili critiche (o *driver*) di progetto (es. il prezzo dell'energia).

NOTA BENE: In merito all'individuazione delle opportunità di efficientamento energetico va ricordato che nella nuova **Direttiva Efficienza Energetica 1791/2023** (ancora non recepita in Italia) all'articolo 11, nel comma 2 viene introdotto l'obbligo di elaborare, contestualmente all'audit energetico, un piano di azione per l'implementazione delle opportunità di efficientamento energetico evidenziate dall'audit che dovrà essere inserito insieme al tasso di attuazione all'interno delle relazioni annuali dell'impresa.



ANALISI DEI CONSUMI ENERGETICI

4

4. Analisi dei consumi energetici

Uno dei punti qualificanti di una diagnosi energetica di qualità è l'analisi ed il confronto degli indici di prestazione energetica del sito analizzato con indici di riferimento. Per rispondere a questa fondamentale esigenza, in questo capitolo, viene proposta una serie di indici di prestazione energetica di riferimento utilizzabile per le analisi di *benchmark* [64], come previsto dalle linee guida settoriali.

Gli indici di prestazione energetica riportati nel presente capitolo sono frutto dell'analisi settoriale dei consumi energetici estrapolati dalle diagnosi energetiche obbligatorie inviate ad ENEA ai sensi del D.Lgs.102/2014 e sui successivi aggiornamenti.

4.1 Il campione statistico di riferimento

L'individuazione di indici di prestazione energetica di riferimento è funzione necessariamente della qualità e rappresentatività del campione statistico di riferimento utilizzato. Pertanto, per completezza di informazioni si ritiene utile riportare alcune informazioni relative al campione statistico utilizzato sia in merito alla sua distribuzione territoriale e dimensionale che relativamente alla tipologia di vettori energetici utilizzati.

4.1.1 Distribuzione territoriale e dimensionale

Nella *Figura 4.1* è riportata la distribuzione territoriale dei siti utilizzati per le analisi energetiche e, quindi, per l'individuazione degli indici di prestazione energetica di riferimento. In particolare, come osservabile in *Figura 4.1*, circa il 60% dei siti è localizzato nel Nord Italia (il 35% solo in Lombardia), mentre il restante 40% nel Centro Sud e Isole.

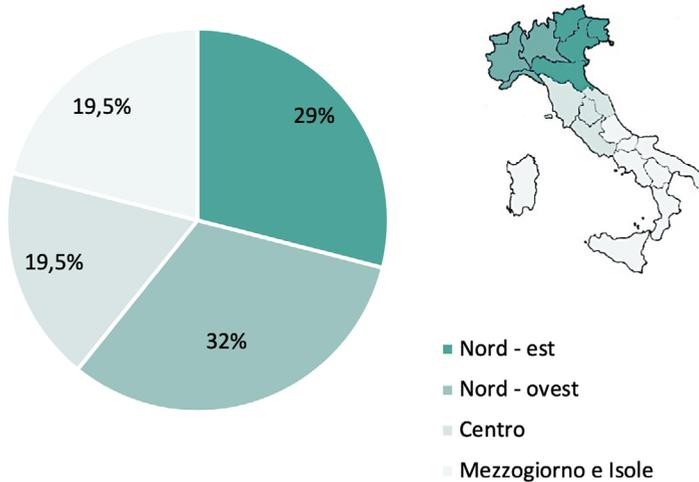


Figura 4.1 - Distribuzione territoriale dei siti oggetto di diagnosi analizzati.

Da un punto di vista energetico, più che la mera distribuzione territoriale, risulta importante la rappresentatività del campione rispetto alle fasce climatiche. Nella *Figura 4.2 - Distribuzione percentuale per fasce climatiche dei siti oggetto di diagnosi*, è mostrata la distribuzione per fasce climatiche dei siti del campione statistico a disposizione. Come facilmente immaginabile la zona climatica più rappresentata è quella E con il 66% del campione, in quanto tra le più estese e all'interno della quale ricadono alcune delle aree con la maggiore densità di immobili uso uffici, seguono le zone D e C con rispettivamente il 16% ed il 10%.

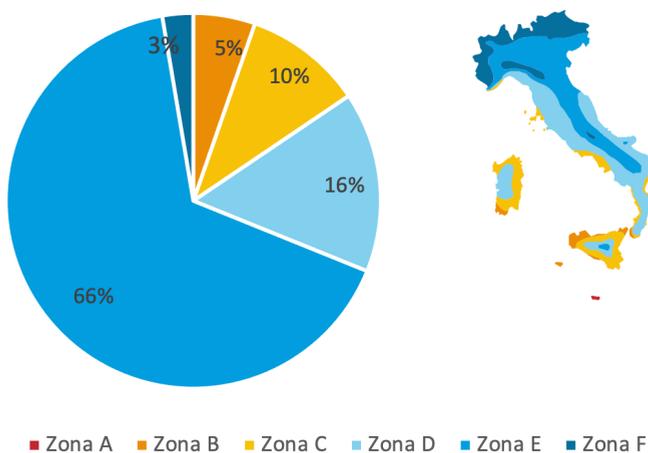


Figura 4.2 - Distribuzione percentuale per fasce climatiche dei siti oggetto di diagnosi.

Nella *Figura 4.3* viene riportata la distribuzione delle dimensioni in m² dei siti presenti nel campione analizzato. Per quanto riguarda la dimensione, il maggior numero di siti ha una dimensione compresa tra 3.000 e 10.000 m² (circa il 30%). Ai fini del presente lavoro si è scelto, per dare una validità statistica più robusta ai dati forniti, di suddividere il campione in due sottogruppi dimensionali sotto i 1.000 m² (circa il 30% del campione) e sopra i 1.000 m².

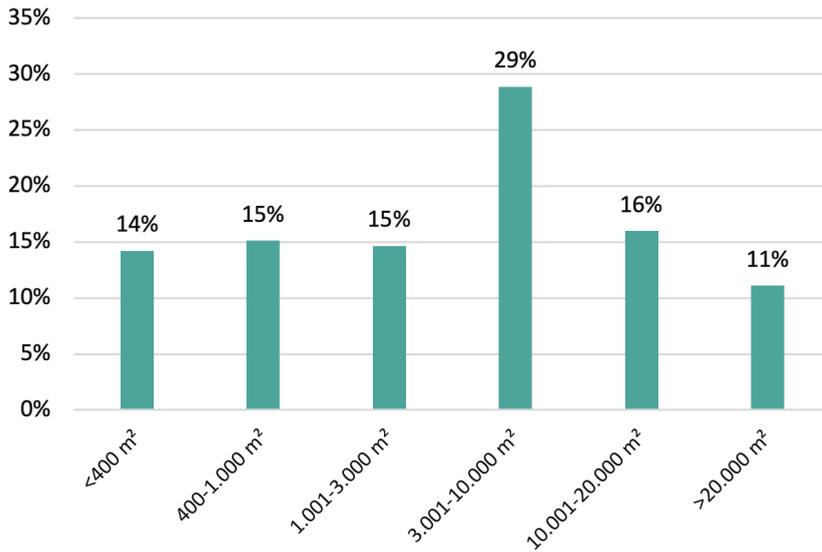


Figura 4.3 - Distribuzione percentuale per fasce dimensionali.

4.1.2 Distribuzione dei consumi energetici

Da un punto di vista energetico il campione statistico utilizzato è caratterizzato da un consumo legato maggiormente al vettore energetico elettrico (da rete o autoprodotta da fotovoltaico) e al gas naturale, a cui si aggiunge un moderato uso di altri vettori energetici (gasolio, GPL, biomassa e calore acquistato dall'esterno e proveniente da impianti di teleriscaldamento oppure da cogenerazione, etc.).

In *Figura 4.4* è riportata la distribuzione media percentuale dei vettori energetici utilizzati (livello LB dell'alberatura energetica, *capitolo 3*) nei siti appartenenti al campione statistico. Il 67% dei consumi è caratterizzato dall'utilizzo dell'energia elettrica, il 22% dall'utilizzo di gas naturale, mentre il restante 11 % da quello di altri vettori energetici (nello specifico, il 9% calore acquistato dall'esterno e

proveniente o da impianti di Teleriscaldamento oppure da cogenerazione, l'1% gasolio e meno dell'1% GPL e biomassa).

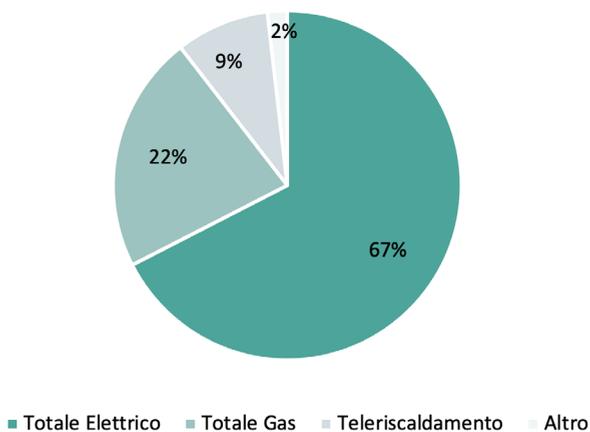


Figura 4.4 - Percentuale dei consumi energetici del campione per tipologia di vettore.

I vettori ed i consumi energetici “non elettrici” per semplicità verranno nel seguito definiti come “termici”.

Va detto che le percentuali medie evidenziate in *Figura 4.4* risentono in maniera sensibile dalla zona climatica e a tal proposito, in *Figura 4.5*, è riportata la differenziazione percentuale dei consumi elettrici e termici per le diverse zone climatiche. Nelle zone B e C il consumo è totalmente o quasi di tipo elettrico con percentuali rispettivamente del 100% e del 93%. Dalla zona D alla F si nota un decremento del consumo elettrico dal 78% della zona D al 54% della zona F ed un incremento del consumo termico dal 22% della zona D al 46% della zona F. Questa differenziazione nell'utilizzo dei vettori energetici è legata alla tipologia di “tecnologia impiantistica” adottata negli immobili ad uso ufficio. In particolare, si è voluto differenziare i siti con presenza di impianti tecnologici per la climatizzazione estiva/invernale “solo elettrici”, cioè a pompa di calore/gruppo frigorifero dagli impianti “Misti”, cioè con caldaia a gas o altro combustibile fossile (per il riscaldamento invernale) e gruppo frigorifero (per il condizionamento estivo).

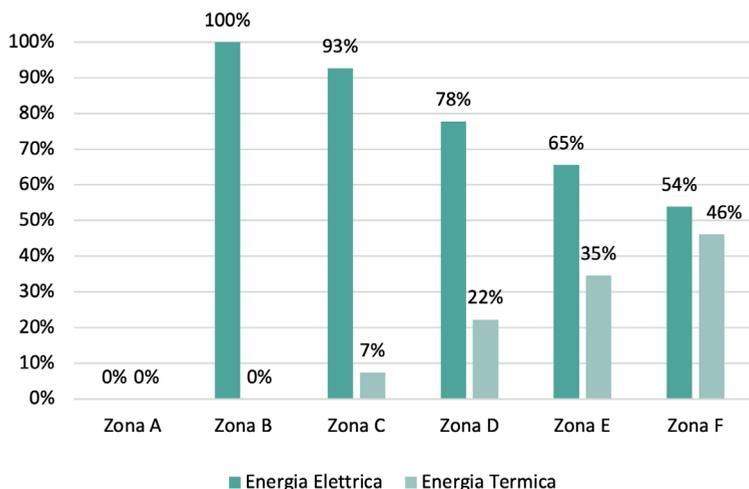


Figura 4.5 - Differenziazione percentuale consumi elettrici e termici nelle zone climatiche.

In *Figura 4.6* è riportata la distribuzione percentuale dei consumi energetici nei diversi centri di consumo. Considerando la schematizzazione energetica aziendale, il 66,7% del consumo totale riguarda la climatizzazione degli ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria (34% attraverso l'utilizzo del vettore elettrico ed il restante 32,7% da vettore termico), il 13,8% l'illuminazione ed i servizi di trasporto persone e cose, il 19% riguarda i consumi che comprendono l'infrastruttura informatica, la *server-farm* ed altre utenze elettriche.

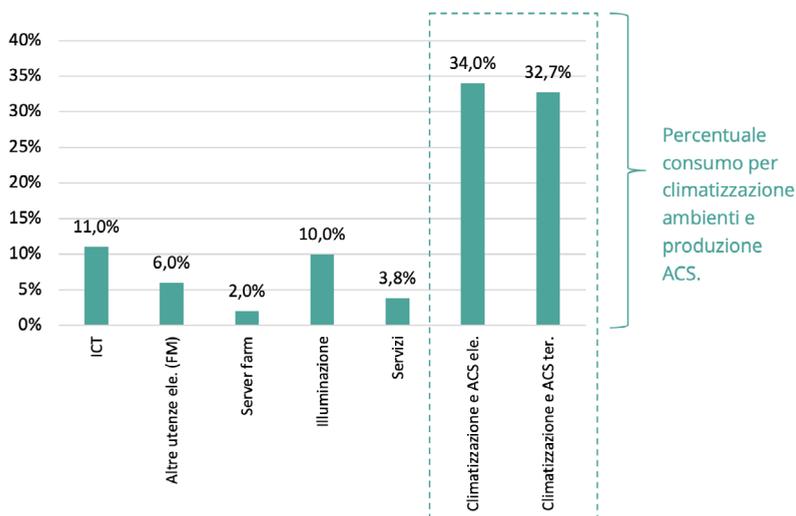


Figura 4.6 - Percentuale dei consumi energetici del campione per tipologia di utilizzo.

4.2 IPE di primo livello

In questo capitolo vengono riportati gli Indici di Prestazione Energetica di primo livello o generali (IPEg).

In particolare, l'IPEg (espresso in kWh/m²) per il settore immobiliare è stato definito come rapporto tra il consumo totale di sito (espresso in kWh), somma di tutti i consumi afferenti al sito con la sola esclusione dei consumi di combustibili per autotrazione, e la superficie climatizzata (espressa in m²):

$$IPE_{g,Totale} \left[\frac{kWh}{m^2} \right] = \frac{Consumo\ Totale [kWh]}{Superficie\ Climatizzata [m^2]}$$

Per dare maggiore validità all'informazione, il valore medio dell'IPE fornito è sempre corredato dalla relativa deviazione standard.

Per una maggiore caratterizzazione dell'IPE generale questo viene proposto oltre che come valore medio nazionale anche in funzione sia della **zona climatica** che della **superficie climatizzata** del sito oggetto di diagnosi.

4.2.1 IPE generale medio nazionale

L'IPEg medio nazionale riportato in *Tabella 4.1* è definito come, rapporto tra il consumo totale di sito (espresso in kWh e in tep) e la superficie climatizzata (espressa in m²).

In particolare, il valore dell'IPEg medio a livello nazionale risulta essere di circa 201 Kilowattora al metro quadro annuo con una deviazione di circa 79 kWh/m² e con un coefficiente di variazione percentuale pari al 39%.

Indice di Prestazione Energetica globale medio nazionale				
Campo di variazione destinazione d'uso (m ²)		Udm	Valore	Coefficiente di variazione
1	30.000	kWh/m ²	201 ± 79	39 %
1	30.000	tep/m ²	0,031 ± 0,012	39 %

Tabella 4.1 - IPEg medio nazionale.

4.2.2 IPE generale per zona climatica e classe di superfici climatizzate

Come premesso all'inizio del *capitolo 4*, l'analisi dei dati presenti nel campione statistico ha evidenziato, come ipotizzabile, sensibili variazioni dell'indice generale al variare della zona climatica, ed in alcuni casi si sono osservati non trascurabili variazioni legate sia alla dimensione del sito che della "tipologia dell'impianto di climatizzazione" presente. Pertanto, in *Tabella 4.2* è riportato il riepilogo dell'IPEg medio al variare della zona climatica e, lì dove è stato possibile definirlo, della differente superficie climatizzata e della tipologia dell'impianto di climatizzazione, nel seguito "Tipologia impianto". Dove per "tipologia impianto" si è voluto differenziare gli impianti per la climatizzazione estiva/invernale "solo elettrici", cioè a pompa di calore/gruppo frigorifero e gli impianti "Misti", cioè con caldaia a gas o altro combustibile fossile e gruppo frigorifero.

Indice di Prestazione Energetica globale per zone climatiche e tipologia impiantistica					
Zona Climatica	Tipologia impianto	Udm	Minore o uguale a 1.000 m ²	Maggiore di 1.000 m ²	Intero campione
B-C	Impianto solo elettrico	kWh/m ²	147 ± 34	122 ± 26	135 ± 32
		tep/m ²	0,0275 ± 0,0063	0,0228 ± 0,0048	0,0252 ± 0,0060
	Impianto Misto (elettrico + fossile)	kWh/m ²	-		-
		tep/m ²	-		-
D	Impianto solo elettrico	kWh/m ²	178 ± 78	156 ± 48	171 ± 68
		tep/m ²	0,0333 ± 0,0146	0,0292 ± 0,0088	0,0319 ± 0,0127
	Impianto Misto (elettrico + fossile)	kWh/m ²	192 ± 41		192 ± 41
		tep/m ²	0,0300 ± 0,0066		0,0300 ± 0,0066
E-F	Impianto solo elettrico	kWh/m ²	160 ± 68		160 ± 68
		tep/m ²	0,0299 ± 0,0127		0,0299 ± 0,0127
	Impianto Misto (elettrico + fossile)	kWh/m ²	250 ± 74	215 ± 82	224 ± 81
		tep/m ²	0,0332 ± 0,0096	0,0313 ± 0,0129	0,0317 ± 0,0122

Tabella 4.2 – IPEg medio in funzione della superficie, zona climatica, tecnologia impiantistica.

4.3 IPE di secondo livello o specifico

Gli IPE di secondo livello o IPE specifici (IPEs), sono calcolati come rapporto tra il consumo energetico della specifica tipologia di utilizzo (espresso in kWh) e la destinazione d'uso specifica o *energy use*. In particolare, nel capitolo sono forniti gli IPEs relativamente a:

- ▷ illuminazione;
- ▷ climatizzazione, Trattamento aria e ACS;
- ▷ infrastruttura informatica;
- ▷ *data center*.

4.3.1 IPE Illuminazione

In *Tabella 4.3* è riportato l'IPEs relativo agli impianti di illuminazione calcolato come il rapporto tra il consumo dell'impianto di illuminazione (kWh e tep) e la superficie climatizzata (m²).

Indice di Prestazione Energetica specifico Illuminazione				
Campo di variazione destinazione d'uso (m ²)		Udm	Valore	Coefficiente di variazione
1	30.000	kWh/m ²	25,7 ± 11,8	46 %
1	30.000	tep/m ²	0,0048 ± 0,0022	46 %

Tabella 4.3 - IPEs medio relativo all'illuminazione.

In *Tabella 4.4* il valore dell'IPEs per l'illuminazione è riportato al variare delle dimensioni del sito. Il valore dell'IPEs illuminazione tende a decrescere con l'aumentare della superficie climatizzata.

Indice di Prestazione Energetica specifico Illuminazione differenziato per dimensione sito			
Udm	Minore o uguale a 1.000 m ²	Maggiore di 1.000 m ²	Intero campione
kWh/m ²	29,1 ± 12,6	23,7 ± 10,9	25,7 ± 11,8
tep/m ²	0,0054 ± 0,0023	0,0044 ± 0,0020	0,0048 ± 0,0022

Tabella 4.4 - IPEs medio relativo all'illuminazione in funzione della classe di superficie climatizzata.

4.3.2 IPE Climatizzazione, Trattamento aria e ACS

In *Tabella 4.5* è riportato l'IPEs relativo agli impianti di climatizzazione e trattamento aria calcolato come rapporto tra il consumo degli impianti (kWh e tep) e la superficie climatizzata (m²).

Indice di Prestazione Energetica specifico Climatizzazione, Trattamento aria e ACS				
Campo di variazione destinazione d'uso (m ²)		Udm	Valore	Coefficiente di variazione
1	30.000	kWh/m ²	126 ± 53	42 %
1	30.000	tep/m ²	0,0174 ± 0,0072	42 %

Tabella 4.5 - IPE medio per la climatizzazione, trattamento aria e ACS.

Nella *Tabella 4.6*, come fatto per l'IPE globale, l'IPE specifico è differenziato, lì dove possibile, sia in base alla zona climatica di appartenenza che alla dimensione e alla tipologia di impianto, distinguendo cioè i siti con impianto solo elettrico (esempio: pompa di calore/gruppo frigorifero) ed i siti con impianto misto (esempio: Caldaia a combustibile fossile e gruppo frigo).

Indice di Prestazione Energetica specifico Climatizzazione, Trattamento aria e ACS per zone climatiche e tipologia impiantistica					
Zona Climatica	Tipologia impianto	Udm	Minore o uguale a 1.000 m ²	Maggiore di 1.000 m ²	Intero campione
B-C	Impianto solo elettrico	kWh/m ²	84 ± 22	69 ± 25	76 ± 24
		tep/m ²	0,0157 ± 0,0041	0,0129 ± 0,0046	0,0142 ± 0,0045
	Impianto Misto (elettrico + fossile)	kWh/m ²	-		-
		tep/m ²	-		-
D	Impianto solo elettrico	kWh/m ²	87 ± 26	77 ± 29	84 ± 25
		tep/m ²	0,0163 ± 0,0048	0,0143 ± 0,0054	0,0157 ± 0,0046
	Impianto Misto (elettrico + fossile)	kWh/m ²	130 ± 38		130 ± 38
		tep/m ²	0,0183 ± 0,0056		0,0183 ± 0,0056

Indice di Prestazione Energetica specifico Climatizzazione, Trattamento aria e ACS per zone climatiche e tipologia impiantistica					
Zona Climatica	Tipologia impianto	Udm	Minore o uguale a 1.000 m ²	Maggiore di 1.000 m ²	Intero campione
E-F	Impianto solo elettrico	kWh/m ²	93 ± 39		93 ± 39
		tep/m ²	0,0173 ± 0,0073		0,0173 ± 0,0073
	Impianto Misto (elettrico + fossile)	kWh/m ²	160 ± 48	143 ± 49	147 ± 49
		tep/m ²	0,0180 ± 0,0062	0,0181 ± 0,0061	0,0181 ± 0,0061

Tabella 4.6 - IPE medio per la climatizzazione, trattamento aria e ACS in funzione zona climatica, tecnologia impiantistica e dimensione.

Il valore tende a crescere passando da una zona climatica più calda ad una più fredda. Per i siti localizzati in fascia climatica B e C, è stato rilevato un IPE medio (elettrico) di circa il 20% più basso rispetto a quelli localizzati in fascia climatica E ed F. Per quanto riguarda la tipologia di vettore energetico utilizzato, è da segnalare che per i siti che utilizzano il solo vettore elettrico per la climatizzazione, risulta un IPE di circa il 35% più basso. Nella tabella, per la zona B-C, non risulta essere presente il valore IPE relativo ai siti con impianto misto in quanto il campione statistico sui cui i dati sono basati non presentava un numero significativo di siti di quella tipologia. I dati evidenziano anche una riduzione dei consumi specifici all'aumentare delle dimensioni del sito.

4.3.3 IPE Infrastruttura Informatica ICT

Nelle *Tabella 4.7* e *4.8* è riportato l'IPEs relativo alle infrastrutture informatiche (PC, stampanti, monitor, router, etc..) calcolato come rapporto tra il consumo delle infrastrutture informatiche e rispettivamente superficie climatizzata (*Tabella 4.7*) e numero utenti/dipendenti (*Tabella 4.8*).

Indice di Prestazione Energetica specifico Infrastruttura informatica per superficie utilizzata				
Campo di variazione destinazione d'uso (m ²)		Udm	Valore	Coefficiente di variazione
1	30.000	kWh/m ²	21,4 ± 11,8	55 %
1	30.000	tep/m ²	0,0040 ± 0,0022	55 %

Tabella 4.7 - IPE medio dell'infrastruttura informatica.

Entrambi i dati presentano un elevato coefficiente di variazione in quanto la presenza o meno degli utenti (vedasi utilizzo dello *smart working*) può incidere notevolmente su questo valore.

Indice di Prestazione Energetica specifico Infrastruttura informatica per numero utenti				
Campo di variazione destinazione d'uso (utenti)		Udm	Valore	Coefficiente di variazione
1	1.200	kWh/utente	534 ± 253	47 %
1	1.200	tep/utente	0,0998 ± 0,0473	47 %

Tabella 4.8 - IPE medio dell'infrastruttura informatica valutato sul numero degli utenti.

4.3.4 IPE Server-farm (Indice PUE)

Sempre relativamente all'infrastruttura informatica si è ritenuto utile fornire una indicazione anche relativa all'efficienza dei data center presenti nel campione statistico analizzato. In questo caso viene fornito il valore del PUE (*Power Usage Effectiveness*), indicatore usato per misurare l'efficienza energetica dei data center. Il PUE valuta le prestazioni dei data center calcolando il rapporto tra l'energia che utilizza nel suo complesso e quella utilizzata dalle sole apparecchiature IT, prese singolarmente.

In *Tabella 4.9* è riportato il PUE medio dei data center presenti all'interno del campione statistico analizzato.

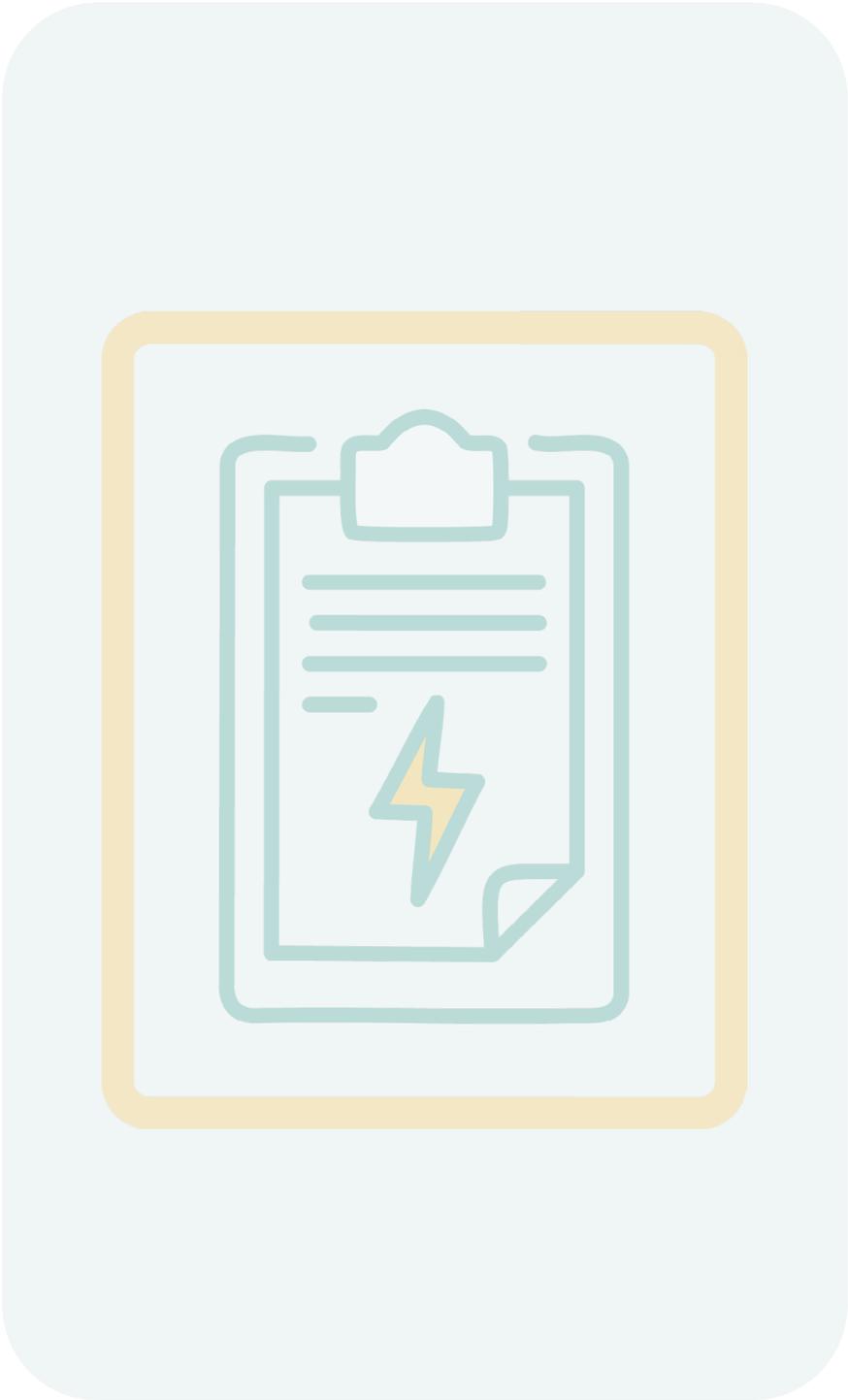
PUE (Power Usage Effectiveness) Data center uffici				
Campo di variazione destinazione d'uso (kW)		Udm	Valore	Coefficiente di variazione
1	120	-	1,83 ± 0,36	20%

Tabella 4.9 - PUE medio dei data center uffici.

Rispetto a quanto riportato nel [Report ENEA RdS/2011/32](#) "Indicatori per l'efficiamento dei centri di elaborazione dati" (*Tabella 4.10*) un PUE di 1,83 pone il campione analizzato, benché limitato e con *data center* di dimensioni spesso limitate, tra i livelli Efficiente e Medio.

PUE (Power Usage Effectiveness)	Livello di efficienza
3,0	Molto inefficiente
2,5	Inefficiente
2,0	Medio
1,5	Efficiente
1,2	Molto Efficiente

Tabella 4.10 – Valori specifici dell'indicatore PUE per la valutazione del livello di efficienza [Fonte ENEA- Report RdS/2011/32].





OPPORTUNITÀ DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

5

5. Opportunità di efficientamento energetico

Come chiarito nel *capitolo 3*, scopo fondamentale di una diagnosi energetica di qualità è l'individuazione, a seguito di un'accurata analisi costo-beneficio che tenga conto anche del ciclo di vita dell'intervento [33], delle principali opportunità di efficientamento energetico potenzialmente implementabili sul sito analizzato.

In questo capitolo, vengono riportate, ovviamente in maniera non esaustiva, le principali opportunità di efficientamento energetico implementabile in un generico immobile o unità immobiliare adibita ad uso Uffici.

Le soluzioni qui proposte sono frutto sia di un'analisi di letteratura dello stato dell'arte del settore, che delle soluzioni individuate e riportate nelle numerose diagnosi energetiche obbligatorie [33] pervenute ad ENEA negli ultimi anni.

Scopo del capitolo è, quindi, quello di fornire spunti utili al redattore della diagnosi energetica nell'individuazione delle principali opportunità di efficientamento energetico. Le opportunità di efficientamento energetico vengono riportate suddivise per macroarea di appartenenza e rappresentate in tabelle all'interno delle quali ciascuna macroarea viene suddivisa ulteriormente in **"Aree di intervento"** omogenee, tipologia o oggetto dell'intervento **"Oggetto della soluzione"** e intervento specifico proposto **"Soluzione"**. Per ogni intervento o soluzione vengono riportati eventuali riferimenti bibliografici utili ad eventuali approfondimenti **"Riferimenti"**, qualora l'intervento suggerito sia frutto dell'analisi delle diagnosi energetiche obbligatorie il campo dei riferimenti riporterà il valore [D.E.]

5.1. Le Macroaree di intervento

Per semplificare l'individuazione delle principali opportunità di efficientamento energetiche, queste sono state suddivise in 7 macroaree di riferimento:

- I. Supervisione, Monitoraggio e Controllo;
- II. Involucro Edilizio;
- III. Impianti elettrici ed Illuminazione;
- IV. Autoproduzione energetica e Fonti rinnovabili;
- V. Riscaldamento, Ventilazione e Condizionamento dell'aria;
- VI. Sistemi Ausiliari;
- VII. Trattamento ed utilizzo Acqua.

5.1.1 Supervisione, Monitoraggio e Controllo

Questa macroarea propone alcune soluzioni che potrebbero essere adottate per l'implementazione, l'*upgrade* e l'estensione di sistemi di gestione, controllo e monitoraggio dei consumi energetici. La natura dell'intervento può essere sia di tipo prettamente gestionale, volto al miglioramento del processo, oppure di tipo impiantistico, legata all'installazione di sensoristica e contabilizzatori.

Gli interventi individuati per questa macroarea sono riportati nella seguente *Tabella 5.1*.

Nella scheda successiva dedicata al "*Monitoraggio energetico e BMS*" viene riportato il riferimento alla Direttiva (UE) 2018/844 ed un'analisi delle prescrizioni normative legate all'utilizzo di sistemi di monitoraggio energetico e all'utilizzo di BMS.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Supervisione, Monitoraggio e Controllo	Sistema di monitoraggio consumi	Installazione di sistemi di Automazione e controllo BMS conformi alla DIRETTIVA (UE) 2018/844	[66], [67], [68], [69], [70]
		Monitoraggio consumi EE (Implementazione BEMS o creazione di un sistema di misura per l' <i>energy management</i>)	[71]
		Ampliamento sistema di monitoraggio	[D.E.]
	Sistema di Supervisione e controllo impianti	Sistema di gestione e controllo dell'illuminazione	[72]
		Sistemi di controllo predittivi per controllare la luce	[72]
		Regolazione programmazione impianti di climatizzazione	[73], [D.E.]
		Sistemi di automazione	[D.E.]
		Sistema BACS (automatizzazione del sistema di riscaldamento)	[73], [D.E.]
		Sistema di controllo UTA	[73], [D.E.]
		Implementazione telegestione HVAC	[D.E.]
		Ottimizzazione dei profili di funzionamento impianto di raffrescamento	[D.E.]
	Regolazione impianti	Regolazione <i>set-point</i> e definizione di zone termiche	[74], [75], [76], [77], [D.E.]

Tabella 5.1 – Elenco opportunità efficientamento energetico: Supervisione, Monitoraggio e Controllo.

Monitoraggio energetico e BMS

Nel corso del tempo, il legislatore ha riconosciuto un ruolo via via più importante ai sistemi di regolazione e controllo degli edifici che, integrati al monitoraggio dei consumi, consentono di ottimizzare le prestazioni energetiche durante la conduzione dell'impianto.



In questa scheda si riassumono le principali richieste legislative disponibili:

- i. Prescrizioni sui BMS/EMS per gli edifici di nuova costruzione e ristrutturazione
- ii. Adeguamenti dei BMS/EMS sugli immobili esistenti

Prescrizioni sui BMS/EMS per gli edifici di nuova costruzione e ristrutturazione

La prima importante indicazione legislativa è stata introdotta dalla Direttiva 2010/31/UE, seconda versione della EPBD (*Energy Performance Building Directive*), nel quale, all'art. 8, è auspicato che gli Stati Membri "promuovano l'introduzione di sistemi di misurazione intelligenti quando l'edificio è in corso di costruzione o è oggetto di una ristrutturazione importante", e che "gli Stati Membri possono inoltre promuovere, se del caso, l'installazione di sistemi di controllo attivo come i sistemi di automazione, controllo e monitoraggio finalizzati al risparmio energetico."

Questo primo spunto legislativo è stato recepito nel **Decreto Requisiti Minimi del 26 giugno 2015**, che all'Allegato 1, paragrafo 3.2, punto 10, rendeva obbligatorio, per:

- ▷ gli edifici di nuova costruzione e ristrutturazioni importanti di primo livello non residenziali,
- ▷ Le ristrutturazioni o nuove installazioni di impianti tecnici di potenza termica nominale maggiore o uguale a 100 kW.
- ▷ un livello minimo di automazione per il controllo, la regolazione e la gestione delle tecnologie dell'edificio e

degli impianti termici (BACS), corrispondente alla Classe B.

La versione EN 15232 in vigore all'epoca risaliva al 2012 e non riportava prescrizioni per il sistema di misura dei consumi. L'appendice A della norma consentiva di stimare il risparmio associato al miglioramento di ciascuno dei sistemi di regolazione proposti.

Fin qui siamo alle prescrizioni in vigore oggi (luglio 2024), ma ci sono delle indicazioni su ciò che ci aspetta in futuro e come queste prescrizioni evolveranno nel tempo in relazione a nuove costruzioni o ristrutturazioni.

Le prime indicazioni vengono dalla **bozza di aggiornamento del Decreto "Requisiti Minimi"**, che al capitolo 2 dall'allegato 1, tra le "prescrizioni comuni per gli edifici di nuova costruzione, gli edifici oggetto di ristrutturazioni importanti o gli edifici sottoposti a riqualificazione energetica", riporta (paragrafo 2.3 punto 9) l'obbligo, entro il 1° gennaio 2025, per gli edifici non residenziali dotati di impianti termici con potenza nominale superiore a 290 kW di essere dotati di sistemi di automazione e controllo di Classe B, come definita nella Tabella 1 della norma UNI EN ISO 52120. Si è esentati da tale obbligo solo in caso di tempo di ritorno superiore a 6 anni (al netto di qualunque incentivo o beneficio fiscale) e qualora non sia tecnicamente realizzabile. Le clausole di economicità e non fattibilità tecnica, naturalmente decadono per i nuovi edifici, per le riqualificazioni di primo livello e gli edifici ad energia quasi zero.

Ulteriori novità sono introdotte nella **nuova EPBD ("Case Green")**, **Direttiva 2024/1275**, nella quale si nota una maggiore attenzione sugli aspetti di monitoraggio e controllo, oltre che dei parametri energetici, anche di quelli ambientali interni, diventa obbligatoria per gli edifici non residenziali a emissioni zero l'installazione di dispositivi di misurazione e controllo per il monitoraggio e la regolazione della qualità dell'aria interna (da valutare la fattibilità tecnico-economica sugli edifici non residenziali in ristrutturazione).

Oltre alle prescrizioni per gli edifici non residenziali, la nuova direttiva propone delle prescrizioni anche per quelli residenziali nuovi e sottoposti a ristrutturazioni importanti, chiedendo che dal 29 maggio 2026 siano attrezzati con:

- a) una funzionalità di monitoraggio elettronico continuo, che misura l'efficienza dei sistemi e informa i proprietari o gli amministratori in caso di variazione significativa e qualora occorra procedere alla manutenzione dei sistemi;
- b) funzionalità di regolazione efficaci ai fini della generazione, della distribuzione, dello stoccaggio e del consumo ottimali dell'energia e, se del caso, del bilanciamento idronico;
- c) la capacità di reagire a segnali esterni e di adeguare il consumo di energia.

Adeguamenti dei BMS/EMS sugli immobili esistenti

La **Direttiva 2010/31/UE** introduceva un'altra indicazione importante negli artt. 14 e 15 riguardanti l'ispezione periodica rispettivamente degli impianti di riscaldamento e condizionamento dell'aria. Si tratta della possibilità per gli Stati Membri di ridurre le frequenze delle ispezioni periodiche se viene previsto sistema di monitoraggio e controllo elettronico.

Nel 2018 è stata pubblicata un'integrazione alla Direttiva EPBD, la **Direttiva 2018/844** che sostituisce integralmente gli articoli 14 e 15, introducendo un nuovo paradigma sul controllo degli impianti, basato anche sul monitoraggio permanente dei consumi:

1. Gli impianti tecnologici per i quali esiste un accordo contrattuale che specifica un livello concordato di miglioramento dell'efficienza energetica (es. *EPC: Energy Performance Contract*) sono esentati dai controlli periodici;
2. Gli edifici non residenziali con potenza nominale utile superiore a 290 kW (riscaldamento + ventilazione e raffrescamento + ventilazione) – laddove tecnicamente ed economicamente fattibile – devono essere dotati di

sistemi di automazione e controllo entro il 2025, che siano in grado di:

- a. monitorare, registrare, analizzare e consentire continuamente di adeguare l'uso dell'energia;
- b. confrontare l'efficienza energetica degli edifici, rilevare le perdite d'efficienza dei sistemi tecnici per l'edilizia e informare il responsabile dei servizi o della gestione tecnica dell'edificio delle opportunità di miglioramento in termini di efficienza energetica;
- c. consentire la comunicazione con i sistemi tecnici per l'edilizia connessi e altre apparecchiature interne all'edificio, nonché essere interoperabili con i sistemi tecnici per l'edilizia con tecnologie proprietarie, dispositivi e fabbricanti diversi.

In particolare, il precedente punto 2 è stato recepito dal **Decreto Legislativo 48/2020**, facendo di fatto entrare in vigore l'obbligo di adeguamento degli impianti tecnologici esistenti entro il 1 gennaio 2025.

L'importanza dell'introduzione di sistemi di automazione e controllo, in grado di segnalare eventuali malfunzionamenti o perdite di efficienza è stata ribadita anche nella tassonomia europea.

Nel **Regolamento Delegato 2021/2139**, per chi svolge attività economica di "Acquisto di immobili ed esercizio della proprietà su tali immobili" e voglia allineare la propria attività alla tassonomia europea scegliendo come contributo sostanziale la "Mitigazione dei cambiamenti climatici", se l'edificio è dotato di impianti di potenza superiore o uguale a 290 kW, dovrà rispettare alternativamente i requisiti previsti dagli art. 14 e 15 sopra citati.

Fin qui siamo alle prescrizioni in vigore oggi (luglio 2024), ma ci sono delle indicazioni su ciò che ci aspetta in futuro e come queste prescrizioni evolveranno nel tempo in relazione a edifici esistenti.

Una prescrizione che sarà introdotta dalla **nuova bozza di decreto Requisiti Minimi** riguarda gli obblighi di fornitura di sistemi di misurazione intelligente dell'energia consumata per edifici di nuova costruzione e ristrutturazioni importanti di primo livello, si tratta di una prescrizione in carico delle società che esercitano le attività di misura dell'energia elettrica e del gas, che dovranno garantire ai clienti informazioni adeguate con riferimento alla lettura dei dati ed al monitoraggio del consumo energetico.

Ulteriori novità sono introdotte nella **nuova EPBD ("Case Green")**, **Direttiva 2024/1275**, nella quale a partire dal 31 dicembre 2029, per gli immobili con potenza nominale utile superiore ai 70 kW, si estende l'obbligo di essere dotati di sistemi di automazione e controllo degli edifici in grado di:

- a. monitorare, registrare, analizzare e consentire continuamente di adeguare l'uso dell'energia;
- b. confrontare l'efficienza energetica degli edifici, rilevare le perdite d'efficienza dei sistemi tecnici per l'edilizia e informare il responsabile dei servizi o della gestione tecnica dell'edificio delle opportunità di miglioramento in termini di efficienza energetica; e
- c. consentire la comunicazione con i sistemi tecnici per l'edilizia connessi e altre apparecchiature interne all'edificio, nonché essere interoperabili con i sistemi tecnici per l'edilizia con tecnologie proprietarie, dispositivi e fabbricanti diversi.

Oltre alle prescrizioni sopra indicate, entro il 29 maggio 2026 i sistemi dovranno essere in grado di monitorare anche la qualità dell'aria degli ambienti interni.

Strumenti tecnici per adeguare i BMS/EMS alle specifiche artt. 14-15.

Uno strumento tecnico che fornisce degli spunti utili per l'adeguamento o la progettazione di sistemi BMS/EMS conformi agli artt. 14 e 15 della Direttiva 2010/31 e ss.mm.ii. è stato fornito dalla Commissione Europea con il documento tecnico "**Technical assistance for ensuring optimal performance of technical building systems under the new Energy Performance of Buildings Directive (EU) 2018/844 - Final Report with the technical guidelines for an effective understanding of Building Automation and Control System (BACS) capabilities under Articles 14&15**"¹. Il documento fornisce una serie di spunti che saranno qui brevemente richiamati, in modo da dare un supporto a chi si appresti a verificare la conformità alla norma. Di particolare interesse sono i KPI per valutare le prestazioni degli impianti.

Altro strumento utilissimo per le verifiche sono le *check-list* messe a disposizione dall'associazione EU-BAC (*European Building Automation Controls Association*) nelle quali viene dettagliato un percorso di verifica del rispetto dei requisiti.

1 <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/af75d396-e7cd-11ed-a05c-01aa75ed71a1/language-en>
<https://eubac.org/news/eu-bac-publishes-bacs-compliance-verification-checklist/>

5.1.2. Involucro Edilizio

In *Tabella 5.2* vengono riportate, in maniera non esaustiva, le principali soluzioni relative all'involucro edilizio, in particolare relativamente alle superfici trasparenti ed opache dell'edificio.

Nella scheda dedicata a "*Tetti e pareti verdi*" successiva viene riportato un focus sui benefici legati all'implementazione ed utilizzo di soluzioni di tipo naturale come i tetti e le pareti verdi.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.	
Superfici Trasparenti	Infissi	Sostituzione degli infissi con infissi più efficienti	[78], [D.E.]	
		Installazione di finestre capaci di convertire l'energia della radiazione solare in corrente elettrica	[79]	
		Installazione di finestre laminate	[80]	
		Installazione di finestre isolate (ventilazione ibrida)	[80]	
		Installazione di finestre intelligenti basate sul comfort termico	[80]	
		Installazione di finestre elettrocromatiche (opache per bloccare la radiazione)	[81]	
	Sistemi di ombreggiamento	Installazione sistemi di ombreggiamento fissi o dinamici	[82]	
		Installazione di sistemi di ombreggiamento con impianti fotovoltaici	[82], [83]	
	Superfici Opache	Facciata e pareti	Installazione di una facciata ventilata (e.g., a doppia pelle o curtain wall)	[84], [85], [D.E.]
			Installazione di sistemi di isolamento regolabili (switchable insulation system)	[82]
Installazione di sistemi di isolamento interno (isolamento termico delle pareti)			[78], [D.E.]	
Tetto e pareti		studio e implementazione di soluzioni "verdi"	[86], [87], [88]	
Tetto		Installazione di un sistema cool roof dinamico	[82]	

Tabella 5.2 – Elenco opportunità efficientamento energetico: Involucro edilizio.

Tetti e pareti verdi [86]



La Direttiva (UE) 2018/8444 [89] sulla prestazione energetica degli edifici (EPBD), nella premessa 17, riconosce e promuove gli investimenti per le “soluzioni di tipo naturale, quali una vegetazione stradale ben progettata, i tetti verdi e i muri che garantiscano isolamento e ombreggiamento agli edifici, contribuiscono a ridurre la domanda di energia, limitando la necessità di riscaldamento e rinfrescamento e migliorando la prestazione energetica di un edificio”. [86]

Negli ultimi anni, sono state sviluppati dei meccanismi di certificazione degli edifici per certificarne il livello di sostenibilità ambientale oltre che energetica.. I primi schemi di certificazione includono la Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology-BREEAM nel Regno Unito nel 1990 [90] e la Leadership in Energy and Environmental Design-LEED negli Stati Uniti nel 1994 [91].

Altri programmi importanti includono il sistema *German Sustainable Building Council* - DGNB [92] in Germania, il sistema *New Construction, Existing Buildings, and Renovation* - completo di valutazione per l'efficienza dell'ambiente costruito in Giappone - CASBEE [93] e il sistema *Green Star* [94] in Australia. BREEAM e LEED sono indubbiamente le certificazioni più diffuse in materia di sostenibilità, sia per gli edifici esistenti sia per quelli di nuova costruzione. La certificazione risulta spesso in una riduzione (immediatamente) misurabile del consumo idrico ed energetico e in un utilizzo più efficiente dell'edificio, con una conseguente diminuzione dei costi.

Tra le tecnologie che concorrono a rendere gli edifici sostenibili vi sono anche le infrastrutture verdi per edifici (in particolare Tetti e Pareti Verdi). Gli edifici provvisti di vegetazione a livello dell'involucro edilizio, hanno una richiesta inferiore di energia elettrica per la climatizzazione degli ambienti interni, favoriscono il sequestro di inquinanti dall'atmosfera, con effetti benefici anche sulla qualità dell'aria indoor, attenuano il rumore negli edifici e allo stesso tempo aumentano la biodiversità urbana, con conseguenze benefiche sul benessere dei cittadini, incluso quello lavorativo [87].

Nel contesto dell'adattamento ai cambiamenti climatici, in un'ottica di miglioramento del drenaggio urbano in città dove le condizioni idrogeologiche possono essere critiche, risulta particolarmente interessante il caso italiano di Bolzano che ha promosso l'indice numerico di Riduzione dell'Impatto Edilizio (R.I.E.) per descrivere la qualità dell'intervento edilizio facendo riferimento alla permeabilità del suolo e alle aree verdi, come strumento per la mitigazione e la compensazione ambientale [87].

L'installazione di superfici verdi negli edifici genera benefici sia di natura energetica ed ambientale ma anche di natura Sociale ed economica [86].

BENEFICI ENERGETICI

1 In **estate**, producono un effetto di **raffrescamento**, riducendo le temperature superficiali dell'involucro dell'edificio, determinando un abbassamento della temperatura ambiente circostante la superficie vegetata e nell'ambiente interno adiacente.

2 In **estate**, tramite l'evapotraspirazione delle piante che aumenta l'umidità relativa dell'aria circostante, l'azione schermante dalla radiazione solare e l'effetto ombreggiante, le coperture vegetali su edifici mitigano il fenomeno di **isola di calore** in città, riducendo la quota di radiazione riflessa verso l'atmosfera e producendo un effetto di raffrescamento.

3 In **inverno**, a seconda della posizione geografica, delle condizioni microclimatiche e dall'orientamento della superficie vegetata, potrebbero migliorare l'isolamento di un edificio, riducendone la dispersione termica verso l'esterno.

4 Aumentano l'**efficienza di produzione di energia elettrica rinnovabile** da parte dei **sistemi fotovoltaici (PV)**. Sui tetti verdi si stima un aumento di efficienza del 5% rispetto ad un lastrico solare convenzionale, grazie alla copertura vegetale che mantiene le temperature sulla superficie del tetto al di sotto dei 30-35 °C anche d'estate.

BENEFICI AMBIENTALI

1 La riduzione del consumo di energia si traduce in una **riduzione** delle **emissioni di CO₂** in atmosfera, con effetto di mitigazione dei cambiamenti climatici. Inoltre, le piante, attraverso la fotosintesi clorofilliana, **catturano la CO₂** presente nell'aria rilasciando ossigeno.

2 **Attenuano l'inquinamento dell'aria** ambiente. Oltre a ridurre le emissioni di CO₂, le piante sono in grado di assorbire e metabolizzare diversi composti inquinanti noti come **Composti Organici Volatili (COV)** e di catturare il **particolato (PM10 e PM2,5)**.

3 Migliorano la **qualità dell'aria** negli ambienti interni (Indoor Air Quality, IAQ) e il **comfort abitativo**, impattando positivamente sul benessere termico, igrometrico ed olfattivo-respiratorio.

4 **Riportano natura negli spazi urbani**, contribuendo all'arricchimento della biodiversità, offrono protezione per gli insetti impollinatori e incrementano la rete dei corridoi ecologici.

5 Forniscono un sistema per il **drenaggio sostenibile** nei centri urbani, facilitando la gestione del deflusso delle acque piovane. Inoltre, possono consentire un risparmio dell'acqua, che può essere raccolta per destinarla all'irrigazione della vegetazione o ad altri utilizzi.



BENEFICI SOCIALI ED ECONOMICI

1 Possono promuovere la coesione e l'inclusione sociale; i tetti, in particolare, offrono numerose opportunità ricreative.

3 Favoriscono lo sviluppo di nuove professioni associate al verde tecnologico (in edilizia e architettura urbana e sostenibile, agronomi, botanici, vivaisti, ...).

2 Forniscono spazi verdi aggiuntivi ove praticare agricoltura urbana a Km zero.

4 Possono determinare un aumento del valore capitale dell'immobile e far risparmiare sulla ristrutturazione dell'involucro edilizio, grazie alla protezione da danneggiamento dovuto ad agenti atmosferici e radiazione solare.

Caso Studio ENEA



EFFETTO DI UNA PARETE VERDE IN ESTATE

- 1** Risparmio di energia elettrica:
 - circa 2 kWh/m² per anno.
- 2** Risparmio di emissioni di CO₂:
 - circa 1 kg CO₂/m² per anno.
- 3** Mitigazione dell'inquinamento dell'aria:
 - circa il 20% dei COV più comuni in ambiente.



EFFETTO DI UN TETTO VERDE IN ESTATE

- 1** Temperatura superficiale sul tetto verde fino a 20-25°C in meno rispetto al lastrico solare non inverdito negli orari più caldi delle giornate estive.
- 2** Riduzione della trasmittanza termica del tetto fino al 50%.



5.1.3. Impianti elettrici ed Illuminazione

Nelle *Tabella 5.3* e *Tabella 5.4* vengono riportati i possibili interventi riguardanti rispettivamente gli impianti elettrici ed i sistemi di illuminazione.

Relativamente all'illuminazione, nella scheda successiva dedicata al *"Relamping nel settore immobiliare"* viene riportata un'analisi di scenario legata ai benefici in termini energetici legati al relamping degli edifici.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.	
Impianti elettrici	Gestione e Controllo	Miglioramento della gestione dei trasformatori nella ripartizione dei carichi e dei periodi di funzionamento per la massimizzazione dell'efficienza	[95], [D.E.]	
	Trasformatori	Installazione di trasformatori più efficienti e meglio dimensionati	[D.E.]	
	Power Quality		Installazione autotrasformatore per controllo delle armoniche	[D.E.]
			Installazione di sistemi di <i>power quality</i> per l'energia elettrica (tensione stabile, frequenza costante, assenza di sovratensioni)	[D.E.]
			Installazione di un Controllo di potenza attivo (<i>Active Power Control</i>) per garantire il risparmio energetico desiderato	[96]
			Installazione di impianti di rifasamento sui quadri elettrici principali	[D.E.]
			Verifica del corretto bilanciamento dei carichi sulle 3 fasi	[D.E.]
			Installazione di gruppo di continuità (<i>uninterruptible power supply</i> , UPS) ad alta efficienza e correttamente dimensionati	[D.E.]
			Riduzione delle armoniche attraverso o l'utilizzo di sistemi a "basso contenuto di armoniche" o installazione di sistemi di filtraggio o bilanciamento (vedere le raccomandazioni nelle norme IEEES19)	[D.E.]

Tabella 5.3 – Elenco opportunità efficientamento energetico: Impianti elettrici.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Corpi Illuminanti, controllo e sensori di presenza	Sostituzione Corpi Illuminanti	Relamping a LED	[97]
		Rimozione di fonti luminose in eccesso dove possibile (<i>delamping</i>)	[98]
	Sensori di presenza	Sensori di presenza in locali di servizio (es. bagni)	[D.E.]
	Gestione e Controllo	Installazione di un sistema di gestione e controllo dell'illuminazione	[D.E.]
		Sistemi di regolazione dell'illuminato in funzione della tipologia di utenza e dell'orario di utilizzo	[D.E.]
		Installazione di sistemi di controllo predittivi per l'illuminazione	[95]
		Parzializzazione dei corpi illuminati per accensione selettiva ad esempio nelle ore notturne. In alternativa sistemi di drimmeraggio della potenza.	[D.E.]
		Revisione dei requisiti di comfort, salute e benessere legati all'illuminazione	[D.E.]

Tabella 5.4 – Elenco opportunità efficientamento energetico: Illuminazione.

Relamping nel settore immobiliare

Nel Report ENEA RdS/PAR2015/005 [99] viene riportato uno studio per valutare i vantaggi che il relamping di un edificio può produrre.

Nello studio proposto per la valutazione delle prestazioni energetiche relative all'illuminazione vengono proposti 4 scenari che simulano una transizione progressiva verso l'utilizzo di sistemi illuminanti a LED (tabella).



Scenari di integrazione tra impianti di illuminazione tradizionale e a LED

Scenario 1	Si suppone che tutti gli impianti siano di tipo tradizionale (100% Fluorescenza)
Scenario 2	Si suppone che siano stati realizzati interventi di retrofit sugli impianti di illuminazione degli spazi distributivi, mentre il resto sia di tipo tradizionale (80% Fluorescenza - 20% LED)
Scenario 3	Si suppone che siano stati realizzati interventi di retrofit sugli impianti degli uffici, mantenendo i restanti ambienti con impianti tradizionali (50% Fluorescenza - 50% LED)
Scenario 4	Si suppone che tutti gli impianti siano stati sostituiti con impianti a LED (100% LED)

*Scenari di integrazione tra gli impianti di illuminazione tradizionale e LED
[Fonte ENEA- Report RdS/PAR2015/005].*

Nella tabella successiva vengono riportati i risultati in termini di densità di potenza elettrica LPD (W/m^2) per i diversi scenari a parità di condizioni di illuminamento.

Ambiente	Scenario 1	Scenario 2		Scenario 3		Scenario 4
	100% Fluorescenza	80% Fluorescenza	20% LED	50% Fluorescenza	50% LED	100% LED
LPD medio (W/m^2)	14,8	12,5		10,6	6,7	50%

*Densità di potenza elettrica (LPD) per i diversi scenari di integrazione tra gli impianti di illuminazione tradizionale e LED
[Fonte ENEA - Report RdS/PAR2015/005].*

Sulla base dei dati di densità specifica LPD individuati per i diversi scenari e ipotizzando un profilo di utilizzo tipico delle strutture immobiliari ad uso uffici (dalle 8:00 alle 18:00, dal lunedì al venerdì) è possibile valutare dei valori IPE specifici:

- ▷ IPE scenario 1 (100 % Fluorescenza) = 35,52 kWh/m² anno
- ▷ IPE scenario 2 (80 % Fluorescenza - 20 % LED) = 30,00 kWh/m² anno
- ▷ IPE scenario 3 (50 % Fluorescenza - 50 % LED) = 25,44 kWh/m² anno
- ▷ IPE scenario 4 (100 % LED) = 16,08 kWh/m² anno.

È possibile conseguire risparmi superiori al 50% dei consumi energetici associati all'illuminazione nel caso di una transizione completa verso impianti a LED.

5.1.4. Autoproduzione energetica e Fonti rinnovabili

In *Tabella 5.5* sono riportate le possibili soluzioni relative all'autoproduzione di energia, differenziate tra Cogenerazione e trigenerazione e l'utilizzo di soluzioni di autoproduzione da fonte rinnovabile.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Cogenerazione e Trigenerazione	Installazione/sostituzione	Installazione di un sistema di cogenerazione e/o trigenerazione per la produzione combinata di Energia elettrica, calore per riscaldamento e ACS e raffrescamento	[D.E.]
		Integrazione del sistema trigenerativo con sistema a pompa di calore e impianti da fonte rinnovabile	[D.E.]
	Gestione e Controllo	Sistema di gestione dei carichi e costi energetici per la produzione energetica in sistemi trigenerativo integrati a pompa di calore e impianti da fonte rinnovabile	[D.E.]
Fonti rinnovabili	Fotovoltaico	Installazione di impianti Fotovoltaici	[74]
		Finestre capaci di convertire l'energia della radiazione solare in corrente elettrica a-Si solar cell	[79]
	Solare termico	Installazione di impianto solare Termico	[100]
	Geotermia	Installazione di impianto a pompa di calore geotermica	[101], [102]

Tabella 5.5 – Elenco opportunità efficientamento energetico: Autoproduzione energetica.

5.1.5. Riscaldamento, Ventilazione e Condizionamento dell'aria

Nelle *Tabella 5.6* e *Tabella 5.7* vengono riportate le principali opportunità di efficientamento energetico relativi agli impianti HVAC, in particolare nella *Tabella 5.5* vengono riportati gli interventi che riguardano sia le centrali termiche che frigorifere e nella *Tabella 5.6* gli interventi riguardanti i sistemi di distribuzione e ventilazione.

Nella scheda successiva viene riportato un caso studio di sostituzione completa dell'impianto di riscaldamento tradizionale con un sistema a pompa di calore geotermica, con i relativi benefici riscontrati.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Impianti Termici	Gestione e Controllo	Regolazione set-point e definizione di zone termiche (o thermal comfort control) mediante tecniche di previsione	[75], [103]
		Installazione di sistemi di Automazione e controllo BMS conformi alla DIRETTIVA (UE) 2018/844	[89]
	Installazione/ Sostituzione generatore di calore	Sostituzione caldaia esistente con caldaie a condensazione	[D.E.]
		Sostituzione caldaia esistente con caldaie con sistema a pompa di calore	[D.E.]
		Sostituzione caldaia esistente con caldaie con sistema a pompa di calore geotermica	[D.E.], [101], [102]
	Sostituzione boiler elettrici ACS	Sostituzione boiler elettrici per la produzione ACS con sistemi a pompa di calore	[D.E.]
	Integrazione con FER	Integrazione degli impianti con sistemi di produzione da fonti rinnovabili (solare termico, geotermia, fotovoltaico)	[D.E.]
	Installazione/ sostituzione gruppi frigoriferi	Sostituzione gruppi frigoriferi con impianti più efficienti	[D.E.]
		Installazione di sistemi polivalenti	[D.E.]
		Installazione di gruppi frigoriferi acqua/acqua con sistema di recupero del calore per produzione combinata di ACS	[D.E.]

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Impianti Termici	Installazione/ sostituzione gruppi frigoriferi	Installazione di un gruppo frigorifero con sistema di raffreddamento adiabatico	[D.E.]
		Installazione di un sistema esterno a pompa di calore integrata con liquido essiccante e raffreddamento evaporativo assistito	[D.E.]
		Rifacimento completo degli impianti termici e sistemi di distribuzione con sistemi VRV o VRF (4 tubi)	[D.E.]
	Ausiliari impianti termici	Installazione di serbatoi di accumulo inerziali	[D.E.]
		Torri evaporative sostituzione motori elettrici con motori ad alta efficienza ad inverter o dove possibile integrazione motori esistenti con inverter	[D.E.]

Tabella 5.6 – Elenco opportunità efficientamento energetico: Impianti termici.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Sistemi di distribuzione, Trattamento aria e terminali	Trattamento aria	Installazione di un sistema esterno dedicato di trattamento aria con sistema parallelo (<i>Dedicated Outdoor Air System, DOAS</i>)	[104]
		Installazione di raffreddamento radiante e di un sistema esterno dedicato di trattamento aria con sistema parallelo (<i>Dedicated Outdoor Air System, DOAS</i>)	[105]
	Terminali	Sostituzione radiatori elettrici con scaldi salviette di minor potenza assorbita	[D.E.]
		Installazione fancoil con motori ad alta efficienza	[D.E.]
	Trattamento aria	Ammodernamento UTA con macchine più efficienti dotate di sistemi di ventilazione ad inverter tele gestiti e sistemi di ricircolo e recupero del calore	[D.E.]

Tabella 5.7 – Elenco opportunità efficientamento energetico: Sistemi di distribuzione trattamento aria e terminali.

Analisi di un intervento di risparmio energetico nel settore immobiliare

Descrizione del caso studio

Il caso studio analizzato è composto da due edifici.

Nella condizione ex-ante, l'impianto di riscaldamento, ventilazione ed aria condizionata era composto

da due centrali termiche e cinque gruppi frigo. Per perseguire un maggior risparmio energetico, l'impianto in questione è stato profondamente modificato in modo tale da sfruttare l'acqua di falda mediante pompe di calore polivalenti. In particolar modo, gli interventi apportati possono essere descritti come segue:

- Smantellamento delle caldaie e della linea gas;
- Smantellamento delle Unità di Trattamento Aria (UTA);
- Smantellamento dei componenti idronici;
- Realizzazione di un sistema con pescaggio tramite pozzi di acqua di falda;
- Installazione di due gruppi frigo aria/acqua;
- Installazione di due gruppi frigo acqua/acqua;
- Installazione di due gruppi polivalenti;
- Installazione di due pompe di calore per la produzione di acqua calda;
- Installazione di nuove UTA.

Risultati Energetici conseguiti

Per validare e quantificare i risultati dell'intervento realizzato è stata svolta un'analisi energetica confrontando a parità di condizioni i risultati ex-ante ed ex-post. In *Tabella 1* e *Figura 1* vengono riportati i risultati dell'analisi energetica, in particolare, vengono mostrati in maniera normalizzata i Consumi Energetici Prima dell'Intervento (CEPI) ed i Consumi Energetici Dopo l'Intervento (CEDI) e la loro differenza (DEC).



Tabella 1: Consumi energetici normalizzati prima e dopo l'intervento.

Mese	Consumi Energetici Normalizzati			Variazione %
	CEPI	CEDI	DEC	
Gennaio	0,547	0,204	-0,343	-62,7%
Febbraio	0,455	0,156	-0,299	-65,7%
Marzo	0,360	0,151	-0,208	-57,9%
Aprile	0,274	0,16	-0,114	-41,60%
Maggio	0,077	0,18	0,104	135,50%
Giugno	0,341	0,191	-0,15	-43,90%
Luglio	0,308	0,207	-0,101	-32,90%
Agosto	0,324	0,196	-0,128	-39,40%
Settembre	0,265	0,157	-0,109	-40,90%
Ottobre	0,348	0,13	-0,218	-62,70%
Novembre	0,476	0,149	-0,327	-68,70%
Dicembre	1,000	0,182	-0,818	-81,80%

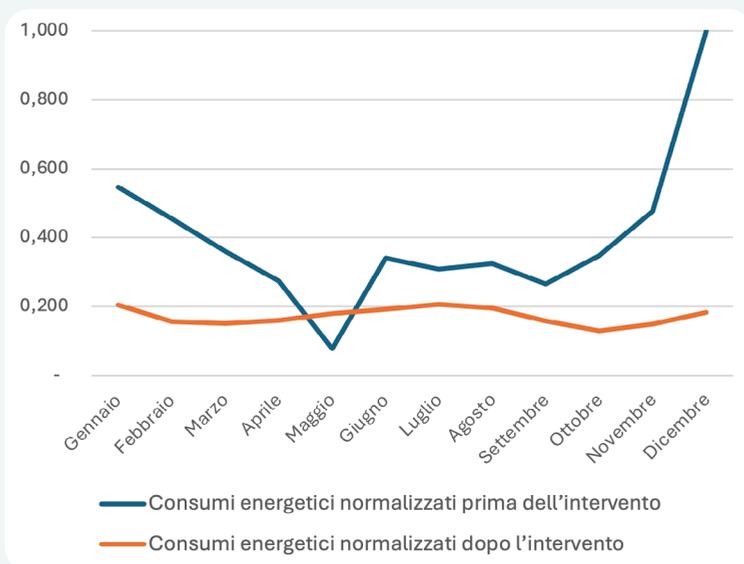


Figura 1: Andamento dei consumi energetici normalizzati prima e dopo l'intervento.

Dall'analisi svolta è emerso un risparmio energetico superiore al 60% per i mesi più freddi, superiore al 30% per i mesi caldi. Solo il mese di maggio è risultato essere l'unico mese per cui non si è riscontrato un risparmio energetico.

Analisi Economica

Per avvalorare la bontà dell'intervento è stata svolta anche un'analisi dei costi energetici ex-ante ed ex-post, questa analisi è necessaria in quanto tra la condizione ex-ante ed ex-post vi è stata una transizione da una condizione con più vettori energetici (energia elettrica e gas naturale) ad una sfruttante il solo vettore elettrico. I risultati dell'analisi economica sono mostrati in *Tabella 2* e *Figura 2*, in particolare modo, vengono mostrati in maniera normalizzata i Costi Prima dell'Intervento (CPI) e i Costi Dopo l'Intervento (CDI) e la loro differenza (CD).

Tabella 2: Costi energetici normalizzati prima e dopo l'intervento.

Mese	Consumi Energetici Normalizzati			Variazione %
	CPI	CDI	CD	
Gennaio	0,46	0,509	0,047	10%
Febbraio	0,39	0,389	0,004	1%
Marzo	0,32	0,377	0,06	19%
Aprile	0,35	0,399	0,047	13%
Maggio	0,18	0,45	0,274	156%
Giugno	0,84	0,476	-0,359	-43%
Luglio	0,75	0,515	-0,238	-32%
Agosto	0,80	0,489	-0,307	-39%
Settembre	0,65	0,391	-0,259	-40%
Ottobre	0,68	0,323	-0,358	-53%
Novembre	0,55	0,371	-0,181	-33%
Dicembre	1,00	0,454	-0,546	-55%

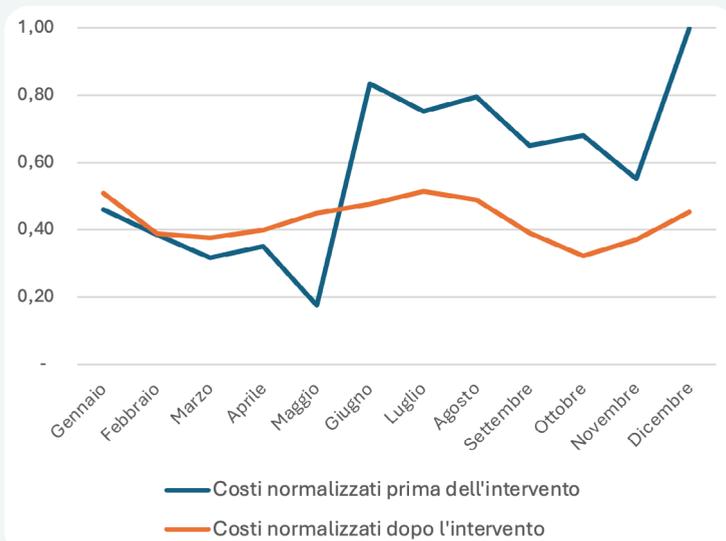


Figura 2: Andamento dei costi normalizzati prima e dopo l'intervento.

Dall'analisi proposta emerge un risparmio annuo pari al 26%. Rispetto all'analisi energetica, i vantaggi economici sono minori e principalmente inerenti ai mesi caldi. Dicembre è caratterizzata dalla massima riduzione dei costi pari al 55%.

Discussioni e Considerazioni

L'analisi energetica ha evidenziato elevati risparmi energetici a seguito degli interventi realizzati, sintomo che gli interventi sono stati efficaci. Anche l'analisi economica ha messo in luce una riduzione dei costi legati ai consumi energetici che potrebbe subire ulteriori miglioramenti qualora questa venga integrata con l'installazione di impianti fotovoltaici.

5.1.6. Sistemi Ausiliari

In questo paragrafo vengono riportate una serie di possibili opportunità di efficientamento energetico che riguardano tutti quei sistemi che “ausiliari”, presenti solitamente negli edifici. Principalmente le soluzioni riportate riguardano i motori elettrici (*Tabella 5.8*).

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.	
Motori elettrici ed inverter	Ascensori/ montacarichi/ scalemobili	Sostituzione dei Motori con motori più efficienti e ISTALLAZIONE di sistemi di recupero energetico	[D.E.]	
	Sistemi di pompaggio	Sostituzione pompe con pompe a giri variabili	[D.E.]	
		Sostituzione ed ottimizzazione dei sistemi di pompaggio dei circuiti idraulici presenti nell'edificio	[D.E.]	
	Torri Eevaporativa	Installazione di ventilatori a giri variabili nelle torri evaporative e implementazione di un sistema di controllo	[106]	
	Varie		Installazione di motori a velocità variabile con inverter (UTA, sistemi di pompaggio, ventilazione, etc)	[107], [108]
			Installare motori elettrici ad alta efficienza (IE2, IE3, IE4)	[107], [108]
			Resettare il pretensionamento delle cinghie	[109]
			Sostituire le cinghie dei motori con cinghie più moderne ed efficienti per ottimizzare le tensioni. Ad esempio, sostituire le cinghie a V con cinghie dentate (preferibili per alte coppie)	[110]
			Rifasare I motori trifase in modo che i carichi su ciascun condensatore siano bilanciati	[110]
		Riavvolgere I motori elettrici o Ricablare i motori	[110], [111]	
Varie	Cucina	Sostituzione dei fornelli a gas della cucina con piastre ad induzione ad alta efficienza energetica	[D.E.]	

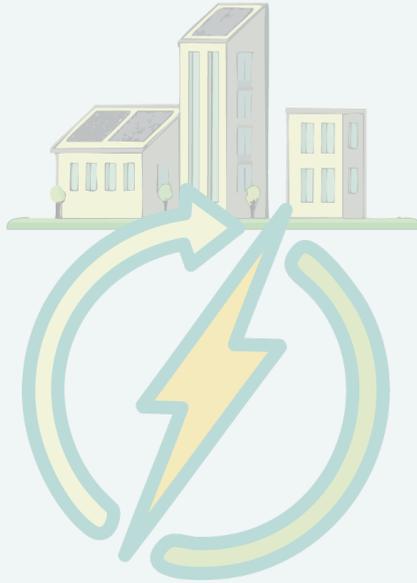
Tabella 5.8 – Elenco opportunità efficientamento energetico: Sistemi Ausiliari.

5.1.7. Trattamento ed utilizzo Acqua

In quest'ultimo paragrafo vengono riportati una serie di interventi (*Tabella 5.9*) che benché non abbiano una diretta incidenza sul miglioramento del consumo energetico dell'edificio, hanno una ricaduta di carattere ambientale che non dovrebbe mai essere trascurata.

Area Intervento	Oggetto della soluzione	Soluzione	Rif Bibl.
Trattamento acqua	Impianti	Installazione o efficientamento circuito osmosi	[D.E.]
		Installazione addolcitore per l'acqua di reintegro delle torri di raffreddamento	[D.E.]
Approvvigionamento ed Utilizzo	Aree verdi	Utilizzo acqua di falda per l'irrigazione	[D.E.]
	Bagni	Installazione di rubinetti temporizzati	[D.E.]

Tabella 5.9 - Soluzioni per ridurre l'impatto ambientale..





ANALISI DEGLI INTERVENTI

6

6. Analisi degli interventi

Questo capitolo conclusivo ha lo scopo di mettere a fattor comune le soluzioni che esperti del settore hanno individuato per efficientare i siti del settore terziario uffici. Viene pertanto riportata un'analisi degli interventi di efficientamento energetico realizzati o proposti (individuati) all'interno delle diagnosi energetiche suddivisi in diverse aree.

6.1 Metodologia di analisi

Per l'organizzazione e l'analisi dei dati, inerenti gli interventi realizzati e proposti presenti nelle diagnosi energetiche, è stata messa a punto una metodologia replicabile per ogni ATECO e aggiornabile nel tempo [112]. Tale approccio è diretto a monitorare i risparmi conseguiti e potenziali e fornire informazioni utili agli operatori del settore e ai decisori politici.

Per una migliore comprensione delle informazioni presenti nel capitolo si forniscono le seguenti descrizioni:

- ▷ **Area di intervento.** È una famiglia omogenea all'interno della quale sono presenti una serie di tipologie di interventi afferenti a diverse tipologie (sotto-aree). In particolare, sono state definite 17 Aree di Intervento o famiglie di intervento. In *Tabella 6.1* è riportata una loro descrizione con la relativa ripartizione in sotto aree di intervento, fornendo inoltre alcuni esempi¹.
- ▷ **Risparmi energetici.** I risparmi di energia sono riportati sia in energia primaria che, a seconda dell'area di intervento, anche in energia finale. Infatti, i risparmi energetici complessivi, relativi a tutte e 17 le aree di intervento, vengono riportati in energia primaria in modo da poter elaborare grafici, tabelle e mappe di sintesi. In aggiunta, per tutte le aree tranne "*Produzione da fonti rinnovabili*" e "*Cogenerazione/Trigenerazione*" i risparmi sono forniti anche in termini di energia finale. Per gli interventi che prevedono un'autoproduzione di energia, appartenenti alle due aree citate, si preferisce riferirsi unicamente a risparmi di energia primaria.

¹ L'elenco di interventi riportato nella seconda colonna intende avere un carattere esemplificativo e non esaustivo di tutti i possibili interventi. Chiaramente ogni area di intervento sarà più o meno rilevante a seconda delle specificità del codice ATECO esaminato e anche del sito produttivo oggetto di diagnosi. A seconda del settore ATECO, per aree di particolare importanza sono state definite delle sotto aree per poi esaminarle con indicatori quantitativi e grafici.

▷ **Indicatori di interesse.** Per la rappresentazione delle informazioni utili alla valutazione degli interventi sono stati individuati degli indicatori di interesse così elencabili (se contrassegnati con asterisco disponibili solo per interventi individuati):

- Risparmio totale di energia finale [tep/anno].
- Risparmio totale di energia primaria [tep/anno].
- Risparmi per tipologia: Risparmi di energia elettrica [kWh/anno e tep/anno], Risparmi di energia termica [kWh/anno e tep/anno], Risparmi di carburante [tep/anno], Altri risparmi [tep/anno].
- Investimento [€].
- Tempo di ritorno semplice [anni]*.
- Tasso di attualizzazione [%]*.
- Valore attuale netto [€]*.
- Emissioni di CO₂ [t].
- Costo efficacia, definito come Investimento/Risparmio di energia finale o primaria [€/tep] e Investimento/Risparmio di emissioni [€/t CO₂].
- Risparmio energetico e di emissioni per intervento.
- Risparmi elettrici e termici totali e medi per area di intervento.
- Risparmi totali di energia primaria rapportati ai consumi totali di energia primaria, risparmi totali di energia elettrica e termica rapportati rispettivamente i consumi totali elettrici e termici.
- Risparmi medi di energia finale per area di intervento rapportati ai consumi medi finali di sito, risparmi medi di energia elettrica e termica per area di intervento rapportati rispettivamente i consumi medi elettrici e termici di sito.
- Ove pertinente, calcolo di alcuni degli indicatori sopra descritti per sotto area.
- Ove pertinente, calcolo dei risparmi di energia elettrica e termica medi per sotto area e zona climatica.
- Ove pertinente, calcolo dei risparmi totali medi per superficie e volume riscaldati.

Area di intervento	Sotto aree	Esempi
Altro	-	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Interventi non altrove classificati ▷ Interventi di natura mista, appartenenti a diverse categorie (per esempio la riqualificazione globale, con interventi ricadenti nelle aree Climatizzazione, Involucro edilizio e Illuminazione)
Aria compressa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ricerca ed eliminazione perdite, prove di tenuta 2. Ottimizzazione/ Regolazione 3. Installazione o sostituzione compressore 4. Recupero termico da compressore 5. Riduzione pressione 6. Installazione o sostituzione inverter 7. Essiccatore ad adsorbimento 8. Monitoraggio & centralina 9. Manutenzione 10. Riqualificazione integrata compressori 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Sostituzione di compressori ▷ Ricerca ed eliminazione delle perdite ▷ Installazione di sistemi di misura ▷ Ottimizzazione degli impianti ▷ Installazione di inverter
Aspirazione	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inverter 2. Installazione o sostituzione aspiratore 3. Recupero termico da aspiratori 4. Ottimizzazione/Regolazione 5. Motori ad alta efficienza 6. Riqualificazione 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Sostituzione di motori usati per aspirazione con nuovi di categoria più efficiente (IE3 o superiore) ▷ Installazione di inverter ▷ Ottimizzazione degli impianti
Centrale termica e/o Recuperi termici	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recupero termico da centrale termica 2. Installazione o sostituzione caldaia 3. Scaricatori di condensa 4. Coibentazioni 5. Inverter 6. Ottimizzazione/Regolazione 7. Economizzatori 8. Bruciatori 9. Monitoraggio & controllo 10. Riqualificazione 11. Teleriscaldamento/ Teleraffrescamento 12. Osmosi inversa 13. ORC 14. Teleriscaldamento 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Sostituzione dell'impianto di generazione calore con modelli più efficienti ▷ Recupero termico, tra cui anche sistemi ORC ▷ Sostituzione dei bruciatori

Area di intervento	Sotto aree	Esempi
Climatizzazione	<ol style="list-style-type: none"> 1. Free cooling 2. Inverter 3. Sostituzione UTA 4. Regolazione/Ottimizzazione/BMS 5. VRV/VRF/portata variabile 6. Campagna di sensibilizzazione 7. Manutenzione 8. Filtri 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Sostituzione dell'impianto di riscaldamento e/o raffreddamento con modelli più efficienti
Cogenerazione e/o Trigenerazione	<ol style="list-style-type: none"> 1. Installazione o sostituzione impianto 2. Rifacimento impianto esistente 3. Micro-cogeneratore 4. Ottimizzazione/Regolazione 5. Assorbitori 6. Recupero termico da cogenerazione 7. Manutenzione 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Installazione di un impianto di cogenerazione o trigenerazione ▷ Miglioramento di impianti esistenti
Freddo di processo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recupero termico da gruppi frigo 2. Sostituzione gruppi frigo 3. Ottimizzazione/Regolazione 4. Riqualificazione 5. Monitoraggio & controllo 6. Installazione o sostituzione inverter 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Sostituzione di gruppi frigo ▷ Sostituzione di ventilatori di raffreddamento ▷ Ottimizzazione della gestione
Generale e/o Gestionale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adozione ISO 50001 2. Monitoraggio 3. Formazione 4. SGE 5. BEMS 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Introduzione o miglioramento del sistema di monitoraggio ▷ Interventi di tipo organizzativo, come lo spegnimento programmato nelle ore notturne o nei periodi di minore attività ▷ Corsi di formazione in ambito efficienza energetica ▷ Adozione della certificazione ISO 50001 ▷ Adozione di nuovi strumenti software ▷ Interventi di natura comportamentale

Area di intervento	Sotto aree	Esempi
Illuminazione	<ol style="list-style-type: none"> 1. LED 2. Ottimizzazione/Regolazione 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Introduzione di LED in aree specifiche ▷ <i>Relamping</i> dello stabilimento ▷ Installazione di rilevatori di presenza
Impianti elettrici	<ol style="list-style-type: none"> 1. Power quality/E-power 2. Trasformatori 3. Cabina 4. UPS 5. Filtri passivi 6. Stabilizzatori/armoniche 7. Ottimizzazione/Regolazione 8. Raddrizzatori 9. Energia reattiva 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Installazione di un sistema <i>power quality</i> ▷ Sostituzione di trasformatori ▷ Installazione di economizzatori di rete
Involucro edilizio	<ol style="list-style-type: none"> 1. Schermature solari 2. Infissi 3. Cappotto 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Rifacimento del cappotto esterno ▷ Coibentazione della copertura ▷ Installazione o sostituzione di schermature solari ▷ Sostituzione degli infissi
Linee produttive	-	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Interventi relativi ai processi nell'area attività principale, ad esempio: ▷ Sostituzione del forno fusorio ▷ Revamping dello stabilimento ▷ Ottimizzazione della gestione dei forni ▷ Interventi sui nastri trasportatori ▷ Sostituzione dei carica batteria muletti
Motori elettrici/ Inverter	<ol style="list-style-type: none"> 1. Motori ad alta efficienza 2. Inverter 3. Ottimizzazione/Regolazione 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Sostituzione di motori elettrici con nuovi di categoria più efficiente (IE3 o superiori) ▷ Installazione di inverter

Area di intervento	Sotto aree	Esempi
Produzione da fonti rinnovabili	<ol style="list-style-type: none"> 1. Installazione o rifacimento/ ampliamento impianto fotovoltaico 2. Installazione o rifacimento/ ampliamento impianto eolico 3. Installazione o rifacimento/ ampliamento solare termico 4. Installazione o rifacimento/ ampliamento impianto a biomassa 5. Ottimizzazione/Regolazione 6. Manutenzione 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Installazione di un impianto fotovoltaico, solare termico o di una centrale a biomassa
Rifasamento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rifasamento localizzato 2. Installazione nuovo rifasatore 3. Verifica impianto 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Rifasamento degli impianti ▷ Installazione di nuovi rifasatori
Trasporti	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carica batterie muletti 2. Carrelli elevatori 3. Sostituzione mezzi a gasolio/ benzina con mezzi a metano/ elettrici 4. Introduzione veicoli elettrici 5. Biocarburanti 6. Ottimizzazione 7. Corso di formazione <i>eco driving</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Mobilità elettrica e altri interventi di conversione del parco veicoli con modelli a maggiore efficienza ▷ Corsi di formazione su <i>eco-driving</i>
Reti di distribuzione	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interventi su reti distribuzione vapore 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Ricerca delle perdite di distribuzione ▷ Verifica dello stato della rete vapore ▷ Verifica delle coibentazioni nella rete di trasporto calore ▷ Sostituzione di scaricatori di condensa

Tabella 6.1 - Aree di classificazione degli interventi, relative sotto aree ed esempi.

6.2 Principali risultati per il settore uffici

Nel presente capitolo sulla base dell'analisi delle informazioni e delle diagnosi relative al "settore Uffici" inviate ad ENEA attraverso il portale Audit102 da parte dei soggetti obbligati, vengono forniti i risultati relativi ai principali indicatori, elencati nel paragrafo precedente.

Attraverso l'utilizzo di grafici detti "a quattro quadranti" può essere fornita una prima rappresentazione combinata di investimento e risparmio energetico, suddividendo i punti, rappresentativi dei singoli interventi, in quattro quadranti. I quadranti sono definiti in base alla mediana della distribuzione di risparmio di energia finale o primaria (linea orizzontale) e investimento (linea verticale), in ogni specifica area di intervento esaminata. Ricordando che il costo efficacia è definito come il rapporto tra investimento e risparmio energetico, il quadrante in alto a sinistra rappresenta gli interventi con migliore costo efficacia (interventi più convenienti) e quello in alto a destra gli interventi efficaci.

Nel caso della *Figura 6.1* viene rappresentata la climatizzazione, un'area di intervento che rappresenta circa un terzo sia degli interventi realizzati che di quelli proposti nel settore esaminato. All'area climatizzazione corrisponde più del 40% del risparmio potenziale e a causa della sua importanza, l'area è stata suddivisa in 6 sotto aree:

- I. **Ausiliari:** interventi di efficientamento/sostituzione dei motori elettrici al servizio delle UTA;
- II. **Caldaie:** interventi di efficientamento/sostituzione delle caldaie;
- III. **Gestionale:** Interventi di naturale gestionale, come la regolazione della temperatura;
- IV. **Pompe di calore:** interventi di efficientamento/sostituzione delle pompe di calore;
- V. **Teleriscaldamento:** interventi di allaccio alla rete di teleriscaldamento;
- VI. **Altro:** interventi non altrove classificabili².

Sia il quadrante in alto a sinistra (interventi con migliore costo efficacia) che quello in alto a destra (interventi efficaci) risultano popolati da diversi interventi nelle varie sotto aree esaminate.

² Si è scelto di non riportare questa categoria residuale nelle successive tabelle.

**Interventi Individuati:
Climatizzazione - Risparmio annuo totale [tep] vs Investimento [€]**

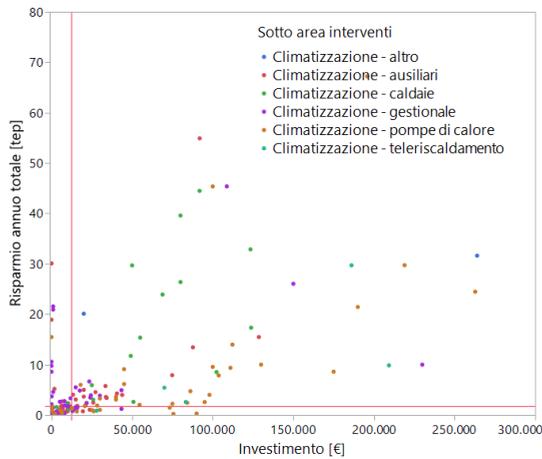


Figura 6.1 – Costo efficacia degli interventi individuati nella categoria Climatizzazione.

Di seguito sono proposti due ulteriori grafici sul costo efficacia degli interventi individuati. La *Figura 6.2*, relativa agli interventi nell'area Generale/Gestionale mostra un quadrante di interventi a migliore costo efficacia abbastanza popolato, in particolare da interventi che a parità di costo di investimento forniscono risparmi di energia finale variabili a seconda della dimensione e delle caratteristiche del sito esaminato. Anche il quadrante in alto a destra contiene diversi interventi, con prevalenza della sotto area Monitoraggio.

**Interventi Individuati:
Generale/Gestionale - Risparmio annuo totale [tep] vs Investimento [€]**

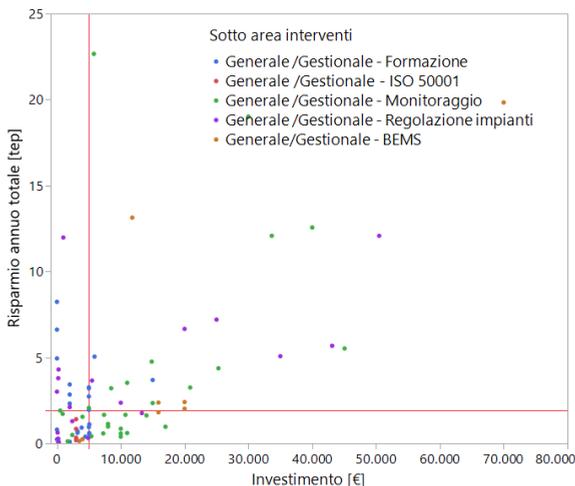


Figura 6.2 – Costo efficacia degli interventi individuati nell'area Generale/Gestionale.

La *Figura 6.3* rappresenta i risparmi di energia primaria associati agli interventi individuati nell'area Produzione da fonti rinnovabili nel settore esaminato, mostrando un andamento con una certa linearità rispetto al costo di investimento.

**Interventi Individuati:
Produzione da fonti rinnovabili - Risparmio annuo totale [tep]
vs Investimento [€]**

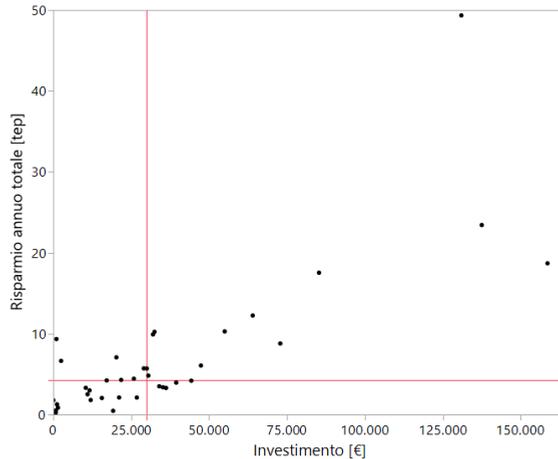


Figura 6.3 - Costo efficacia degli interventi individuati nell'area Produzione da fonti rinnovabili.

Dopo aver esaminato il costo efficacia per alcune aree selezionate nelle figure precedenti, la *Figura 6.4* descrive i dati medi di costo efficacia relativamente a tutte le diverse aree di intervento. In particolare, viene confrontato il costo efficacia medio del risparmio potenziale di energia primaria (asse y) e delle emissioni di CO₂ (asse x), rappresentando attraverso la dimensione della bolla il tempo di ritorno medio.

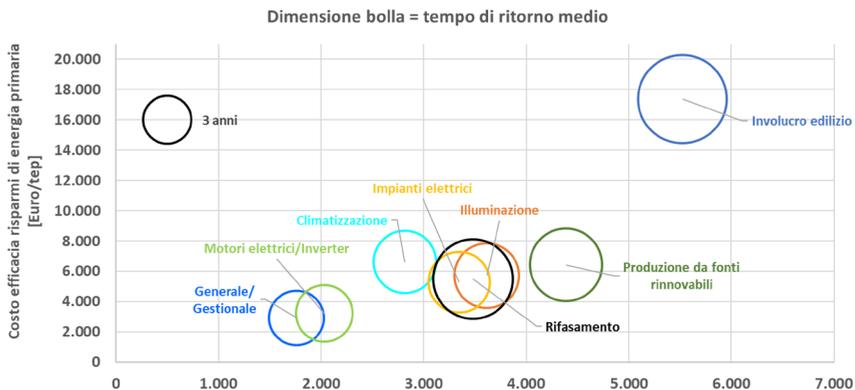


Figura 6.4 - Diagramma a bolle di costo efficacia dei risparmi totali di energia primaria, costo efficacia dei risparmi di emissioni di CO₂ e tempo di ritorno.

Nei paragrafi successivi le risultanze relative agli interventi effettuati e individuati sono analizzate in maniera maggiormente esaustiva. In particolare, in *Figura 6.5* sono riportati gli interventi più ricorrenti nelle aree di intervento caratteristiche del settore: Involucro edilizio, Climatizzazione, Generale/ Gestionale, Illuminazione, Produzione da fonti rinnovabili.

INVOLUCRO EDILIZIO	CLIMATIZZAZIONE	GENERALE/ GESTIONALE	ILLUMINAZIONE	PRODUZIONE DA FONTI RINNOVABILI
Sostituzione infissi	Sostituzione caldaia con caldaia a condensazione	Introduzione sistema di monitoraggio dei consumi	Installazione LED in sostituzione delle lampade fluorescenti	Installazione impianto fotovoltaico
Installazione pellicole a controllo solare	Sostituzione caldaia con pompa di calore	Adozione certificazione ISO 50001	Installazione sensori di presenza	Riqualificazione/ estensione impianto fotovoltaico esistente
Coibentazione pareti verticali, coperture e porticati	Sostituzione gruppi frigo	Installazione Building Management System	Revisione dei requisiti di comfort, salute e benessere	Supervisione / ottimizzazione produzione di impianto fotovoltaico
Trattamento del tetto con vernici termoriflettenti (cool roof)	Sostituzione motori UTA	Formazione e sensibilizzazione del personale sull'efficienza energetica		
	Installazione inverter su UTA	Installazione sensori di presenza		
	Regolazione set point temperatura			

Figura 6.5 – Casistica dei principali interventi individuati in diagnosi energetica per area.

6.2.1 Interventi effettuati

Nel presente paragrafo si riportano i risultati, in termini di risparmi conseguiti, dell'analisi degli interventi effettuati.

La *Tabella 6.2* sintetizza i risultati, in termini di risparmi di energia primaria e di CO₂ risparmiata, associati all'implementazione degli interventi di efficientamento energetico riportati in diagnosi energetica.

Risparmio medio di energia primaria per intervento [tep]		15,5
Risparmio medio di CO ₂ per intervento [t]		26,2
Risparmio annuo di energia primaria/Consumo totale [%]	Risparmio annuo di energia elettrica/Consumo elettrico totale [%]	Risparmio annuo di energia termica/Consumo termico totale [%]
1,3%	1,4%	0,8%

Tabella 6.2 - Quadro generale interventi individuati.

Circa l'1% dei risparmi totali espressi in energia primaria è dovuto all'implementazione di impianti di autoproduzione dell'energia da fonti rinnovabili (*Tabella 6.3*)³.

Area di intervento	Risparmio totale medio [tep/anno]	Risparmio medio di energia elettrica [tep/anno]	Risparmio medio di energia termica [tep/anno]	Risparmio medio di carburante [tep/anno]	Altri risparmi medi [tep/anno]
Produzione da fonti rinnovabili	4,7	4,7	0,0	0,0	0,0

Tabella 6.3 - Risparmi conseguiti di energia primaria per area: risparmio totale medio risparmio medio per tipologia.

Analizzando i risparmi conseguiti in termini di energia finale (*Tabella 6.4*) è possibile notare come gli interventi legati alla climatizzazione siano prevalenti, insieme a interventi di *relamping* dei locali e ad altri di natura più gestionale legati a una maggiore attenzione ai consumi energetici.

³ In questa tabella e nelle successive sono riportate soltanto le aree che includono interventi con informazioni quantitative.

Area di intervento	Risparmio annuo totale [%]	Risparmio totale medio [tep/anno]	Risparmio medio di energia elettrica [tep/anno]	Risparmio medio di energia termica [tep/anno]	Risparmio medio di carburante [tep/anno]	Altri risparmi medi [tep/anno]
Climatizzazione	15,3%	5,6	3,9	1,7	0,0	0,0
Generale/ Gestionale	64,3%	14,4	10,4	4,0	0,0	0,0
Illuminazione	11,2%	3,8	3,8	0,0	0,0	0,0
Impianti elettrici	0,1%	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0
Involucro edilizio	8,0%	4,5	4,3	0,0	0,3	0,1

Tabella 6.4 - Risparmi conseguiti di energia finale per area: risparmio totale medio risparmio medio per tipologia.

Per le aree di intervento si effettuata una analisi di maggior dettaglio relativamente ai risparmi di energia finale conseguiti dagli interventi effettuati (Tabella 6.5). In particolare, la tabella mostra la quota dei valori medi dei risparmi totali, elettrici e termici di ogni area di intervento rispetto al consumo medio totale, elettrico o termico per sito.

Area di intervento	Risparmi Totali [%]	Risparmi Elettrici [%]	Risparmi Termici [%]
Climatizzazione	3,4%	3,5%	3,2%
<i>Climatizzazione - ausiliari</i>	1,9%	2,8%	-
<i>Climatizzazione - caldaie</i>	1,7%	2,5%	-
<i>Climatizzazione - gestionale</i>	11,3%	-	34,9%
<i>Climatizzazione - pompe di calore</i>	1,1%	1,7%	-
Generale/Gestionale	4,3%	6,4%	-
Cogenerazione/Trigenerazione	8,7%	9,3%	7,4%
Illuminazione	2,3%	3,4%	-
Impianti elettrici	0,3%	0,4%	-
Involucro edilizio	2,7%	3,8%	-

Tabella 6.5 – Risparmi medi di energia finale totali, elettrici e termici da interventi effettuati (% dei consumi medi totali, elettrici o termici).

In *Tabella 6.6* è fornito il valore dell'indicatore relativo ai risparmi medi conseguiti nelle aree per cui i risparmi sono conteggiati in energia primaria, rappresentate nel caso degli interventi effettuati solo da Produzione da fonti rinnovabili.

Area di intervento	Risparmi Totali [%]	Risparmi Elettrici [%]	Risparmi Termici [%]
Produzione da fonti rinnovabili	1,6%	1,9%	-

Tabella 6.6 – Risparmi medi di energia primaria totali, elettrici e termici da interventi effettuati (% dei consumi medi totali elettrici o termici).

La riduzione dei consumi energetici o il passaggio ad altro vettore energetico hanno una diretta conseguenza nella riduzione delle emissioni climalteranti. In *Tabella 6.7* è riportata un'analisi del risparmio medio di CO₂ conseguito per area di intervento.

Area di intervento	Risparmio annuo medio [t CO ₂ /anno]
Climatizzazione	17,4
Generale/Gestionale	45,1
Illuminazione	12,9
Impianti elettrici	1,5
Involucro edilizio	17,2
Produzione da fonti rinnovabili	7,4

Tabella 6.7 - Risparmi medi di emissioni di CO₂ per intervento.

Sulla base degli investimenti effettuati e dei risultati ottenuti in termini di riduzione di consumi energetici ed emissioni climalteranti, in *Tabella 6.8* è riportata una valutazione di costo efficacia per ciascuna area di intervento, in termini di energia finale e primaria. È inoltre mostrato l'investimento medio per ogni area di intervento. Sono incluse soltanto le aree per cui si disponeva di tutte le informazioni per calcolare l'indicatore di costo efficacia.

Area di intervento	Risparmio annuo totale [%]	Risparmio totale medio [tep/anno]	Risparmio medio di energia elettrica [tep/anno]	Costo efficacia [€/t CO ₂]
Climatizzazione	110.525	6.407	4.146	2.166
Generale/ Gestionale	15.882	4.495	2.183	1.345
Illuminazione	47.135	13.495	6.206	3.934
Involucro edilizio	66.996	5.814	2.674	1.695

Tabella 6.8 – Investimento medio e costo efficacia medio degli interventi effettuati per area.

6.2.2 Interventi individuati

Nel presente paragrafo viene fornita un'analisi basata sulle proposte di intervento o "interventi individuati" nelle diagnosi energetiche, con maggior dettaglio rispetto a quanto presentato per gli interventi effettuati. Sono, infatti, fornite informazioni di carattere economico finanziario, come il tempo di ritorno degli investimenti.

In *Tabella 6.9* è riportata una sintesi dei possibili risultati, in termini di risparmi di energia primaria e CO₂ risparmiata, associati all'implementazione degli interventi di efficientamento energetico riportati in diagnosi energetica.

Risparmio medio di energia primaria per intervento [tep]	13,0	
Risparmio medio di CO ₂ per intervento [t]	21,3	
Risparmio annuo di energia primaria/ Consumo totale [%]	Risparmio annuo di energia elettrica/ Consumo elettrico totale [%]	Risparmio annuo di energia termica/Consumo termico totale [%]
12,2%	12,9%	8,3%

Tabella 6.9 - Quadro generale degli interventi individuati.

In *Tabella 6.10* sono mostrati i risparmi medi di energia primaria associati agli interventi di Cogenerazione/Trigenerazione e Produzione da fonti rinnovabili, confrontabili con un valor medio per intervento pari a circa 13 tep.

Area di intervento	Risparmio annuo totale [%]	Risparmio totale medio [tep/anno]	Risparmio medio di energia elettrica [tep/anno]	Risparmio medio di energia termica [tep/anno]	Altri risparmi medi [tep/anno]
Cogenerazione/Trigenerazione	8,5%	35,8	0,0	0,0	35,8
Produzione da fonti rinnovabili	91,5%	9,8	9,8	0,0	0,0

Tabella 6.10 - Risparmi conseguiti di energia primaria per area: risparmio totale medio risparmio medio per tipologia.

Escludendo gli interventi relativi all'autoproduzione di energia, la *Tabella 6.11* riporta i risparmi potenziali di energia finale. Analogamente a quanto osservato nel paragrafo precedente per gli interventi effettuati, è possibile notare come gli interventi legati agli impianti di climatizzazione, al relamping e al controllo/gestione dei consumi presentino i risparmi potenziali più elevati.

Area di intervento	Risparmio annuo totale [%]	Risparmio totale medio [tep/anno]	Risparmio medio di energia elettrica [tep/anno]	Risparmio medio di energia termica [tep/anno]	Risparmio medio di carburante [tep/anno]	Altri risparmi medi [tep/anno]
Climatizzazione	41,4%	7,9	4,0	3,8	0,0	0,1
Generale/Gestionale	12,4%	5,5	4,7	0,8	0,0	0,0
Illuminazione	31,0%	6,1	6,1	0,0	0,0	0,0
Impianti elettrici	7,0%	11,2	11,2	0,0	0,0	0,0
Involucro edilizio	5,4%	8,7	2,9	5,9	0,0	0,0
Motori elettrici/Inverter	2,3%	3,9	3,9	0,0	0,0	0,0
Rifasamento	0,3%	13,6	13,6	0,0	0,0	0,0
Trasporti	0,1%	4,0	0,0	0,0	4,0	0,0

Tabella 6.11 - Risparmi potenziali di energia finale per area: risparmio totale medio risparmio medio per tipologia.

Nella tabella successiva si fornisce una analisi di maggior dettaglio relativamente ai risparmi di energia finale potenzialmente associati agli interventi individuati per area di intervento (*Tabella 6.12*).

In particolare, la tabella mostra la quota dei valori medi dei risparmi totali, elettrici e termici di ogni area di intervento rispetto al consumo medio totale, elettrico o termico a livello di sito.

Area di intervento	Risparmi Totali [%]	Risparmi Elettrici [%]	Risparmi Termici [%]
Climatizzazione	4,8%	3,6%	7,0%
<i>Climatizzazione - ausiliari</i>	2,7%	2,9%	2,3%
<i>Climatizzazione - caldaie</i>	10,0%	0,9%	29,1%
<i>Climatizzazione - gestionale</i>	2,3%	2,3%	2,5%
<i>Climatizzazione - pompe di calore</i>	8,1%	6,9%	9,8%
Generale/Gestionale	3,3%	4,2%	1,4%
Illuminazione	3,7%	5,5%	-
Impianti elettrici	6,8%	10,0%	-
Involucro edilizio	5,3%	2,5%	-
Motori elettrici/Inverter	2,4%	3,5%	-
Rifasamento	8,2%	12,2%	-
Trasporti	2,4%	-	-

Tabella 6.12 – Risparmi medi di energia finale totali, elettrici e termici da interventi individuati (% dei consumi medi, elettrici o termici).

In *Tabella 6.13* è fornita un'analoga informazione per le due le aree associate a risparmi di energia primaria, includendo anche la sotto area di Climatizzazione rappresentata da teleriscaldamento. Per l'area Cogenerazione/Trigenerazione è calcolato il risparmio complessivo e non è quindi disponibile la disaggregazione tra risparmi elettrici e termici.

Area di intervento	Risparmi Totali [%]	Risparmi Elettrici [%]	Risparmi Termici [%]
Produzione da fonti rinnovabili	3,3%	4,0%	-
Cogenerazione/Trigenerazione	12,0%	-	-
Climatizzazione - Teleriscaldamento	3,3%	-	18,0%

Tabella 6.13 – Risparmi medi di energia primaria, totali, elettrici e termici da interventi individuati (% dei consumi medi totali, elettrici o termici).

Ovviamente la riduzione dei consumi energetici o il passaggio ad altro vettore energetico hanno una diretta conseguenza nella riduzione delle emissioni climalteranti. In *Tabella 6.14* è riportata un'analisi del risparmio medio di emissioni associabile a ogni area dove sono stati proposti interventi.

Area di intervento	Risparmio annuo medio [t CO ₂ /anno]
Climatizzazione	22,8
Cogenerazione/Trigenerazione	24,8
Generale/Gestionale	17,4
Illuminazione	21,0
Impianti elettrici	39,8
Involucro edilizio	23,5
Motori elettrici/Inverter	13,4
Produzione da fonti rinnovabili	15,5
Rifasamento	46,6

Tabella 6.14 - Risparmi medi per intervento di emissioni di CO₂.

Sulla base degli investimenti potenziali e dei risultati ottenibili in termini di riduzione dei consumi energetici e delle emissioni climalteranti, in *Tabella 6.15* è riportata una valutazione di investimento, costo efficacia e tempo di ritorno per ciascuna area di intervento.

Area di intervento	Investimento medio [€]	Costo efficacia medio [€/tep di energia finale]	Costo efficacia medio [€/tep di energia primaria]	Costo efficacia medio [€/t CO ₂]	Tempo di ritorno medio [anni]
Centrale termica/ Recupero termico	50.000	-	-	-	1,1
Climatizzazione	53.331	8.917	6.599	2.815	4,9
Cogenerazione/ Trigenerazione	1.077.500	-	6.075	8.783	5,3
Generale/ Gestionale	12.024	6.051	2.946	1.760	3,8
Illuminazione	58.673	12.394	5.709	3.615	5,3
Impianti elettrici	33.372	11.990	5.277	3.345	4,7
Involucro edilizio	136.684	11.488	17.367	5.522	9,8
Motori elettrici/ Inverter	21.310	6.972	3.206	2.032	4,1
Produzione da fonti rinnovabili	55.362	-	7.362	4.386	6,6
Rifasamento	162.291	11.937	5.489	3.480	8,0
Trasporti	52.000	13.164	13.164	-	5,4

Tabella 6.15 - Costo efficacia medio degli interventi individuati per area: Euro per tep di energia finale e Euro per ton di CO₂.

Vista l'attenzione posta sulla climatizzazione in fase di stesura delle diagnosi energetica dai professionisti, in *Tabella 6.16* viene riportata un'analisi di maggior dettaglio di alcuni indicatori energetici ed economici rispetto alle sotto aree di intervento.

Sotto area	Risparmi medi di energia finale [tep/anno]	Risparmi medi di energia elettrica [tep/anno]	Risparmi medi di energia termica [tep/anno]	Investimento medio [Euro]	Costo efficacia medio [Euro/anno]	PBT medio [anni]
Ausiliari	4,4	3,2	1,2	19.135	8.748	4,2
Caldaie	16,6	1,0	15,6	66.097	5.683	4,9
Gestionale	3,9	2,5	1,3	11.912	4.945	2,4
Pompe di calore	13,5	7,7	5,3	132.464	15.373	9,0
Teleriscaldamento	9,7	-	9,7	115.331	20.896	8,8

Tabella 6.16 - Interventi individuati per sotto aree della Climatizzazione: risparmi di energia finale medi totali e per tipologia, investimento, costo efficacia e PBT medi.

In *Tabella 6.17* viene fornito anche un potenziale di risparmio energetico calcolato in funzione della superficie riscaldata per le diverse sottoaree. In *Tabella 6.18* è stata infine riportata una sintesi dei risparmi potenziali medi di energia finale per i vettori elettrico e termico nelle diverse zone climatiche⁴.

Sotto Aree di intervento: Climatizzazione	Risparmio medio per superficie riscaldata [tep/1.000mq]
Climatizzazione - ausiliari	0,50
Climatizzazione - caldaie	1,97
Climatizzazione - gestionale	0,58
Climatizzazione - pompe di calore	2,29
Climatizzazione - teleriscaldamento	1,55

Tabella 6.17 - Risparmi medi di energia finale per superficie e volume riscaldati per sotto area.

⁴ La presenza dei risparmi termici nella sottoarea Ausiliari è coerente con la presenza di alcuni interventi di recupero termico da UTA.

Zona climatica	Risparmi medi di energia elettrica [tep/anno]				
	Ausiliari	Caldaie	Gestionale	Pompe di calore	Teleriscaldamento
B - C	1,4	-	0,7	3,0	-
D	3,5	14,8	0,9	3,6	-
E - F	3,5	0,2	3,0	9,6	-

Zona climatica	Risparmi medi di energia termica [tep/anno]				
	Ausiliari	Caldaie	Gestionale	Pompe di calore	Teleriscaldamento
B - C	-	-	-	-	-
D	-	14,9	0,2	2,8	-
E - F	1,7	15,7	1,9	6,7	9,7

Tabella 6.18 – Risparmi medi di energia elettrica e termica per zona climatica e sotto area.

Nelle figure seguenti vengono riportati dei grafici riassuntivi a bolla che permettono di rappresentare in maniera congiunta, per ciascuna area di intervento, l'investimento, il tempo di ritorno e il costo efficacia, calcolando quest'ultimo indicatore sia relativamente ai risparmi energetici di energia primaria (Figura 6.6) che alle emissioni di CO₂ (Figura 6.7).

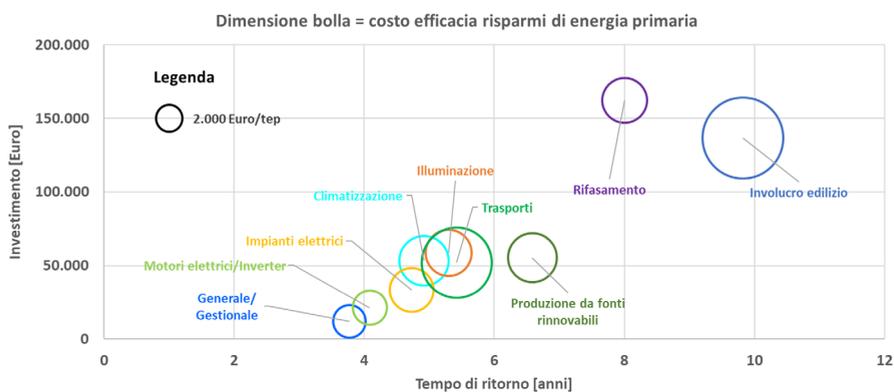


Figura 6.6 – Risparmi potenziali totali di energia primaria: diagramma a bolle con costo efficacia del risparmio energetico, investimento e tempo di ritorno.

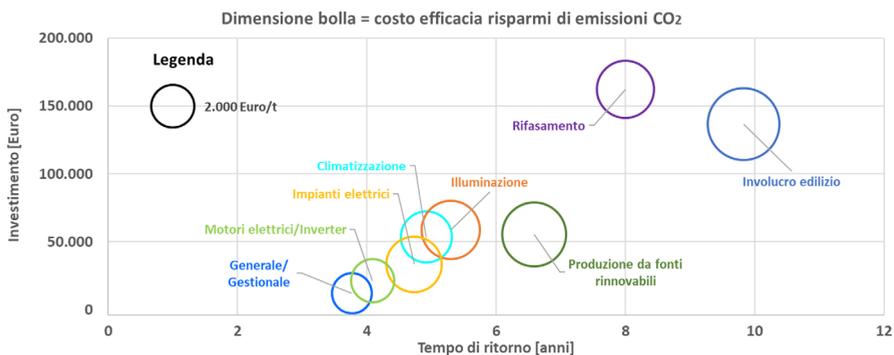


Figura 6.7 – Risparmi potenziali di emissioni di CO₂: diagramma a bolle con costo efficace del risparmio di emissioni, investimento e tempo di ritorno.

A completamento dell'analisi riportata nel capitolo, in *Figura 6.8* è riportata la distribuzione regionale dei risparmi potenziali di energia primaria legati agli interventi di efficientamento energetico proposti in diagnosi energetica per il settore analizzato. Si evidenzia una netta preponderanza del risparmio nella regione Lombardia (53,5%) seguita da Emilia Romagna (14,4%), dati che riflettono il numero di diagnosi pervenute ma anche la loro qualità in termini di interventi individuati ivi inclusi.

Interventi Individuati - Risparmio totale di energia primaria

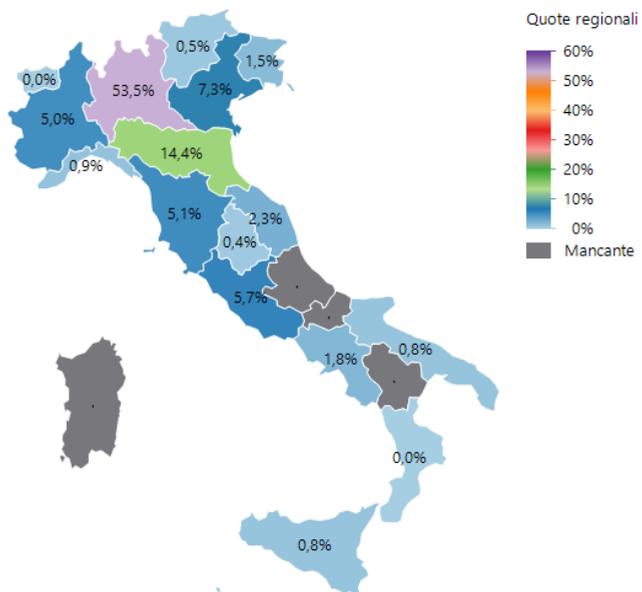


Figura 6.8 – Distribuzione regionale dei risparmi potenziali totali di energia primaria.





BIBLIOGRAFIA

7

7. Bibliografia

- [1] L'UE e le Nazioni Unite - obiettivi comuni per un futuro sostenibile:
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/sustainable-development-goals/eu-and-united-nations-common-goals-sustainable-future_it
- [2] Nazioni Unite, Dipartimento degli affari economici e sociali Sviluppo sostenibile, "L'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile":
<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- [3] Nazioni Unite, Dipartimento degli affari economici e sociali Sviluppo sostenibile, "I 17 Go!": <https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs>
- [4] *European Commission, National energy and climate plans:*
https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/national-energy-and-climate-plans-necps_en?prefLang=it
- [5] *European Commission, Green Deal europeo:*
<https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/>
- [6] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%":
<https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>
- [7] Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni "Pronti per il 55 %": realizzare l'obiettivo climatico dell'UE per il 2030 lungo il cammino verso la neutralità climatica: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550&qid=1707044781956>
- [8] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: riforma del sistema di scambio di quote di emissione dell'UE": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-eu-emissions-trading-system/>
- [9] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: un fondo per sostenere i cittadini e le imprese più colpiti": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-social-climate-fund/>
- [10] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: come l'UE intende trattare le emissioni al di fuori del suo territorio": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-cbam-carbon-border-adjustment-mechanism/>

- [11] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: riduzione delle emissioni risultanti da trasporti, edifici, agricoltura e rifiuti": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-effort-sharing-regulation/>
- [12] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: realizzazione degli obiettivi climatici nei settori dell'uso del suolo e della silvicoltura": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-lulucf-land-use-land-use-change-and-forestry/>
- [13] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: perché l'UE sta inasprendo le norme in materia di emissioni di CO2 per auto e furgoni": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-emissions-cars-and-vans/>
- [14] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: ridurre le emissioni di metano nel settore dei combustibili fossili": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-cutting-methane-emissions-in-fossil-fuels/>
- [15] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: aumentare la diffusione di carburanti più ecologici nei settori del trasporto aereo e marittimo": www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-refueeu-and-fueeu/
- [16] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: per trasporti più sostenibili": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-afir-alternative-fuels-infrastructure-regulation/>
- [17] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pacchetto Pronti per il 55%: in che modo l'UE intende promuovere le energie rinnovabili": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-how-the-eu-plans-to-boost-renewable-energy/>
- [18] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pacchetto Pronti per il 55%: in che modo l'UE diventerà più efficiente sotto il profilo energetico": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-how-the-eu-will-become-more-energy-efficient/>
- [19] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: per edifici più verdi nell'UE": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-making-buildings-in-the-eu-greener/>
- [20] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: passare dal gas di origine fossile ai gas rinnovabili e a basse emissioni di carbonio": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-hydrogen-and-decarbonised-gas-market-package-explained/>

- [21] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Pronti per il 55%: in che modo l'UE intende rivedere la tassazione dei prodotti energetici": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-energy-taxation/>
- [22] EUR-Lex, Regolamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 giugno 2020 relativo all'istituzione di un quadro che favorisce gli investimenti sostenibili e recante modifica del regolamento (UE) 2019/2088: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF?uri=CELEX:32020R0852>
- [23] EUR-Lex, Regolamento (UE) 2023/2485 della Commissione Europea del 27 giugno 2023 modifica il regolamento (UE) 2021/2139 per definire criteri tecnici aggiuntivi per valutare se certe attività economiche contribuiscano significativamente alla mitigazione o all'adattamento ai cambiamenti climatici, senza danneggiare altri obiettivi ambientali: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023R2485>
- [24] EUR-Lex, Regolamento delegato (UE) 2023/2486 della Commissione Europea del 27 giugno 2023 che integra il regolamento (UE) 2020/852 del Parlamento europeo e del Consiglio definendo criteri tecnici per valutare se un'attività economica contribuisce in modo significativo all'uso sostenibile delle risorse marine, alla transizione verso un'economia circolare, alla prevenzione dell'inquinamento, alla protezione della biodiversità e degli ecosistemi, senza danneggiare altri obiettivi ambientali. Questo regolamento modifica anche il regolamento delegato (UE) 2021/2178 per quanto riguarda la comunicazione al pubblico di informazioni specifiche su tali attività economiche: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023R2486>
- [25] Commissione Europea, "Corporate sustainability reporting": https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en
- [26] Parlamento Europeo, "Non-financial Reporting Directive": [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/654213/EPRS_BRI\(2021\)654213_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/654213/EPRS_BRI(2021)654213_EN.pdf)
- [27] Regolamento (UE) 2019/2088 del Parlamento europeo e del Consiglio del 27 novembre 2019 relativo all'informativa sulla sostenibilità nel settore dei servizi finanziari: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/ALL/?uri=CELEX%3A32019R2088>

- [28] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Comunicato Stampa, "Clima-Energia: il MASE ha trasmesso la proposta di PNIEC alla Commissione Ue": <https://www.mase.gov.it/comunicati/clima-energia-il-mase-ha-trasmesso-la-proposta-di-pniec-alla-commissione-ue>
- [29] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, "PIANO NAZIONALE INTEGRATO PER L'ENERGIA E IL CLIMA (PNIEC)", giugno 2023: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNIEC_2023.pdf
- [30] Consiglio dell'Unione europea, infografica, "Piani nazionali per l'energia e il clima": <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/national-energy-and-climate-plans/>
- [31] Parlamento Europeo, "Efficienza energetica": <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/69/efficienza-energetica>
- [32] EUR-Lex, Direttiva 2012/27/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 ottobre 2012, sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:02012L0027-20210101_
- [33] Decreto legislativo 18 luglio 2014, n.102, Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2014/07/18/14G00113/sg>
- [34] EUR-Lex, Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo, al Comitato delle Regioni e alla Banca Europea per gli Investimenti in Energia pulita per tutti gli europei: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=celex:52016DC0860\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=celex:52016DC0860(01))
- [35] EUR-Lex, Direttiva (UE) 2018/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, che modifica la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32018L2002_
- [36] Gazzetta Ufficiale, DECRETO LEGISLATIVO 14 luglio 2020, n. 73, Attuazione della direttiva (UE) 2018/2002 che modifica la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica: www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2020/07/14/175/sg/pdf
- [37] EUR-Lex, Direttiva (UE) 2023/1791 del Parlamento europeo e del Consiglio del 13 settembre 2023 sull'efficienza energetica e che modifica il regolamento (UE) 2023/955: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32023L1791>

- [38] Ministero delle Imprese e del Made in Italy (già Ministero dello Sviluppo Economico), *"Chiarimenti in materia di diagnosi energetica nelle imprese ai sensi dell'articolo 8 del Decreto Legislativo N.102 del 2014, 2016"*: <https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/CHIARIMENTI-DIAGNOSI-14-nov-2016.pdf>.
- [39] Ministero delle Imprese e del Made in Italy, Decreto ministeriale 21 dicembre 2017 - Agevolazioni imprese energivore: https://www.mimit.gov.it/images/stories/normativa/decreto_ministeriale_21_dicembre_2017_%20agevolazioni_impres_energivore.pdf
- [40] Gazzetta Ufficiale, DECRETO-LEGGE 29 settembre 2023, n. 131 Misure urgenti in materia di energia, interventi per sostenere il potere di acquisto e a tutela del risparmio: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2023/09/29/23G00141/sg>
- [41] Decreto "Condizionalità Green", Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, del 10 luglio 2024: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/bandi/CEE/dm_128076_11-07-2024.pdf
- [42] EUR-Lex, Comunicazione della Commissione - Disciplina in materia di aiuti di Stato a favore del clima, dell'ambiente e dell'energia 2022: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022XC0218\(03\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022XC0218(03))
- [43] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Decreto del Ministro della transizione ecologica n. 541 del 21 dicembre 2021 *"Rideterminazione dei corrispettivi a copertura degli oneri generali del sistema del gas applicati alle imprese a forte consumo di gas naturale"*: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/trasparenza_valutazione_merito/dm_541_21_12_2021.pdf
- [44] EUR-Lex, Direttiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 13 ottobre 2003 che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0087&from=en>
- [45] EUR-Lex, Direttiva (UE) 2023/959 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 10 maggio 2023 recante modifica della direttiva 2003/87/CE, che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nell'Unione, e della decisione (UE) 2015/1814, relativa all'istituzione e al funzionamento di una riserva stabilizzatrice del mercato nel sistema dell'Unione per lo scambio di quote di emissione dei gas a effetto serra: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023L0959>

- [46] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, NOVITÀ EU ETS: <https://www.ets.minambiente.it/NovitaEUETS>
- [47] Regolamento Delegato UE 2022/1288, c.d. RTS *Regulatory Technical Standards*, specifica i dettagli del contenuto e della presentazione delle informazioni nei documenti precontrattuali, sui siti web e nelle relazioni periodiche: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R1288>
- [48] Regolamento Delegato (UE) 2021/2139, definisce 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: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R2139>
- [49] Direttiva 2013/34/UE relativa ai bilanci d'esercizio, ai bilanci consolidati: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0034>
- [50] Direttiva EU 2022/2464 la c.d. CSRD *Corporate Sustainability Reporting Directive* che rafforza ulteriormente gli obblighi di rendicontazione delle informazioni di carattere non finanziario nel quadro della direttiva 2013/34/UE
- [51] Regolamento delegato (UE) 2023/2772 definisce gli indicatori e i principi di rendicontazione di sostenibilità: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302772
- [52] Regolamento 2023/2631 c.d. *Eu Green Bond*, criteri di sostenibilità e sociali per poter dichiarare un bond "EU Green Bond": https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302631
- [53] Direttiva UE 2024/1760 c.d. CSDDD, *Corporate Sustainability Due Diligence Directive*, sul dovere di diligenza delle imprese ai fini della sostenibilità: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401760
- [54] Istat, "Statistiche sulle costruzioni", 2023: <https://www.istat.it/>
- [55] Istat, "Permessi di costruire – Anno 2023", 2024: <https://www.istat.it/>
- [56] Agenzia delle Entrate, "Rapporto Immobiliare 2024 - Immobili a destinazione terziaria, commerciale e produttiva", 2024: <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/>

- [57] ENEA, "Analisi statistica sul parco edilizio non residenziale e sviluppo di modelli di calcolo semplificati", 2009 (RSE161): https://www2.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/condizionamento/rse161.pdf
- [58] Rapporto Fondi Immobiliari Aggiornamento 2023, Scenari Immobiliari: <https://www.scenari-immobiliari.it/i-fondi-immobiliari-in-italia-e-allestero-aggiornamento-semestrale-rapporto-2023/>
- [59] UNI CEI EN 16247:1-4:2022
- [60] Diagnosi Energetiche art 8 del D.lgs. 102/2014 Linee Guida e Manuale Operativo. La Clusterizzazione dei siti, il rapporto di diagnosi ed il piano di monitoraggio, ENEA, 2021: <https://www.energiaenergetica.enea.it/servizi-per/imprese/diagnosi-energetiche/indicazioni-operative.html>
- [61] Linee guida settoriali, ENEA: <https://www.energiaenergetica.enea.it/servizi-per/imprese.html>
- [62] G. Bruni, A. De Santis, C. Herce, L. Leto, C. Martini, F. Martini, M. Salvio, F.A. Tocchetti, C. Toro, "From Energy Audit to Energy Performance Indicators (EnPI): A Methodology to Characterize Productive Sectors. The Italian Cement Industry Case Study", *Energies* 2021, 14(24), 8436; <https://doi.org/10.3390/en14248436>
- [63] UNI EN ISO 50001:2018
- [64] UNI CEI EN 16231:2012
- [65] UNI EN ISO 15927-6:2008
- [66] Direttiva 2010/31/UE: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:it:PDF>
- [67] Decreto Requisiti Minimi del 26 giugno 2015, che all'Allegato 1, https://www.mimit.gov.it/images/stories/normativa/DM_requisiti_minimi_allegato1.pdf
- [68] Direttiva (UE) 2024/1275, "Case Green", https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401275
- [69] Decreto Legislativo 48/2020, <https://www.energiaenergetica.enea.it/media/attachments/2020/06/19/d.-lgs-n.-48-del-10-giugno-2020.pdf>
- [70] Regolamento Delegato (UE) 2021/2139, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R2139>

- [71] S.I.N. Tientcheu, S.P. Chowdhury and T.O. Olwal, "Intelligent Energy Management Strategy for Automated Office Buildings", *Energies* 2019, 12(22), 4326; <https://doi.org/10.3390/en12224326>
- [72] M. Ghita, R. A. Cajo Diaz, I. R. Birs, D. Copot, and C. M. Ionescu, 'Ergonomic and economic office light level control', *Energies*, vol. 15, no. 3, p. 734, 2022, <https://doi.org/10.3390/en15030734>
- [73] M. Asif, W. Ahmed, A. Alazazmeh, "Energy performance assessment of a post-retrofit office building using measurement and verification protocol: A case study from KSA", Elsevier, *Energy reports*, Volume 9, December 2023, Pages 1366-1379, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.12.061>
- [74] K.O. Amoabeng, R. Opoku, S. Boahen, "Analysis of indoor set-point temperature of split-type ACs on thermal comfort and energy savings for office buildings in hot-humid climates", *Energy and Built Environment*, Volume 4, Issue 3, June 2023, Pages 368-376, <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2022.02.006>
- [75] H. Sun, Y. Niu, C. Li, C. Zhou, W. Zhai, Z. Chen, H. Wu, L. Niu, "Energy consumption optimization of building air conditioning system via combining the parallel temporal convolutional neural network and adaptive opposition-learning chimp algorithm", Elsevier, *Energy*, Volume 259, 15 November 2022, 125029, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125029>
- [76] J.C. Jacob, D. Pandit, J. Sen, "Energy-saving potential in Indian open-plan offices using Micro-Zonal Occupant Centric Control (MZOCC)", Elsevier, *Energy and Buildings*, Volume 282, 1 March 2023, 112799, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112799>
- [77] "A novel operation approach for the energy efficiency improvement of the HVAC system in office spaces through real-time big data analytics", Elsevier, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 127, July 2020, 109885, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109885>
- [78] G. Galbiati, F. Medici, F. Graf, and G. Marino, 'Methodology for energy retrofitting of Modern Architecture. The case study of the Olivetti office building in the UNESCO site of Ivrea', *Journal of Building Engineering*, vol. 44, p. 103378, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.103378>
- [79] A. Mesloub, A. Ghosh, G. A. Albaqawy, E. Noaime, and B. M. Alsolami, 'Energy and daylighting evaluation of integrated semitransparent photovoltaic windows with internal light shelves in open-office buildings',

Advances in Civil Engineering, vol. 2020, pp. 1–21, 2020, <https://doi.org/10.1155/2020/8867558>

- [80] E. H. Suzuki, F. C. Lofrano, F. A. Kurokawa, R. T. Prado, and B. C. Leite, 'Decision-making process for thermal comfort and energy efficiency optimization coupling smart-window and natural ventilation in the warm and hot climates', *Energy and Buildings*, vol. 266, p. 112110, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112110>
- [81] I. M. Budaiwi and M. Abdul Fasi, 'Assessing the Energy-Saving Potential and Visual Comfort of Electrochromic Smart Windows in Office Buildings: A Case Study in Dhahran, Saudi Arabia', *Sustainability*, vol. 15, no. 12, p. 9632, 2023, <https://doi.org/10.3390/su15129632>
- [82] S. G. Koç and S. M. Kalfa, 'The effects of shading devices on office building energy performance in Mediterranean climate regions', *Journal of Building Engineering*, vol. 44, p. 102653, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2021.102653>
- [83] A. H. Dehwah and M. Krarti, 'Energy performance of integrated adaptive envelope technologies for commercial buildings', *Journal of Building Engineering*, vol. 63, p. 105535, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2022.105535>
- [84] G. Aruta, F. Ascione, N. Bianco, T. Iovane, and G. M. Mauro, 'A responsive double-skin façade for the retrofit of existing buildings: Analysis on an office building in a Mediterranean climate', *Energy and Buildings*, vol. 284, p. 112850, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112850>
- [85] X. Kong, Y. Ren, J. Ren, S. Duan, and C. Guo, 'Energy-saving performance of respiration-type double-layer glass curtain wall system in different climate zones of China: Experiment and simulation', *Energy and Buildings*, vol. 252, p. 111464, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111464>
- [86] P. De Rossi, F. Hugony, A. Latini, A. Mastrilli, S. Pace, P. Pistoichini, T. Susca, F. Zanghirella, "Tetti e pareti verdi per gli edifici", ENEA, 2024, <https://www.pubblicazioni.enea.it/download.html?task=download.send&id=699:tetti-e-pareti-verdi-per-gli-edifici&catid=3>
- [87] Campiotti, C. A.; Giagnacovo, G.; Latini, A.; Mariani, S.; Sperandei, M.; Pace, S.; Campiotti, A.; Di Bonito, R.; Marone, A "Gli ecosistemi vegetali per la rigenerazione ecologica delle città", Rapporto Tecnico ENEA, 2022, <https://iris.enea.it/handle/20.500.12079/61021>

- [88] Campiotti C.A., Gatti L., Campiotti A, Consorti L., De Rossi P., Bibbiani C., Muleo R., Latini A. Vertical Greenery as Natural Tool for Improving Energy Efficiency of Buildings. *Horticulturae* 2022, 8, 526, <https://doi.org/10.3390/horticulturae8060526>
- [89] Direttiva (UE) 2018/844, <https://data.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj/ita/pdf>
- [90] Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology-BREEAM, <https://greenwichsrl.it/certificazione-breeam/>
- [91] Leadership in Energy and Environmental Design-LEED, <https://www.certificazioneleed.com/edifici/>
- [92] German Sustainable Building Council-DGNB, <https://www.teknoing.com/news/efficienzaenergetica/dgnb-come-funzione-il-protocollo-di-sostenibilita-tesesco/>
- [93] New Construction, Existing Buildings, and Renovation – CASBEE <https://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/certificationE.htm>
- [94] Green Star, <https://new.gbca.org.au/rate/green-star/>
- [95] M. Ghita, R. A. Cajo Diaz, I. R. Birs, D. Copot, and C. M. Ionescu, 'Ergonomic and economic office light level control', *Energies*, vol. 15, no. 3, p. 734, 2022.
- [96] [M. F. M. Ab Halim, M. F. Yaakub, M. H. Harun, K. A. M. Annuar, F. H. M. Basar, and M. N. Omar, 'An analysis of energy saving through delamping method', *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 9, no. 3, pp. 1569–1575, 2019.
- [97] M. Asif, W. Ahmed, and A. Alazazmeh, 'Energy performance assessment of a post-retrofit office building using measurement and verification protocol: A case study from KSA', *Energy Reports*, vol. 9, pp. 1366–1379, 2023.
- [98] S. Roy and M. Krames, 'Active Power Control of Retrofit LED Tube Lamps for Achieving Entitled Energy Savings in View of the EU Ban on Mercury', *Sustainability*, vol. 14, no. 16, p. 10062, 2022.
- [99] C. Aghemo, A. Pellegrino, V.R.M. Lo Verso, "Studio preliminare e identificazione di edifici tipo per la validazione del metodo di calcolo del LENI", ENEA, 2016, https://www2.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2015-2017/illuminazione/rds_par2015-005.pdf

- [100] C. Shen, K. Zheng, C. Ruan, G. Lv, M. Eftekhari, "Operation strategy and energy-saving of the solar lighting/heating system through spectral splitting", *Energy and Built Environment*, Volume 4, Issue 3, June 2023, Pages 270-280, <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2022.01.002>
- [101] A. Buscemi, P. Catrini, A. Piacentino, F. Cardona, D.M. Kumar, "Energy-saving potential of ground source multiple chillers in simple and hybrid configurations for Mediterranean climates", *Energy Conversion and Management*, Volume 263, 1 July 2022, 115721, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115721>
- [102] T. Arghand, S. Javed, A. Truschel, J. Dalenback, "Energy renovation strategies for office buildings using direct ground cooling systems", *Science and Technology for the Built Environment*, Volume 27, 2021 - Issue 7, <https://doi.org/10.1080/23744731.2021.1890520>
- [103] J. C. Jacob, D. Pandit, and J. Sen, 'Energy-saving potential in Indian open-plan offices using Micro-Zonal Occupant Centric Control (MZOCC)', *Energy and Buildings*, vol. 282, p. 112799, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112799>
- [104] S. Liu, S.-T. No, and J.-W. Jeong, 'Energy performance comparison between liquid-desiccant-assisted air conditioning system and dedicated outdoor air system in different climatic regions', *Energies*, vol. 12, no. 9, p. 1798, 2019.
- [105] Y. Khan, M. Bhandari, and J. Mathur, 'Energy-saving potential of a radiant cooling system in different climate zones of India', *Science and Technology for the Built Environment*, vol. 24, no. 4, pp. 356-370, Apr. 2018, doi: 10.1080/23744731.2017.1348140.
- [106] Z. Tian, B. Si, Y. Wu, X. Zhou, and X. Shi, 'Multi-objective optimization model predictive dispatch precooling and ceiling fans in office buildings under different summer weather conditions', *Build. Simul.*, vol. 12, no. 6, pp. 999-1012, Dec. 2019, doi: 10.1007/s12273-019-0543-3, <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12273-019-0543-3.pdf>
- [107] A. Hasanbeigi, C. Menke, and A. Therdyothin, 'The use of conservation supply curves in energy policy and economic analysis: the case study of Thai cement industry', *Energy Policy*, vol. 38, no. 1, pp. 392-405, 2010, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.030>

- [108] A. Hasanbeigi, L. Price, H. Lu, and W. Lan, 'Analysis of energy-efficiency opportunities for the cement industry in Shandong Province, China: A case study of 16 cement plants', *Energy*, vol. 35, no. 8, pp. 3461–3473, Aug. 2010, doi: 10.1016/j.energy.2010.04.046, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.04.046>
- [109] R. T. Fischer, 'Crusher and Screen Drives for the Mining, Aggregate and Cement Industries', in *IEEE Cement Industry Technical Conference*, Dallas, USA: IEEE, May 1992, pp. 108–147. doi: 10.1109/CITCON.1992.687613, <https://ieeexplore.ieee.org/document/687613>
- [110] E. Worrell, C. Galitsky, and L. Price, 'Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for cement making', LBNL-54036-Revision. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, March, 2008, <https://www.osti.gov/servlets/purl/927882>
- [111] N. A. Madlool, R. Saidur, N. A. Rahim, and M. Kamalisarvestani, 'An overview of energy savings measures for cement industries', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 19, pp. 18–29, Mar. 2013, doi: 10.1016/j.rser.2012.10.046, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.046>
- [112] G. Bruni, A. De Santis, C. Ferrante, F. Martini, C. Martini, S. Pistacchio, M. Salvio, "Analisi settoriale per la valutazione di indici specifici di prestazione energetica per almeno quattro settori merceologici e definizione di modelli per l'analisi energetica nelle PMI", ENEA22_24-PR 1.6_LA3.1_060



Grazie per il tuo interesse al volume "UFFICI" della collana
"Quaderni dell'efficienza energetica".

Vuoi condividere la tua valutazione di gradimento su questa lettura?
Utilizza il QR code qui sopra per accedere al nostro breve questionario.

Il tuo feedback è prezioso per noi e ci aiuterà a migliorare la qualità dei nostri
volumi futuri. Apprezziamo il tuo contributo e il tuo interesse nella nostra
attività di ricerca sull'efficienza energetica.

Ulteriore materiale in merito agli argomenti relativi all'Efficienza Energetica
dei prodotti e dei processi industriali è possibile trovarlo nella pagina web
curata dal Dipartimento Unità per l'Efficienza Energetica - ENEA DUEE,
tramite il QR code qui di seguito riportato





AGENZIA NAZIONALE PER LE
NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO
SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



CONFINDUSTRIA
ASSOMOBILIARE

RdS
RICERCA DI SISTEMA

La presente pubblicazione è stata realizzata nell'ambito della Ricerca di Sistema PTR 2022-2024, progetto 1.6 *Efficienza Energetica dei prodotti e dei processi industriali*, finanziato dal Ministero della Transizione Ecologica (ora Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica)

AGENZIA NAZIONALE
EFFICIENZA ENERGETICA

