



ENERGIA E SOSTENIBILITÀ PER LA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

Manuale per la diagnosi energetica degli edifici pubblici

Attività 1.2.1 - Realizzazione di un manuale per la corretta redazione della diagnosi energetica di edifici pubblici a partire dalle esperienze già realizzate da ENEA



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Agenzia per la Coesione Territoriale



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



GOVERNANCE
E CAPACITÀ
ISTITUZIONALE
2014-2020



ENERGIA E SOSTENIBILITÀ
PER LA
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

Nicolandrea Calabrese

Americo Carderi

Carmen Lavinia

Francesca Caffari

Elisa Passafaro

Laboratorio efficienza energetica negli Edifici e Sviluppo Urbano

Gennaio 2019



Manuale per la diagnosi energetica degli edifici pubblici

Attività 1.2.1 - Realizzazione di un manuale per la corretta redazione della diagnosi energetica di edifici pubblici a partire dalle esperienze già realizzate da ENEA

N. Calabrese, A. Carderi, C. Lavinia, F. Caffari, E. Passafaro

Abstract

La redazione delle linee guida per l'esecuzione della Diagnosi Energetica (DE) di edifici pubblici si inserisce nell'ambito del Progetto dell'ENEA ES-PA "Energia e Sostenibilità per la Pubblica Amministrazione" (<https://www.espa.enea.it/>).

La trasformazione di un sistema edificio-impianto in una realtà ad alte prestazioni energetiche, attraverso l'adozione di tecnologie per il miglioramento dell'efficienza energetica, non può prescindere da un'accurata analisi dello status quo del sistema edificio-impianto al fine di individuare gli interventi più opportuni sull'involucro edilizio, sugli impianti tecnici anche attraverso il ricorso a fonti energetiche rinnovabili.

La DE si configura come una procedura sistematica che dalla conoscenza del profilo di consumo energetico dell'edificio perviene all'individuazione degli interventi di miglioramento della prestazione energetica accompagnati da un'analisi costi-benefici che consente una classificazione degli stessi, in ordine di priorità decrescente.

Le linee guida rappresentano uno strumento chiaro che, step by step, conduce il Referente della DE nello svolgimento della stessa descrivendo in maniera dettagliata le varie fasi della procedura. In particolare, la fase di analisi risulta esplicitata in numerosi passaggi, ossia: costruzione dell'inventario energetico, calcolo degli indicatori di prestazione energetica, individuazione degli interventi di miglioramento della prestazione energetica, implementazione delle simulazioni del comportamento del sistema edificio-impianto e analisi costi-benefici degli interventi.

Si sottolinea che le linee guida rappresentano la chiave di volta per facilitare la conduzione delle DE, garantire l'omogeneità di esecuzione delle stesse al fine di organizzare i risultati ottenuti in banche dati utili per eventuali confronti tra i fabbisogni energetici degli edifici esistenti e quelli di riferimento per la stessa destinazione d'uso.

Tipologia di prodotto: manuale

Settore d'intervento: EFFICIENZA ENERGETICA

INDICE

1. <u>PREMESSA</u>	7
2. <u>SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE</u>	10
3. <u>RIFERIMENTI NORMATIVI</u>	11
4. <u>TERMINI E DEFINIZIONI</u>	12
5. <u>SIMBOLI E UNITÀ DI MISURA</u>	19
6. <u>DIAGNOSI ENERGETICA</u>	20
6.1. SOGGETTI COINVOLTI NELLA DE.....	20
6.2. REQUISITI DEL REFERENTE DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	20
6.3. REQUISITI DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	21
7. <u>PROCEDURA DI DIAGNOSI ENERGETICA</u>	23
7.1. IL CONTATTO PRELIMINARE	25
7.2. L'INCONTRO DI AVVIO	26
7.3. RACCOLTA DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	27
7.4. L'ATTIVITÀ IN CAMPO	28
7.5. ANALISI DEI CONSUMI REALI E COSTRUZIONE DELL'INVENTARIO ENERGETICO	29
7.6. INDICATORI DI PRESTAZIONE ENERGETICA	32
7.7. INDIVIDUAZIONE DELLE AZIONI DI INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA.....	33
7.8. SIMULAZIONE DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO	34
7.9. VALIDAZIONE DELLA SIMULAZIONE DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO.....	38
7.10. VALUTAZIONE DEI RISPARMI ENERGETICI CONSEGUIBILI	39
7.11. ANALISI COSTI BENEFICI.....	42
7.12. REDAZIONE DELL'ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA.....	44
7.13. IL RAPPORTO	45



7.14. L'INCONTRO FINALE	48
<u>8. BIBLIOGRAFIA.....</u>	49

<u>APPENDICE A ESEMPIO DI ANALISI DEI CONSUMI REALI E RIPARTIZIONE SECONDO I SERVIZI ENERGETICI PRESENTI</u>	51
A.1 SITUAZIONE SERVIZI ANTE OPERAM.....	52
A.2 ANALISI DELLE BOLLETTE.....	53
A.3 RIPARTIZIONE DEI CONSUMI DI GASOLIO	55
A.4 RIPARTIZIONE DEI CONSUMI ELETTRICI	57
A.5 STIMA DEL CONSUMO ELETTRICO DELLE ELETTROPOMPE	58
A.6 STIMA DEL CONSUMO ELETTRICO DEGLI AUSILIARI DELLE CALDAIE	59
A.7 STIMA DEL CONSUMO ELETTRICO DELLE POMPE DI CALORE.....	61
A.8 STIMA DEL CONSUMO ELETTRICO DEI BOLLITORI ELETTRICI PER PRODUZIONE ACS.....	62
A.9 STIMA DEL CONSUMO ELETTRICO PER ILLUMINAZIONE	63
A.10 RIEPILOGO DEI CONSUMI ELETTRICI.....	64

ALLEGATI

ALLEGATO 1: SCHEDE DI RILEVAZIONE ANALISI SPEDITIVA PER LE SCUOLE

ALLEGATO 2: SCHEDE DI RILEVAZIONE ANALISI SPEDITIVA PER GLI UFFICI

ALLEGATO 3: FORMAT RAPPORTO TECNICO DI DIAGNOSI ENERGETICA

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Diagramma di flusso DE (come da Appendice A - UNI CEI EN 16247-2).....	23
Figura 2 – Schema a blocchi per le DE degli edifici	24
Figura 3 – Grafico esempio andamento mensile consumi gas	30
Figura 4 – Stralcio stima consumi ausiliari caldaie.....	31
Figura 5 – Ripartizione consumi energetici	31
Figura 6 – Procedure di valutazione del risparmio energetico	34
Figura 7 – Schema esempio suddivisione zone termiche	36
Figura 8 – Schema di edificio con impianto centralizzato per riscaldamento e.....	37
Figura 9: Confronto tra i consumi effettivi e operativi	39
Figura 10: Condizioni climatiche applicate al modello energetico del sistema edificio impianto	41
Figura 11: Esempio di tabella di riepilogo degli interventi	43
Figura 12 – Classificazione tipologie di valutazione energetica	45
Figura 13 – Grafico con media dei consumi annuali di gasolio.....	54
Figura 14 – Grafico con media dei consumi annuali di energia elettrica.....	54
Figura 15 – Andamento complessivo consumi gasolio (media di tre anni).....	56
Figura 16 – Grafico a torta per ripartizione consumi di gasolio.....	56
Figura 17 –UNI TS 11300-2_ Prospetto B.2.12 _Parametri per la determinazione dei rendimenti minimi.....	60
Figura 18 – Grafico a torta per ripartizione consumi elettrici.....	65

1. Premessa

La trasformazione di un edificio esistente in una struttura ad alte prestazioni energetiche, attraverso l'adozione di tecnologie per il miglioramento dell'efficienza energetica, non può prescindere da un'**accurata analisi dello status quo del sistema edificio-impianto** e può prevedere interventi di varia natura, ad esempio sull'involucro edilizio, interventi di riqualificazione degli impianti elettrici e dei sistemi di produzione e distribuzione dell'energia termica, interventi di installazione di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili.

Il miglioramento dell'involucro edilizio per diminuire le dispersioni di calore nella stagione invernale è prioritario, in quanto va a ridurre il fabbisogno di energia primaria; tuttavia tale intervento richiede tempi lunghi di ritorno dell'investimento e deve essere valutato in relazione ai reali consumi energetici dell'edificio e alla zona climatica di appartenenza. D'altra parte, in alcuni casi, limitare gli interventi alla mera sostituzione degli impianti, comporta il rischio di produrre calore in maniera ottimale per poi disperderlo attraverso l'involucro "colabrodo".

Lo strumento ideale per risolvere tali incertezze è la **diagnosi energetica**, una procedura di analisi coordinata del sistema edificio-impianto, che ha l'obiettivo di individuare gli interventi da realizzare, definirne le priorità e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici.

In generale, quando si decide di procedere alla riqualificazione energetica di un edificio per renderlo altamente performante, si devono prendere in considerazione i seguenti *elementi chiave*:

1. **Involucro ad alte prestazioni energetiche.** Un maggiore isolamento delle pareti di tamponamento, del solaio a terra e del solaio di copertura contribuisce a ridurre la perdita di calore nella stagione invernale e migliorare il comfort. Pareti esterne di colore



chiaro, tetti bianchi e sistemi di schermatura solare e ombreggiamento aiutano a ridurre i carichi energetici per il raffrescamento degli ambienti nella stagione estiva. Questi fattori contribuiscono a dimensionare correttamente il sistema di climatizzazione, riducendo così l'investimento iniziale e i costi di gestione e manutenzione a lungo termine.

2. **Finestre e *daylighting*.** Un miglior utilizzo della luce naturale aiuta a ridurre il ricorso all'energia elettrica per l'illuminazione e a limitare i consumi energetici anche per la climatizzazione evitando il calore generato dagli stessi apparecchi. Finestre ad alte prestazioni permettono di ridurre al minimo l'apporto di calore nei mesi più caldi e di evitare perdite di calore nei mesi più freddi.
3. **Impianti di climatizzazione e ventilazione.** La scelta della tipologia e della taglia dei sistemi di climatizzazione e ventilazione meccanica è un'operazione complessa poiché strettamente correlata agli elementi descritti in precedenza e ha un'influenza diretta sui costi di esercizio e manutenzione. L'utilizzo di sistemi automatici per la regolazione della temperatura degli ambienti permette di ridurre gli sprechi di energia e di ottimizzare il comfort negli ambienti.
4. **Illuminazione e sistemi elettrici.** I sistemi di illuminazione a LED, corpo illuminante o lampada, e i sistemi di gestione e controllo in grado di modulare automaticamente i livelli di luce necessaria, con abbinati i sensori di presenza, che spengono automaticamente le luci negli ambienti non occupati, rappresentano investimenti con tempi di ritorno molto bassi e con un significativo e immediato risparmio energetico.
5. **Sistemi alimentati ad energia rinnovabile.** Tali sistemi possono integrare la fornitura di energia elettrica e termica dell'edificio. In relazione ai profili di consumo ed alle caratteristiche dell'edificio è possibile impiegare le biomasse per la climatizzazione, il fotovoltaico o l'eolico in combinazione con sistemi di accumulo per l'illuminazione di sicurezza, l'alimentazione di emergenza e di apparecchiature sensibili o il solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria.

6. Sistemi di Supervisione e controllo. L'utilizzo di sistemi di supervisione e controllo permette il monitoraggio dei quadri e degli impianti, facilita la manutenzione ordinaria e straordinaria, ottimizza l'archiviazione di tutti i dati con collegamento a pacchetti software gestionali e consente, inoltre, la gestione degli impianti anche da remoto.

Il presupposto generale alla realizzazione di interventi che generano risparmi energetici deve essere, in ogni caso, il rispetto delle prescrizioni e dei requisiti minimi previsti dal D.M. 26 giugno 2015.

Le seguenti linee guida forniscono ai REDE (REferente della Diagnosi Energetica) una procedura dettagliata per l'esecuzione delle diagnosi energetiche degli edifici ad uso residenziale e terziario.

Dopo aver definito i requisiti del REDE e le caratteristiche fondamentali di una diagnosi energetica, nei seguenti capitoli si descriveranno punto per punto le fasi della procedura. Particolare approfondimento verrà dedicato alla fase di analisi, che costituisce il momento più complesso a livello tecnico. I REDE avranno a disposizione, in allegato alle linee guida, un modello di Report di diagnosi e delle schede di rilievo, che contengono tutte le informazioni utili da raccogliere per lo svolgimento della diagnosi.

Il modello di report non è da intendersi come un modello rigido, ma potrà essere modificato in base alle esigenze di diagnosi e alla situazione specifica, nel rispetto della procedura descritta nelle linee guida.

2. Scopo e campo di applicazione

Il presente documento costituisce una linea guida per l'esecuzione delle diagnosi energetiche degli edifici (ad uso residenziale, terziario o altri assimilabili).

Esso fornisce indicazioni e modalità operative per:

- la raccolta e l'analisi delle spese energetiche;
- la raccolta e l'analisi delle documentazioni tecniche disponibili e la definizione dei controlli e delle verifiche edili ed impiantistiche;
- la definizione dei fattori di aggiustamento dei consumi fatturati;
- l'analisi dei servizi energetici;
- la costruzione dell'inventario energetico;
- il calcolo degli indicatori di prestazione energetica;
- l'individuazione di azioni di miglioramento dell'efficienza energetica;
- l'analisi costi-benefici;
- la valutazione della priorità degli interventi.

Sono presi in considerazione i servizi energetici dell'edificio che sono atti a garantire il benessere degli occupanti e la fruizione dello stesso da parte degli utilizzatori. Sono considerati quindi i servizi di:

- climatizzazione invernale;
- climatizzazione estiva;
- produzione di acqua calda sanitaria;
- ventilazione;
- illuminazione;
- trasporto interno.

In relazione a particolari tipologie di edificio, possono essere analizzati altri servizi energetici quali, per esempio, cottura di alimenti, elettrodomestici, altre apparecchiature

elettriche/elettroniche. Tali consumi saranno considerati nell'analisi ma non saranno oggetto di proposte di efficientamento energetico.

Specifici usi energetici legati ad una particolare attività di tipo produttivo/manifatturiero o di trasporto/logistico devono essere intesi come usi di processo o di trasporto e pertanto si rimanda alle linee guida sulle diagnosi energetiche per tali settori.

3. Riferimenti normativi

Il documento rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati.

UNI CEI EN 16247-1	Diagnosi energetiche - Parte 1: Requisiti generali
UNI CEI EN 16247-2	Diagnosi energetiche - Parte 2: Edifici
UNI CEI EN 16247-5	Diagnosi energetiche - Parte 5: Competenze dell'auditor energetico
UNI CEI EN 10838:1999	Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia
UNI EN ISO 52016	Prestazione energetica degli edifici - Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti
UNI 10349	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici
UNI/TS 11300	Prestazioni energetiche degli edifici

Nel testo sono presenti inoltre rimandi alla legislazione nazionale, i cui riferimenti si trovano elencati nella bibliografia in coda alle presenti linee guida.

4. Termini e definizioni

Ai fini delle presenti linee guida si applicano i seguenti termini e definizioni:

ACE	Attestato di Certificazione Energetica. Dicitura sostituita nel 2013 con il termine APE
ACS	Acqua Calda Sanitaria
APE	Attestato di Prestazione Energetica. Documento redatto nel rispetto della normativa vigente, attestante la prestazione energetica dell'edificio.
Audit energetico	Vedi "Diagnosi energetica"
Committente	Persona fisica o giuridica che commissiona la diagnosi energetica.
Consumo di riferimento (baseline)	Riferimento quantitativo che fornisce una base di confronto per la valutazione del risparmio energetico.
Consumo effettivo	Consumo derivante dall'analisi dei consumi reali dell'edificio, desunti da bollette, letture, ecc...
Consumo operativo	Consumo calcolato tramite la simulazione del sistema edificio impianto.
Consumo operativo normalizzato	Consumo calcolato tramite la simulazione del sistema edificio impianto con le temperature esterne previste dalla normativa UNI vigente.
DE	Diagnosi Energetica
Diagnosi energetica	Definizione 1: Ispezione sistematica ed analisi degli usi e consumi dell'energia di un sito, di un sistema o di una



	<p>organizzazione finalizzata ad identificare i flussi energetici ed il potenziale per miglioramenti dell'efficienza energetica ed a riferire in merito ai risultati.</p> <p>(FONTE: UNI CEI EN 16247-1)</p> <p>Definizione 2: 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.</p> <p>(FONTE: DLgs n. 102/2014 come modificato dal DLgs. n. 141/2016)</p> <p><i>Nota 1: I contenuti delle due definizioni si considerano coerenti fra loro.</i></p> <p><i>Nota 2: La definizione riportata nel DLgs n. 102/2014 riprende quella di "audit energetico" presente nella Direttiva 2012/27/UE ed equipara i termini "diagnosi" e "audit".</i></p>
<p>Edificio</p>	<p>Sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti e dispositivi tecnologici che si trovano stabilmente al suo interno; la superficie esterna che delimita un edificio può confinare con tutti o alcuni di questi elementi: l'ambiente esterno, il terreno, altri edifici; il termine può riferirsi ad un intero fabbricato e relativi impianti ovvero a parti di</p>



	<p>fabbricato e relativi impianti progettate o ristrutturate per essere utilizzate come unità immobiliari a sé stanti.</p> <p>(FONTE: DLgs 192/2005; UNI/TS 11300-1)</p>
Elemento tecnico	<p>Prodotto edilizio più o meno complesso capace di svolgere completamente o parzialmente funzioni proprie di una o più unità tecnologiche e che si configura come componente caratterizzante di un subsistema tecnologico.</p> <p>(FONTE: UNI CEI EN 10838:1999)</p>
ENEA	<p>Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile</p>
Energia	<p>Tutte le forme di prodotti energetici, combustibili, energia termica, energia rinnovabile, energia elettrica o qualsiasi altra forma di energia, come definiti all'articolo 2, lettera d), del regolamento (CE) n. 1099/2008 del Parlamento e del Consiglio del 22 ottobre 2008.</p> <p>(FONTE: DLgs 102/2014)</p>
Fabbisogno energetico	<p>Energia che deve essere fornita o estratta da un edificio in un determinato periodo temporale da un sistema tecnico al fine di rendere disponibile un servizio di edificio.</p> <p>(FONTE: UNI CEI EN 16247-2)</p>
Fabbricato	<p>Sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito e dalle strutture interne che ripartiscono detto volume. Sono esclusi gli impianti e i dispositivi tecnologici che si trovano al suo interno.</p> <p>(FONTE: UNI/TS 11300-1)</p>



Fattori di aggiustamento	<p>Parametro quantificabile in grado di influenzare il consumo energetico.</p> <p>Esempio: condizioni climatiche, parametri comportamentali (temperatura interna, livello di illuminamento), ore di lavoro, livello produttivo, ecc.</p> <p>(FONTE: UNI CEI EN 16247-1)</p>
FER	Fonti Energetiche Rinnovabili
Indicatore di benchmark	Parametro di riferimento rappresentativo del consumo medio di settore definito dalla destinazione d'uso e dalla tipologia edilizia dell'edificio in esame.
Indicatore di prestazione energetica	Valore quantitativo della prestazione energetica così come definito dall'organizzazione ed associato ad una specifica unità di misura (ad esempio consumo per unità di superficie).
Indicatore di prestazione energetica effettivo	Valore quantitativo dell'indice di prestazione energetica ricavato da misure effettive.
Indicatore di prestazione energetica obiettivo	<p>Indicatore di prestazione energetica a cui l'organizzazione ritiene di poter tendere e che può essere stabilito in fase di contatto preliminare. Esempio: un riferimento normativo o cogente, tecnologia utilizzata, best practices conosciute, innovazione tecnologica, richiesta specifica del committente.</p> <p><i>Nota: il dato può essere reperito dalla letteratura, da studi di mercato, presso gli uffici studi delle associazioni di categoria, da istituti di ricerca, dalle stazioni sperimentali, da atti di congressi.</i></p>



Indicatore di prestazione energetica operativo	Valore quantitativo dell'indice di prestazione energetica ricavato teoricamente dal modello energetico di simulazione del sistema edificio-impianto.
Inventario energetico	Descrizione analitica dei consumi relativi ai vari vettori energetici del sistema energetico. "L'inventario energetico deve essere rappresentativo dell'energia in ingresso e dell'uso dell'energia. Inoltre, deve essere chiaro quali flussi energetici siano basati su misurazioni e quali su stime/calcoli" (FONTE: UNI CEI EN 16247-1). <i>Nota: La costruzione dell'inventario energetico può implicare il ricorso a modelli di calcolo al fine di definire il bilancio energetico.</i>
Involucro	Sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito. (FONTE: UNI/TS 11300-1)
Modello energetico del sistema edificio-impianto	Modello rappresentativo del sistema edificio-impianto, finalizzato a valutare la prestazione energetica dell'edificio tenendo conto dell'interazione tra i sistemi tecnici e l'involucro edilizio.
Prestazione energetica	Quantità annua di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi la climatizzazione invernale e estiva, la produzione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, la ventilazione, l'illuminazione e i trasporti interni. Tale quantità viene espressa da uno o più descrittori che tengono conto della coibentazione, delle caratteristiche



	<p>tecniche e di installazione, della progettazione e della posizione in relazione agli aspetti climatici, dell'esposizione al sole e dell'influenza delle strutture adiacenti, dell'esistenza di sistemi di trasformazione propria di energia e degli altri fattori, compreso il clima degli ambienti interni, che influenzano il fabbisogno energetico.</p> <p>(FONTE: DLgs 192/2005)</p>
REDE	<p>Referente della Diagnosi Energetica.</p> <p>Individuo che, avendo specifiche competenze, partecipa alla diagnosi stessa ed è referente del soggetto (persona fisica o giuridica) responsabile della diagnosi.</p>
Report di diagnosi	<p>Documento contenente i risultati della diagnosi</p>
Scenario d'intervento	<p>Combinazione di più interventi migliorativi riguardanti uno o più sottosistemi dell'edificio.</p>
Servizi energetici	<p>Servizi, forniti dai sistemi tecnici presenti nell'edificio, al fine di condizionare l'ambiente interno, in termini di vivibilità, salubrità e mobilità. Sono servizi energetici: climatizzazione invernale, climatizzazione estiva, illuminazione, produzione di acqua calda sanitaria e trasporto di persone.</p>
Settore terziario	<p>Gli edifici del settore terziario sono tutti quelli che ospitano attività che erogano servizi. Sono quindi compresi: edifici adibiti ad attività commerciali, scuole, ospedali, edifici per attività ricreative, associative, di culto, ricettive, uffici pubblici e privati. Nel settore terziario sono pertanto</p>



	inclusi anche gli edifici della Pubblica Amministrazione.
Simulazione energetica del sistema edificio-impianto	<p>Simulazione della prestazione energetica dell'edificio, attraverso la metodologia di calcolo ritenuta più idonea.</p> <p>La simulazione viene effettuata in due fasi: ante operam e post operam. La prima serve a validare il modello di simulazione rispetto ai consumi reali, la seconda permette di stimare il risparmio energetico conseguibile attraverso interventi di efficienza energetica.</p>
Sistema edificio-impianto	Vedi "Edificio"
Sistemi tecnici	<p>Apparati tecnici per riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, acqua calda sanitaria, illuminazione e produzione locale di energia.</p> <p>(FONTE: UNI CEI EN 16247-2)</p>
Vettore energetico	<p>Sostanza o fenomeno fisico che può essere utilizzato direttamente o indirettamente al fine di essere trasformato in energia utile.</p> <p>(FONTE: UNI CEI EN 16247-2)</p>
Zona termica	<p>Parte dell'ambiente climatizzato mantenuto a temperatura (ed eventualmente umidità) uniforme attraverso lo stesso impianto di climatizzazione.</p> <p>(FONTE: UNI/TS 11300-1)</p>

5. Simboli e unità di misura

Simbolo	Descrizione	Unità di misura
$C_{post\ operam}$	Consumo post operam	kWh, Sm ³ ,...
$C_{ante\ operam}$	Consumo ante operam	kWh, Sm ³ ,...
C_U	Costo unitario del vettore energetico	€/U.M.
FC	Flusso di cassa	€
EnBck	Indicatore di benchmark	
EnPI	Indicatore di prestazione energetica	
EnPIef	Indicatore di prestazione energetica effettivo	
EnPIob	Indicatore di prestazione energetica obiettivo	
EnPIop	Indicatore di prestazione energetica operativo	
INE.	Intervento impianti elettrici	
INF.	Intervento fonti rinnovabili	
INM.	Intervento impianti meccanici	
INMO.	Intervento di monitoraggio	
INV.	Intervento sull'involucro	
I_o	Importo investimento	€
R_E	Risparmio energetico	kWh, Sm ³ ,...
T_R	Tempo di ritorno semplice o pay back	anni
U.M.	Unità di misura	

6. Diagnosi energetica

6.1. Soggetti coinvolti nella DE

Per quanto riguarda i soggetti che possono essere coinvolti nella DE di un edificio ed il ruolo degli stessi, si riporta, a titolo esemplificativo, la tabella sottostante:

SOGGETTO	POSSIBILE DESTINATARIO DELLA DE	FORNITORE DI DATI	COINVOLTO NEGLI INCONTRI	COINVOLTO NELLE ATTIVITA' IN CAMPO
Proprietario dell'edificio o dell'appartamento	X	X	X	
Amministratore della proprietà	X	X	X	
Gestore degli impianti	X	X	X	X
Direttore dei servizi tecnici		X	X	X
Personale addetto ad esercizio e manutenzione		X	X	X
Personale della sicurezza		X	(X)	(X)
Occupante		X	X	
Personale (coloro che vi lavorano in modo permanente)		X	(X)	
Temporanei (pazienti, clienti di un negozio)		(X)		
Inquilini		X	X	

Tabella 1: Soggetti coinvolti nella DE

6.2. Requisiti del REferente della Diagnosi Energetica

Il REDE è la figura tecnica esperta che esegue ed è responsabile della procedura di diagnosi energetica. Tale funzione può essere svolta da un singolo professionista (libero o associato), da una società di servizi (pubblica o privata, incluse le società d'ingegneria), da un Ente Pubblico competente, da un team di lavoro. Infatti, i tecnici chiamati a svolgere la DE devono essere esperti nella progettazione degli edifici e degli impianti ad essi asserviti e, qualora un unico tecnico non sia competente in tutti i campi necessari all'esecuzione

della DE, può costituirsi un team di lavoro che implichi la collaborazione fra diversi tecnici, in modo che vengano coperti tutti gli ambiti professionali richiesti dalla DE.

Il ruolo dell'auditor è stato definito nella norma UNI CEI EN 16247-5 *“Diagnosi energetiche. Parte 5: Competenze dell'auditor energetico”*. Si tratta dell'ultima parte della serie EN 16247, che va a chiudere un pacchetto di documenti normativi di primaria importanza per l'attuazione del decreto legislativo 102/2014. La figura dell'auditor energetico completa, accanto alle ESCO (UNI CEI 11352) e agli EGE (UNI CEI 11339), il gruppo di soggetti chiamati dal decreto citato a svolgere il servizio di diagnosi energetica. A questi si aggiunge ISPRA per le aziende registrate EMAS.

La parte 5 specifica in particolare le competenze che l'auditor energetico o un team di auditor energetici deve possedere per effettuare in maniera efficace diagnosi energetiche conformi ai requisiti della norma. Affianco alle conoscenze tecniche necessarie allo svolgimento dell'intero processo di diagnosi, il REDE dovrà possedere una spiccata capacità comunicativa, essenziale in quanto dovrà relazionarsi con tecnici e non tecnici.

6.3. Requisiti della diagnosi energetica

In quanto procedura sistematica nel conseguimento degli obiettivi stabiliti, la diagnosi energetica deve possedere cinque requisiti fondamentali:

- **Completezza**

Per completezza si intende la capacità di descrivere il sistema energetico includendo tutti gli aspetti significativi di uno, di parte o di tutti i seguenti elementi:

- ✓ involucro dell'edificio;
- ✓ impianto di riscaldamento;
- ✓ impianto di ventilazione e trattamento aria;
- ✓ impianto di raffrescamento estivo;
- ✓ impianto elettrico;

- ✓ impianti a fonti rinnovabili;
- ✓ sistemi di automazione e controllo del sistema edificio-impianto (BACS);
- ✓ componenti di movimentazione all'interno degli edifici, quali ascensori, scale mobili, nastri trasportatori;
- ✓ comfort termico, qualità dell'aria, acustica e illuminazione.

▪ **Attendibilità**

L'attendibilità si esplicita attraverso l'acquisizione di dati soddisfacenti dal punto di vista quantitativo e qualitativo, ossia di dati reali in numero e qualità necessari per lo sviluppo dell'inventario energetico. Tale requisito è perseguibile attraverso l'analisi della documentazione tecnica reperita, la predisposizione di sopralluoghi e rilievi strumentali dell'edificio per la definizione delle caratteristiche essenziali del sistema e del consumo energetico, il quale sarà soggetto a verifica di coerenza con i dati di fatturazione e/o con quanto rilevato dalla strumentazione di misura.

▪ **Tracciabilità**

La tracciabilità consiste nell'agevole individuazione delle fonti di dati, delle modalità di elaborazione dei risultati e delle ipotesi di lavoro assunte. Ciò si traduce nell'utilizzo di una procedura standardizzata di diagnosi energetica, nell'identificazione dei consumi energetici del sistema edificio-impianto, nella documentazione dell'origine dei dati e dell'eventuale modalità di elaborazione a supporto dei risultati della diagnosi includendo le ipotesi di lavoro eventualmente assunte.

▪ **Utilità**

L'utilità è intesa nell'accezione di identificazione e valutazione degli interventi di efficienza energetica sotto il profilo costi/benefici. Per ogni scenario di intervento saranno formulati la descrizione, l'analisi dei benefici energetici, economici ed ambientali, le cautele e interazioni con altri interventi, i fattori di costo, i riferimenti tecnici normativi e legislativi, le misure e verifiche da effettuare a valle dell'applicazione.

▪ Verificabilità

La verificabilità si esplicita nell'identificazione degli elementi e delle procedure che consentono al committente la verifica del conseguimento dei miglioramenti di efficienza risultanti dall'applicazione degli interventi proposti.

7. Procedura di diagnosi energetica



Figura 1 – Diagramma di flusso DE (come da Appendice A - UNI CEI EN 16247-2)

Come indicato dalla norma UNI CEI EN 16247-2, la procedura generale di diagnosi prevede le seguenti fasi: contatti preliminari, comunicazioni con il committente, incontro preliminare, raccolta dati, attività in campo, analisi, redazione del rapporto di diagnosi energetica e presentazione dello stesso al committente.

Quello riportato nell'Appendice A della UNI CEI EN 16247-2 è uno schema sintetico. È stato quindi elaborato un diagramma di flusso più dettagliato in cui viene approfondita la fase di analisi, che è la fase centrale e tecnicamente più complessa dell'intero processo di diagnosi.

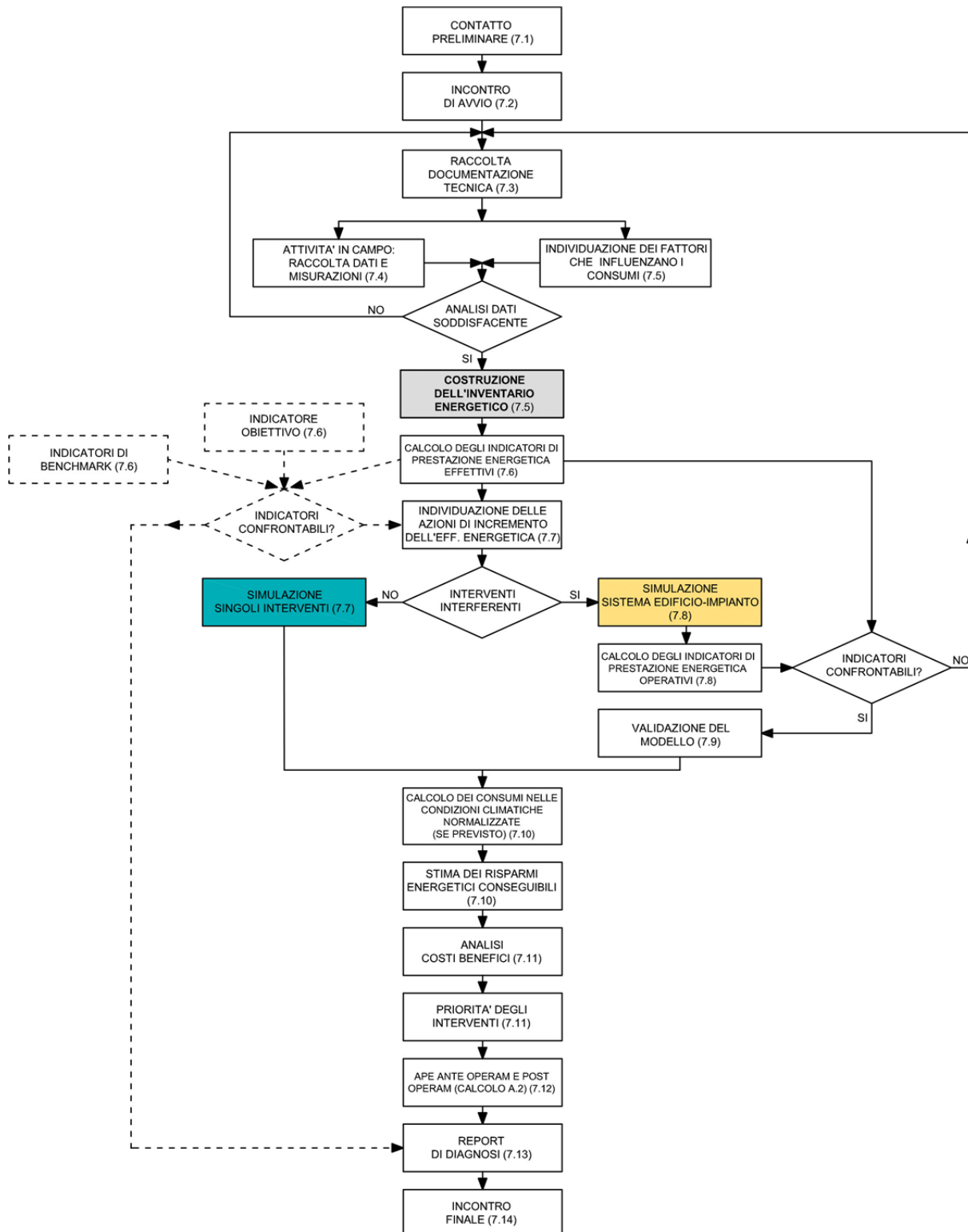


Figura 2 – Schema a blocchi per le DE degli edifici

Si procede con la descrizione delle singole fasi del processo di diagnosi.

7.1. Il contatto preliminare

Nella fase di contatto preliminare Il REDE deve chiedere al committente di nominare un referente, informare il personale e assicurare la cooperazione delle parti interessate. Per agevolare il reperimento dei dati deve inoltre individuare i soggetti coinvolti ed il loro ruolo nella proprietà, gestione, conduzione e manutenzione dell'edificio.

Nella fase di contatto preliminare è necessario concordare con il committente scopo (ambito di intervento) grado di accuratezza e finalità, in modo da definire i confini dell'attività di diagnosi.

La possibilità di definire diversi gradi di scopo, finalità e accuratezza non deve implicare l'individuazione di tipologie di diagnosi distinte, ma è da intendersi come una valutazione necessaria in fase iniziale per la pianificazione dell'attività successiva.

I fini concordati della diagnosi energetica possono contenere:

- ✓ riduzione dei costi e consumi dell'energia;
- ✓ riduzione dell'impatto ambientale;
- ✓ conformità alla legislazione o ad obblighi volontari.

Scopo e confini della diagnosi energetica devono essere definiti, ossia bisogna selezionare chiaramente il target da indagare, in termini di:

- ✓ edifici o parti di edifici;
- ✓ servizi energetici;
- ✓ sistemi tecnici dell'edificio;
- ✓ aree e sistemi esterni agli edifici.

Il grado di accuratezza della diagnosi energetica deve essere concordato, in quanto impattante su:

- ✓ tempo del sopralluogo;

- ✓ scelta del target;
- ✓ livello di modellazione;
- ✓ requisiti delle misure;
- ✓ livello di misurazione/contabilizzazione (contatori generali, contatori dedicati...);
- ✓ livello di approfondimento degli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica individuati;
- ✓ necessarie competenze del Referente della diagnosi energetica.

Sulla base di queste tre variabili (scopo, accuratezza e finalità), il REDE pianifica le attività di diagnosi in modo da rispondere alle esigenze del committente.

In fase di contatto preliminare può inoltre essere definito un indicatore di prestazione energetica obiettivo, cui l'organizzazione pensa di poter tendere in seguito all'efficientamento dell'edificio. Indicatori di prestazione energetica frequentemente utilizzati sono quelli basati, ad esempio, sul consumo specifico annuo (kWh/m²anno, kWh/m³anno) o sulle emissioni di CO₂.

7.2. L'incontro di avvio

Lo scopo dell'incontro d'avvio è quello di ragguagliare tutte le parti interessate in merito a obiettivi, ambito e confini e di concordare tutte le modalità operative di esecuzione della diagnosi energetica.

Durante l'incontro d'avvio, il REDE concorda quindi con l'organizzazione la modalità di accesso al sistema energetico, la verifica della documentazione tecnica esistente, i dati da fornire ed il programma di esecuzione della diagnosi energetica. Di seguito gli aspetti oggetto dell'incontro:

- ✓ Programma di verifica della documentazione tecnica;
- ✓ crono-programma dei sopralluoghi;
- ✓ livello di coinvolgimento degli occupanti dell'edificio;
- ✓ condizioni di accesso alle aree oggetto di indagine;



- ✓ rischi e pericoli per la salute.

7.3. Raccolta documentazione tecnica

Come concordato nell'incontro d'avvio, il REDE deve raccogliere con il contributo dell'organizzazione i seguenti dati:

- ✓ documenti tecnici esistenti in merito a geometria e dimensione dell'edificio, elementi tecnologici ed impianti (planimetrie, disegni tecnici, schemi di impianto, abaco infissi...)
- ✓ valori di impostazione di parametri ambientali interni (temperature, portate d'aria, illuminamento) ed ogni loro variazione stagionale;
- ✓ profili di occupazione per le differenti tipologie di attività svolte all'interno dell'edificio;
- ✓ eventuali cambiamenti avvenuti negli ultimi tre anni o per il periodo di disponibilità dei dati;
- ✓ certificazione energetica dell'edificio e relazione tecnica (ex legge 10), qualora disponibili;
- ✓ documentazione relativa ad interventi di manutenzione/riqualificazione precedentemente eseguiti;

Dopo aver individuato i vettori energetici utilizzati e quelli eventualmente disponibili, occorre inoltre acquisire i seguenti dati:

- ✓ consumi energetici, tramite letture dai contatori generali e dai contatori dedicati (se disponibili) e/o tramite dati da bolletta. Sarebbe opportuno acquisire dati di consumo mensili, relativi agli ultimi tre anni;
- ✓ energia prodotta ed esportata per ogni vettore energetico, qualora presente;
- ✓ elenco delle apparecchiature presenti e relativi consumi e profili di utilizzo;



- ✓ fattori in grado di influenzare i consumi energetici, quali, a titolo esemplificativo: temperature, gradi-giorno;

7.4. L'attività in campo

L'attività in campo consiste in sopralluoghi, durante i quali il REDE è tenuto a verificare la rispondenza dei dati ricevuti ed integrare quelli mancanti, attraverso rilievi ed interviste agli occupanti. Qualora si rendessero necessarie per valutare aspetti non riscontrabili nella documentazione disponibile (es. trasmittanza pacchetti murari), l'attività potrà includere misure in campo con apposita strumentazione (es. termocamera, termoflussimetro, ecc...). In particolare, è opportuno accertarsi di essere in possesso dei dati relativi a:

- ✓ dati dimensionali dell'edificio;
- ✓ servizi energetici presenti;
- ✓ locali climatizzati e non climatizzati e sistemi impiantistici associati;
- ✓ caratteristiche dell'involucro;
- ✓ specifiche dei sistemi tecnici;
- ✓ parametri delle apparecchiature;
- ✓ destinazione d'uso degli ambienti e profili di occupazione
- ✓ parametri ambientali interni (temperatura, illuminamento, umidità)
- ✓ ombreggiamenti

Qualora si riscontrassero, negli ultimi tre anni, una o più variazioni relative agli aspetti precedentemente elencati (ad esempio cambio di destinazione d'uso, variazione delle superfici riscaldate, cambio del generatore...), è opportuno, in sede di analisi, tenerne in dovuta considerazione gli effetti.

Il REDE deve ovviamente rispettare, durante le attività in campo, i regolamenti vigenti in tema di salute, sicurezza, controllo degli accessi e protezione dell'ambiente, e deve assicurarsi che i rilievi siano rappresentativi delle condizioni di esercizio.

Per agevolare l'attività di sopralluogo, si rimanda alle schede dell'Allegato 1 (Schede di rilievo).

7.5. Analisi dei consumi reali e costruzione dell'inventario energetico

Raccolti per ogni vettore energetico i dati di consumo reale, derivanti da letture o bollette, sarà necessario analizzarli. L'obiettivo è quello di definire un **consumo di riferimento**, da utilizzare come baseline per la valutazione degli interventi migliorativi.

La definizione del consumo effettivo di riferimento passa attraverso la costruzione dell'**inventario energetico**, ovvero attraverso la descrizione analitica dei consumi relativi ai vari vettori energetici del sistema energetico. L'inventario deve essere rappresentativo dell'energia in ingresso e del suo uso.

Per la costruzione dell'inventario energetico il REDE deve quindi:

- Effettuare il censimento degli impianti/utilizzatori, distinti per vettore energetico;
- Dettagliare i consumi di energia disaggregati per vettore energetico;
- Ripartire i consumi relativi ad ogni vettore energetico secondo i servizi energetici presenti.

Affinché l'analisi sia attendibile, è opportuno esaminare almeno i dati di tre anni, attraverso l'andamento mensile, che consente di valutarne la coerenza e di ricercare le cause di eventuali anomalie. I fattori che potrebbero alterare l'andamento dei consumi di un anno rispetto agli altri presi in esame sono ad esempio:

- Dati climatici anomali;
- Gestione dell'edificio (variazione date e orari utilizzo e funzionamento degli impianti e periodi di chiusura, turni lavorativi, ecc.) anomala rispetto allo standard;
- Cambi di destinazione d'uso all'interno dell'edificio;

- Diverse esigenze degli utenti (diverse condizioni termoisometriche – diverso illuminamento);
- Variazione sostanziali degli elementi edilizi e/o impiantistici del fabbricato;

Di seguito un esempio di andamento mensile dei consumi di gas.

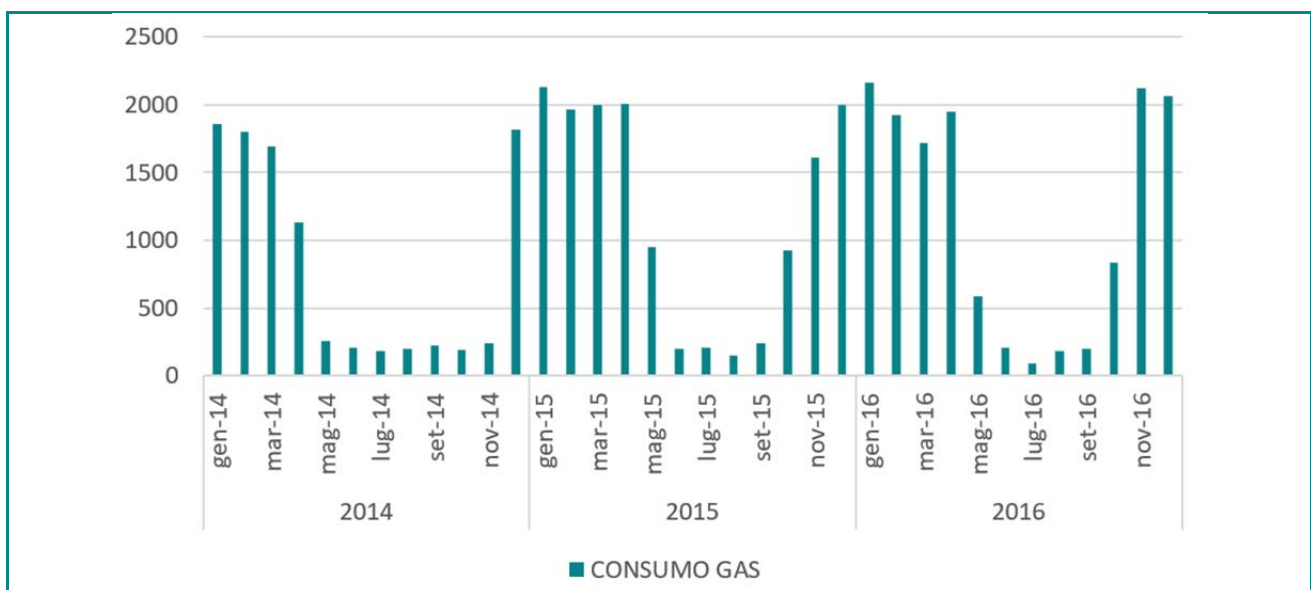


Figura 3 – Grafico esempio andamento mensile consumi gas

Valutata la coerenza dei dati dei tre anni, il consumo di riferimento si calcola come la media fra i due più simili. In presenza di più vettori energetici è necessario, per ciascuno di essi, individuare il consumo di riferimento a partire dai dati degli stessi anni.

I consumi reali, relativi ad ogni vettore energetico (energia elettrica e combustibili), vanno ripartiti secondo i servizi energetici presenti: climatizzazione invernale, climatizzazione estiva, produzione di ACS, illuminazione, ventilazione, ascensori e scale mobili. Inoltre, se fossero presenti consumi non afferenti a questi servizi energetici (ad esempio dovuti ad apparecchiature da ufficio, stampanti, computer, ecc...) andrebbero stimati e considerati come consumi non efficientabili.

La ricostruzione dei consumi, ripartiti secondo i servizi energetici presenti, può derivare da dati acquisiti tramite misure o, in alternativa, da stime o calcoli. In assenza di un sistema di monitoraggio, i consumi relativi ad ogni servizio energetico potranno essere stimati

attraverso ipotesi di calcolo basate su dati tecnici e di funzionamento dei vari utilizzatori/impianti (forniti o desunti in sede di diagnosi, quali la potenza nominale, il fattore di carico, le ore di funzionamento, il rendimento, ecc.) oppure sulla base di rilevazioni strumentali di tipo spot. In ogni caso deve essere chiaro quali flussi energetici siano basati su misurazioni e quali siano stati invece stimati.

Si riporta di seguito un esempio di stima dei consumi elettrici dovuti agli ausiliari delle caldaie.

Descrizione utilizzatori	Potenza (kW)	Coefficiente di utilizzo	ore/giorno	giorni/anno	ore/anno	Consumo annuo (kWh)
Ausiliari caldaia 1	0,39	0,341	9	120	1080	143,63
Ausiliari caldaia 2	0,55	0,254	9	120	1080	150,88
Ausiliari caldaia 3	0,46	0,725	9	120	1080	360,18

Figura 4 – Stralcio stima consumi ausiliari caldaie

Per un ulteriore approfondimento sulla metodologia da utilizzare per la ripartizione dei consumi elettrici e di combustibile si rimanda all'Appendice A.

L'inventario energetico costruito attraverso la stima dei singoli consumi deve arrivare a coprire almeno il 95% dei consumi complessivi per singolo vettore. Una volta individuati i consumi relativi ad ogni servizio, si possono ripartire i consumi complessivi attraverso diagrammi a torta:

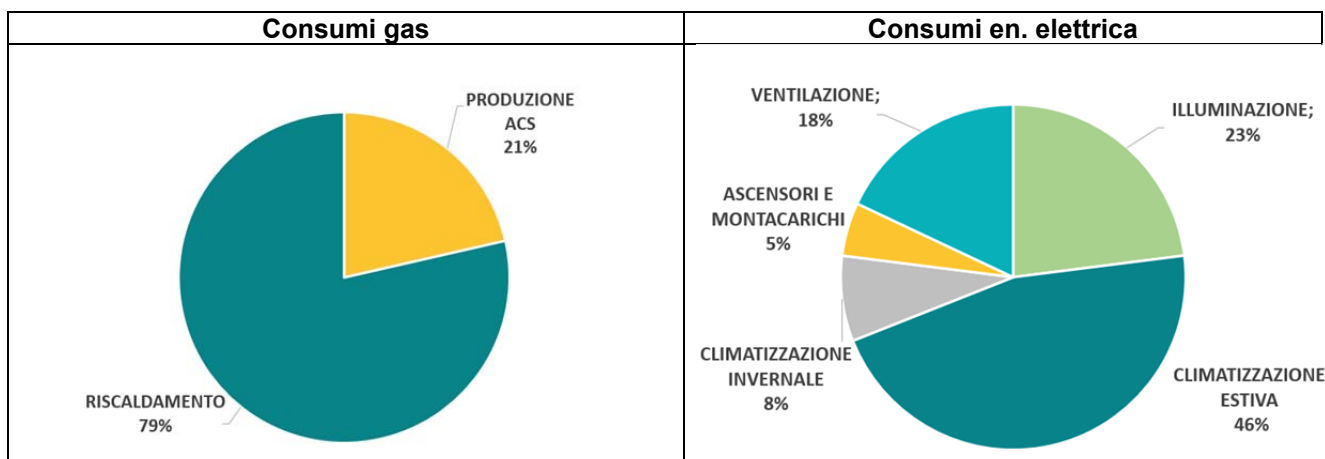


Figura 5 – Ripartizione consumi energetici

Grazie ai dati di fatturazione forniti dal committente è possibile conoscere la spesa complessiva sostenuta per l'approvvigionamento energetico e calcolare il costo unitario per vettore energetico (€/kWh_e e €/Sm^3). Questi valori verranno confrontati con i costi di mercato, per verificare la possibilità di abbassare la spesa ottimizzando il contratto di fornitura o gestione. Questa valutazione consente di ottenere un eventuale risparmio puramente economico.

7.6. Indicatori di prestazione energetica

Gli **indicatori di prestazione energetica** rappresentano l'uso specifico dell'energia e sono generalmente espressi come consumo di riferimento per unità di superficie o volume (kWh/m^2 , kWh/m^3 , Smc/m^2 , ecc...).

Gli **indicatori di prestazione energetica effettivi (EnPIef)** rappresentano il valore quantitativo dell'indice di prestazione energetica ricavato da misure effettive.

Gli **indicatori di prestazione energetica operativi (EnPIop)** rappresentano l'indicatore di prestazione energetica dell'EnPI ricavato teoricamente dal modello energetico.

Gli **indicatori di prestazione energetica obiettivo (EnPIob)** rappresentano il valore quantitativo dell'EnPI a cui l'organizzazione ritiene di poter tendere per valutare il comportamento dell'edificio.

Gli **indicatori di benchmarck (EnBck)** sono parametri di riferimento rappresentativi del consumo medio di settore definito dalla destinazione d'uso e dalla tipologia edilizia dell'edificio in esame.

Se stabilito in fase di contatto preliminare, gli indicatori di prestazione energetica effettivi possono essere confrontati con gli indicatori obiettivo e/o con gli indicatori di benchmarck. Nel caso in cui, in seguito all'analisi dell'edificio e dei consumi reali, l'indicatore di prestazione energetica effettivo si rivelasse già congruente con l'indicatore obiettivo, la diagnosi può avviarsi alla conclusione senza la necessità di individuare interventi di

efficienza energetica o, se ritenuto opportuno, proseguire per una ulteriore accuratezza dell'analisi.

7.7. Individuazione delle azioni di incremento dell'efficienza energetica

Grazie allo studio delle caratteristiche dell'involucro e degli impianti esistenti, è possibile individuare gli aspetti più critici dell'edificio, sui quali è opportuno intervenire per migliorare la prestazione energetica. Gli interventi migliorativi possono essere così suddivisi:

- **Interventi sull'involucro** (coibentazione pareti perimetrali, coibentazione copertura, coibentazione solaio di terra, sostituzione infissi, ecc...);
- **Interventi sugli impianti meccanici** (sostituzione caldaia tradizionale con caldaia a condensazione, installazione valvole termostatiche sui radiatori, sistema di Building Automation and Control System, ecc...);
- **Interventi sugli impianti elettrici** (sostituzione delle pompe con nuove versioni ad alta efficienza azionate da inverter, sostituzione dei corpi illuminanti con lampade LED, installazione di sensori di presenza nei WC, ecc...);
- **Sistemi di monitoraggio dei consumi;**
- **Utilizzo di fonti rinnovabili** (impianto fotovoltaico, solare termico, ecc...);

Risulta fondamentale valutare le possibili interferenze tra gli interventi che il REDE intende proporre, a causa della riduzione progressiva del fabbisogno energetico ad ogni intervento e per la potenziale interazione tra i sistemi tecnici e l'involucro edilizio. Ad esempio, più interventi sull'involucro edilizio riducono il fabbisogno di energia per riscaldamento ma al tempo stesso possono intervenire sull'efficienza del generatore. È quindi opportuno studiare azioni combinate nel caso alcune misure abbiano un impatto sulle altre, in quanto la somma dei singoli risparmi calcolati, valutando separatamente gli interventi, sarebbe in generale differente rispetto al risparmio ottenuto simulando gli stessi interventi in contemporanea. Pertanto, se gli interventi individuati non presentano interferenze rilevanti è possibile valutarli separatamente. In caso contrario è indispensabile procedere con la

realizzazione di una simulazione del sistema edificio impianto, che consenta di valutare l'effetto dell'interferenza tra gli interventi proposti.

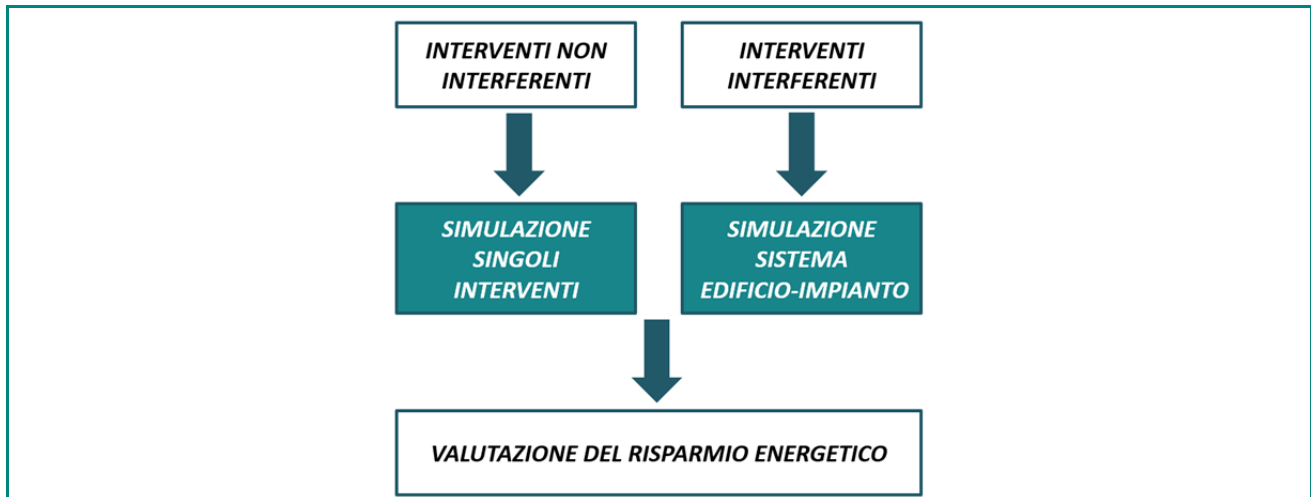


Figura 6 – Procedure di valutazione del risparmio energetico

7.8. Simulazione del sistema edificio-impianto

Come già detto, nel caso di interventi interferenti, è indispensabile la costruzione di un modello energetico che simuli il sistema edificio-impianto, al fine di valutare le opportunità di risparmio energetico. Tale modello dovrà descrivere il più realisticamente possibile il comportamento dell'edificio tenendo conto della potenziale interazione tra i sistemi tecnici e l'involucro edilizio.

Relativamente al calcolo della prestazione energetica degli edifici, a marzo 2018 è stata pubblicata in Italia la UNI EN ISO 52016, che sostituisce la precedente UNI EN ISO 13790, norma dalla quale sono derivate UNI TS 11300. La nuova norma introduce il metodo dinamico orario per il calcolo del fabbisogno energetico per riscaldamento e raffrescamento, che affianca l'attuale metodo quasi stazionario, permettendo ai tecnici di effettuare una scelta tra i due metodi alternativi, in base alle esigenze del caso.

Il **metodo quasi stazionario** prevede calcoli semplificati su base mensile e, in Italia, fa riferimento alle norme tecniche UNI/TS 11300. Si definisce “stazionario” in quanto il

calcolo relativo ad ogni intervallo elementare è totalmente indipendente dagli altri. Mentre è possibile utilizzare questo metodo per valutare il fabbisogno di riscaldamento, non risulta molto attendibile il calcolo del fabbisogno estivo, in quanto non tiene conto delle rilevanti differenze di temperatura e irraggiamento solare nell'arco della giornata.

Nel **metodo dinamico orario** la durata dell'intervallo elementare di calcolo non è più il mese ma la singola ora. Ciò permette di tenere conto dell'effettivo orario di funzionamento dell'impianto, della variabilità delle condizioni di occupazione e di quelle al contorno durante la giornata (temperatura esterna, irraggiamento...). La definizione di "dinamico" deriva dal fatto che il calcolo in un intervallo elementare tiene conto dei risultati del calcolo dell'intervallo precedente.

Entrambi i metodi garantiscono la tracciabilità del processo di calcolo utilizzato, requisito fondamentale della diagnosi energetica. In alternativa il REDE può decidere di ricorrere ad un metodo dinamico dettagliato. Così facendo accrescerebbe notevolmente la complessità della diagnosi, dovendo disporre di dati di ingresso molto più accurati, ma si otterrebbe un esito più dettagliato con risultati di calcolo con passo temporale inferiore all'ora.

In base allo scopo della diagnosi, alle caratteristiche dell'edificio ed alla qualità dei dati in ingresso, il REDE stabilirà quindi la metodologia più opportuna per realizzare il modello dell'edificio.

Indipendentemente si utilizzi il metodo di calcolo stazionario o dinamico orario, la costruzione del modello segue i seguenti step:

- **Inserimento dati climatici.** I dati climatici differiscono in base alla località. La norma UNI 10349 fornisce, per il territorio italiano, dati climatici convenzionali, utili nella redazione degli attestati di prestazione energetica e per le diagnosi nella fase di normalizzazione dei consumi. Per la validazione del modello del sistema edificio-impianto, invece, è opportuno tenere conto dei dati climatici reali misurati nella località in esame e, in particolare, considerare nei calcoli la media delle temperature effettive degli anni considerati nel calcolo del consumo di riferimento. Per ottenere i

valori di temperature reali è necessario rivolgersi a database meteo di enti pubblici locali e impostare tali valori sul modello, in modo da simulare una situazione più realistica possibile.

- **Definizione dei confini del fabbricato e delle zone termiche.** Per costruire il modello energetico del sistema edificio-impianto è necessario definire i confini del fabbricato, ovvero l'insieme degli elementi edilizi che separano l'ambiente climatizzato dall'ambiente esterno (aria, terreno) o da ambienti non climatizzati. L'insieme degli elementi che delimitano l'ambiente climatizzato verso esterno, terreno e ambienti non climatizzati costituisce la superficie disperdente dell'edificio. Nel caso l'edificio sia costituito da ambienti serviti da diversi generatori, o aventi differenti destinazioni d'uso, diventa necessario suddividerlo in zone termiche. Una zona termica si definisce quindi come una parte dell'ambiente climatizzato mantenuta a temperatura (ed eventualmente umidità) uniforme, attraverso lo stesso impianto di climatizzazione. Per ciascuna zona verrà effettuato separatamente il calcolo del fabbisogno di energia termica per il riscaldamento e il raffrescamento.

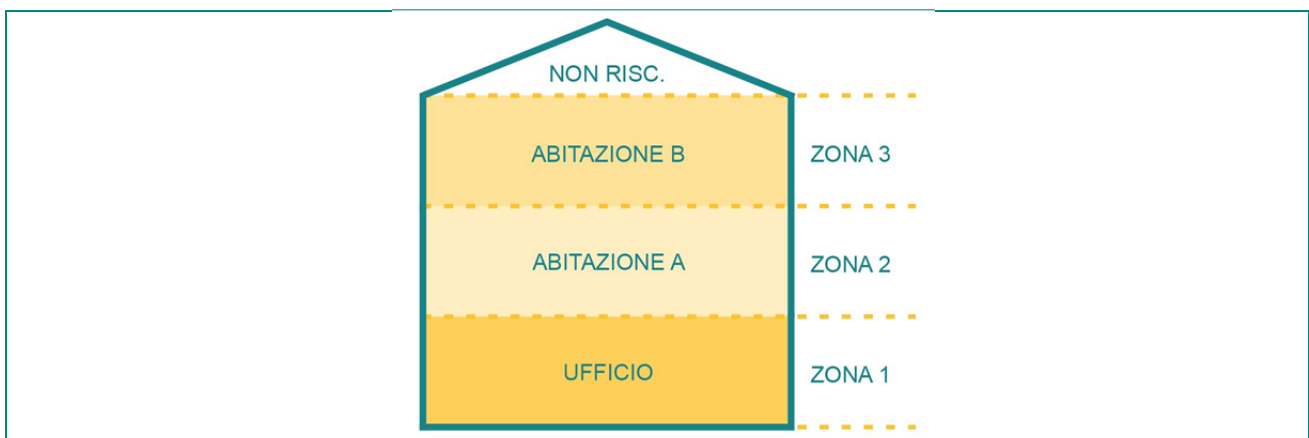


Figura 7 – Schema esempio suddivisione zone termiche

- **Definizione dei servizi energetici presenti e degli impianti.** Devono essere indicati i servizi energetici presenti (riscaldamento, ventilazione, acqua calda sanitaria, raffrescamento, illuminazione, trasporto) e le caratteristiche degli impianti a servizio di ogni zona. Le zone potranno essere caratterizzate da profili di funzionamento degli impianti differenti.

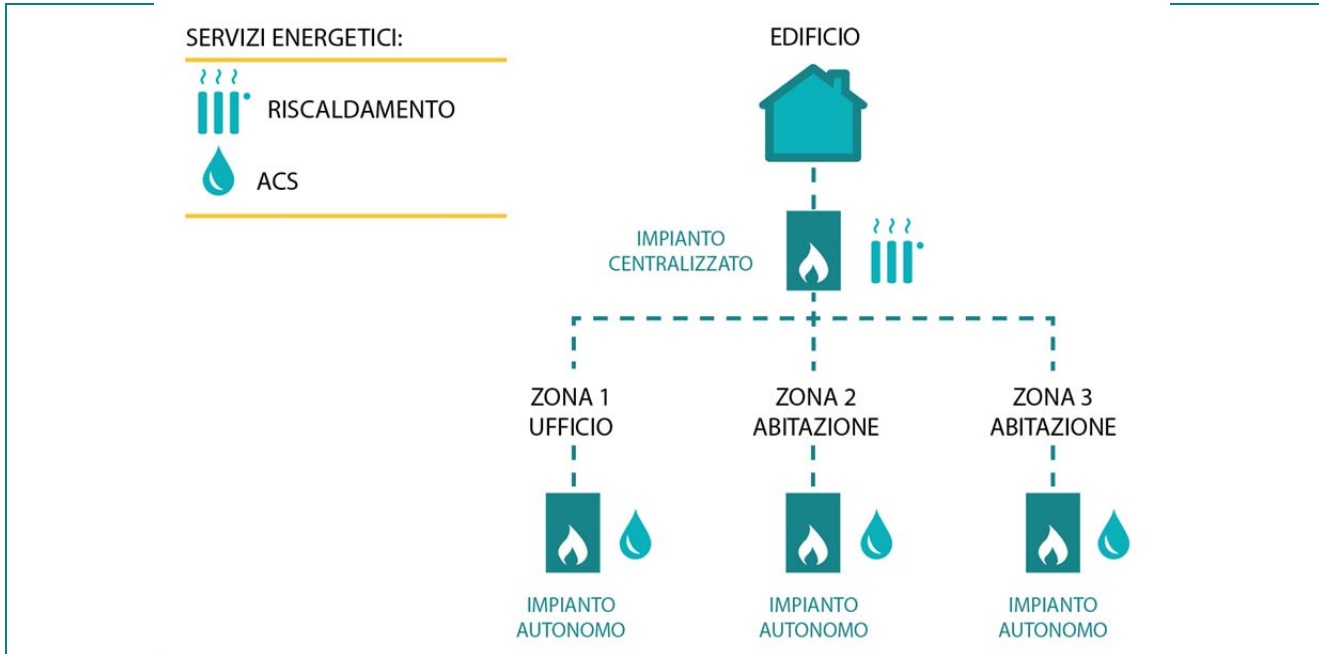


Figura 8 – Schema di edificio con impianto centralizzato per riscaldamento e impianti autonomi per la produzione di acs

- **Risultati della simulazione.** Per ciascuna zona dell'edificio verranno calcolati:
 - fabbisogno di energia termica per riscaldamento o raffrescamento;
 - fabbisogno di energia per la produzione di acqua calda sanitaria;
 - fabbisogno di energia per ventilazione meccanica;
 - fabbisogno di energia per illuminazione
 - fabbisogno di energia per trasporto cose e persone

Al termine della simulazione è possibile determinare un **indicatore di prestazione energetica operativo (EnPIop)** per ogni vettore energetico. I dati di consumo ottenuti dalla simulazione (consumo operativo) dovranno essere confrontati con quelli effettivi per effettuare la validazione, ossia verificare l'attendibilità del modello. Il REDE può valutare, in base allo scopo della diagnosi e ai metodi di calcolo utilizzati, di considerare nella simulazione solo alcuni dei servizi energetici presenti. In tal caso il consumo operativo

dovrà essere confrontato con il consumo effettivo relativo agli stessi servizi energetici valutati nella simulazione.

7.9. Validazione della simulazione del sistema edificio-impianto

Alla costruzione del modello di simulazione del sistema edificio-impianto segue la sua validazione, attraverso il confronto tra i consumi operativi e quelli effettivi, ricavati a partire dalle bollette. Per confrontare i consumi ottenuti dal modello energetico con quelli effettivi sarà fondamentale:

- Conoscere le condizioni termoigrometriche esterne relative agli anni i cui consumi sono stati utilizzati per calcolare il consumo di riferimento;
- Conoscere i profili di utilizzo del sistema edificio-impianto degli stessi anni.

La simulazione del sistema edificio-impianto, in fase di validazione, deve riferirsi infatti alle condizioni termoigrometriche reali (media delle temperature degli stessi anni utilizzati per il calcolo del consumo di riferimento) e agli effettivi profili di utilizzo.

Affinché si possa ritenere accettabile, lo scostamento tra i consumi operativi e i consumi effettivi deve essere al massimo del +/- 5%.

$$-0,05 \leq \frac{C_o - C_e}{C_e} \leq 0,05$$

Lo scostamento massimo, o “**marginale d’incertezza**”, deve essere definito in fase di contatto preliminare in funzione dei dati disponibili e del livello di approfondimento richiesto. In particolari situazioni, qualora la caratterizzazione del sistema edificio impianto si basi su dati non certi (stratigrafie ipotizzate, mancanza di misurazioni...), potrà essere stabilito uno scostamento maggiore del +/- 5%, ma comunque contenuto nel doppio del limite da normativa:

$$-0,1 \leq \frac{C_o - C_e}{C_e} \leq 0,1$$

Se si superano tali valori, è necessario verificare la correttezza del modello di simulazione del sistema edificio-impianto, o dei fattori di aggiustamento applicati ai consumi da bolletta, e apportare le modifiche opportune. Si noti che, finché il modello non risulta validato, non è possibile procedere alle fasi successive della diagnosi. Si riporta, come esempio, un grafico che mette a confronto i consumi effettivi e quelli calcolati tramite simulazione, consumi tra i quali emerge uno scostamento complessivo inferiore al 5%: il modello risulta validato e potrà quindi costituire la base per la valutazione degli interventi di riqualificazione energetica.

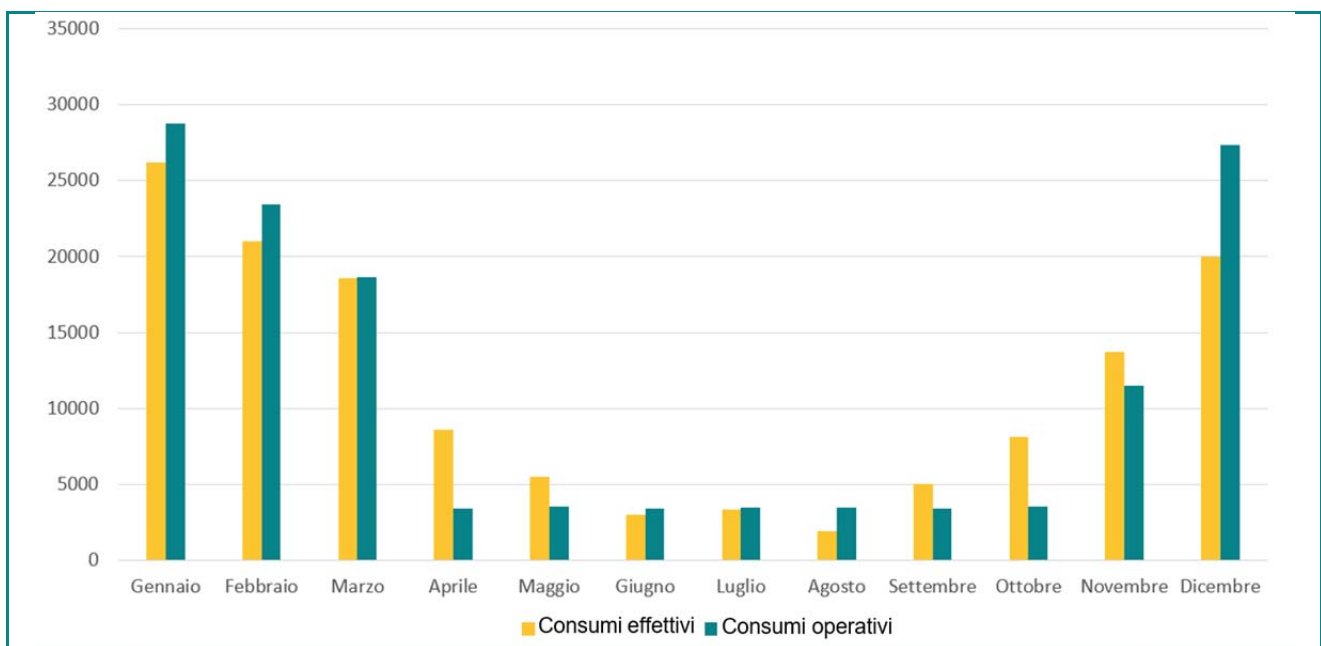


Figura 9: Confronto tra i consumi effettivi e operativi

Accertata la validazione del modello, sarà possibile simulare interventi di efficientamento energetico ottenendo risparmi energetici abbastanza realistici.

7.10. Valutazione dei risparmi energetici conseguibili

Il calcolo del risparmio energetico differisce nel caso gli interventi individuati siano o no interferenti. Nel caso di assenza di interferenza gli interventi possono essere valutati

separatamente e il risparmio energetico complessivo può essere calcolato come la somma dei singoli risparmi. Qualora, invece, si siano rilevate interferenze fra le misure di efficienza energetica proposte, il risparmio complessivo deve essere valutato simulando gli interventi in contemporanea attraverso il modello del sistema edificio-impianto descritto nel capitolo precedente. In questo caso gli interventi saranno analizzati inizialmente come azioni separate, al fine di effettuare una prima valutazione e facilitare la scelta tra le possibili soluzioni da proporre, per poi essere raggruppati in scenari, in modo da tenere conto delle influenze reciproche.

Per poter valutare i benefici futuri annessi agli interventi di efficienza energetica si può fare riferimento ai **dati climatici standard** (secondo la norma UNI 10349:2016), in modo da ottenere valori di consumo normalizzati e non dipendenti dalle particolari condizioni climatiche degli anni presi a riferimento. Il consumo normalizzato è ottenuto effettuando una nuova simulazione del modello precedentemente validato, impostando le condizioni climatiche standard. Lo stesso modello, sempre in condizioni climatiche standard, verrà utilizzato per simulare gli scenari di intervento e valutare il consumo post operam. Dal confronto tra il consumo ante e post operam si otterrà il risparmio energetico.

$$R_e = C_{ante\ operam} - C_{post\ operam}$$

Per chiarezza, nell'immagine seguente si riporta uno schema che evidenzia come cambia il modello dalla fase di validazione a quella di valutazione del risparmio energetico.



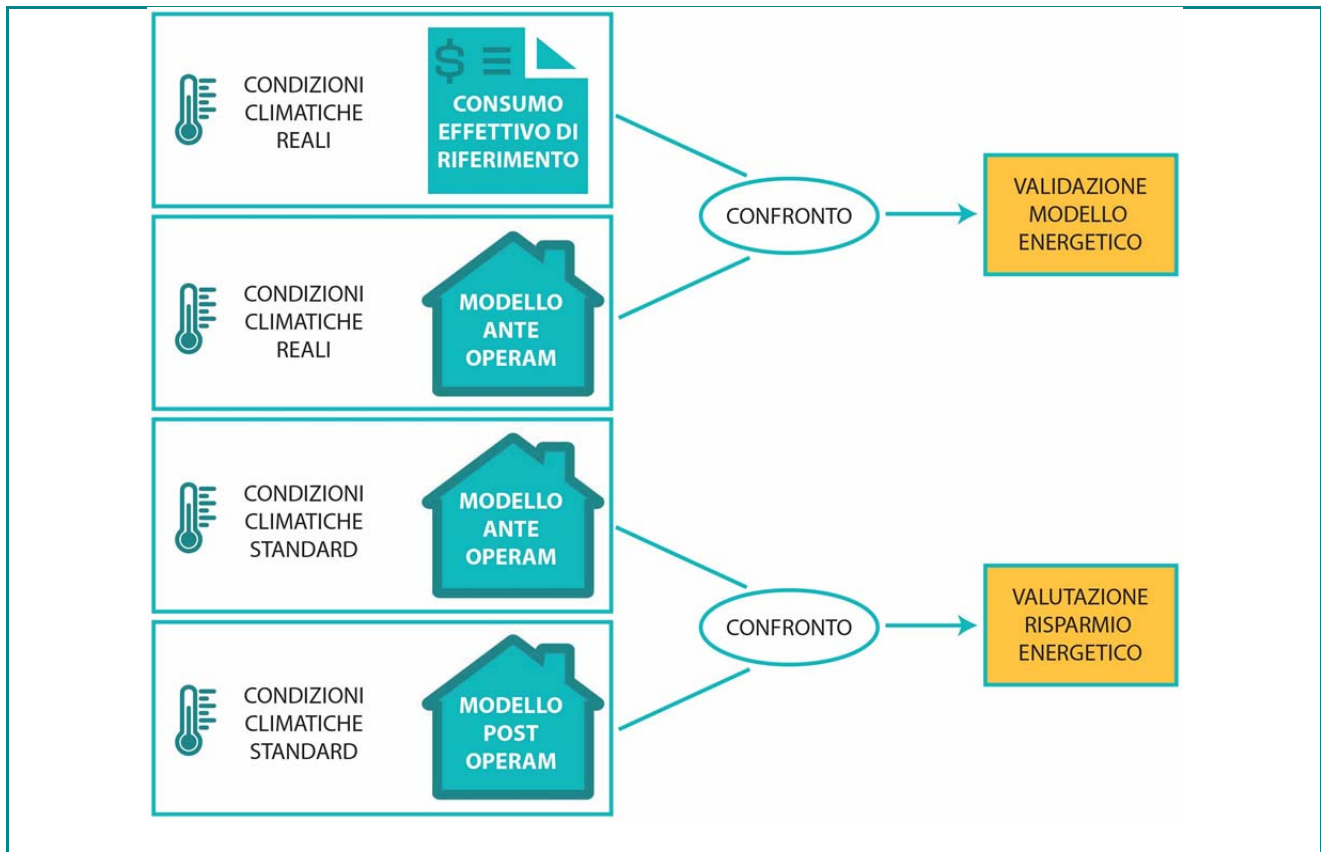


Figura 10: Condizioni climatiche applicate al modello energetico del sistema edificio impianto

Tuttavia, il calcolo del risparmio a partire dai consumi normalizzati non fornisce la garanzia di stime più realistiche rispetto a quello effettuato utilizzando le condizioni climatiche reali. Il REDE può quindi decidere in base alla situazione specifica a quali dati climatici fare riferimento, precisando la decisione in fase di contrattualizzazione dell'attività. Se lo ritiene opportuno può decidere inoltre di effettuare il calcolo con entrambi i metodi e confrontare i risultati ottenuti.

Per quanto riguarda gli interventi che prevedono l'installazione di impianti a fonti rinnovabili, il risparmio energetico deve essere stimato considerando l'interferenza con gli altri interventi. È inoltre necessaria la verifica mensile della compensazione tra i fabbisogni energetici e l'energia prodotta da fonte rinnovabile, per evitare che il surplus di energia sia conteggiato nel risparmio.

Il report di diagnosi dovrà contenere una descrizione dettagliata degli interventi e l'indicazione dei risparmi energetici conseguibili, calcolati sia valutando singolarmente gli interventi sia accorrandoli in scenari.

7.11. Analisi costi benefici

Dopo aver effettuato la simulazione dei possibili interventi (singolarmente o in scenari) e aver quantificato i relativi risparmi energetici, si procede ad una valutazione di carattere economico, con l'obiettivo di individuare quale soluzione abbia un rapporto costi/benefici più favorevole. Generalmente nelle diagnosi energetiche degli edifici le opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica vengono classificate tramite il tempo di ritorno semplice, ma ciò non esclude l'uso di altre valutazioni finanziarie. Si rimanda a tal proposito alla UNI EN 15459:2018 e successive modifiche e integrazioni.

Il tempo di ritorno semplice o pay back (T_R) definisce, in modo semplificato, la redditività dell'investimento. Individua, cioè, il numero di anni necessari per recuperare il capitale inizialmente investito ed è calcolato come rapporto tra l'importo dell'investimento (I_0) e il flusso di cassa previsto (FC):

$$T_R = \frac{I_0}{FC}$$

Come flusso di cassa si considera il risparmio economico conseguente all'intervento, calcolato come il prodotto fra il prezzo unitario del vettore energetico (€/kWh, €/Sm³, ecc...) e il risparmio energetico conseguito.

$$FC = C_u \times R_e$$

Per ogni intervento, o per ogni scenario in caso di interventi combinati, si dovranno indicare costo dell'investimento, risparmio atteso e tempo di ritorno dell'investimento. Inoltre si dovrà evidenziare il risparmio in termini percentuali rispetto al consumo di riferimento. Qualora quest'ultimo includesse consumi non efficientabili (dovuti ad apparecchiature, cottura alimenti, ecc...), è opportuno valutare il risparmio percentuale sia

rispetto al totale del consumo di riferimento, sia rispetto alla sola quota relativa ai servizi oggetto di efficienza energetica, per non sottovalutare l'efficacia delle soluzioni proposte.

Di seguito si riporta un esempio di tabella di riepilogo:

Spesa energetica edificio		Rif.	Risparmio economico	Costo di investimento	Tempo di ritorno semplice	Percentuale risparmio %
€ 272.000						
INVOLUCRO	Coibentazione dei solai esterni	INV.1	€ 7.000,00	€ 58.300,00	8,3	2,6%
	Coibentazione del solaio sottotetto	INV.2	€ 15.400,00	€ 114.800,00	7,5	5,7%
	Sostituzione infissi	INV.3	€ 9.200,00	€ 463.000,00	50,3	3,4%
IMPIANTI MECCANICI	Sistema di Building Automation and Control System	INM.1	€ 32.080,00	€ 100.000,00	3,1	11,8%
	Caldaia a condensazione	INM.2	€ 7.300,00	€ 40.000,00	5,5	2,7%
	Valvole termostatiche radiatori	INM.3	€ 13.500,00	€ 49.600,00	3,7	5,0%
IMPIANTI ELETTRICI	Lampade LED corridoi	INE. 1	€ 23.750,00	€ 274.000,00	11,5	8,7%
	Sensori presenza WC	INE. 2	€ 2.052,00	€ 1.000,00	0,5	0,8%
FONTI RINNOVABILI	Fotovoltaico	INF.1	€ 7.000,00	€ 55.000,00	7,9	2,6%
ALTRI INTERVENTI	Monitoraggio dei consumi	INMO.1	€ 13.099,00	€ 70.000,00	5,3	4,8%
SCENARIO COMPLESSIVO			€ 97.785,75	€ 1.225.700,00	12,5	36,0%

Figura 11: Esempio di tabella di riepilogo degli interventi

Nella definizione degli scenari da proporre al committente, è opportuno verificare che il tempo di ritorno di un intervento non superi la vita utile dello stesso, facendo riferimento ai valori riportati nella norma UNI EN 15459 e s.m.i. Tuttavia, è possibile che alcune soluzioni risultino necessarie anche se non economicamente convenienti. Si potrebbe riscontrare il caso, ad esempio, di infissi in cattive condizioni che necessitano di essere sostituiti a prescindere dal tempo di ritorno dell'investimento. In questa situazione il REDE dovrà giustificare la proposta di intervento come necessaria.

Nella valutazione economica, inoltre, è opportuno tenere conto dei meccanismi di incentivazione disponibili per gli interventi di efficienza energetica (Detrazioni fiscali, Conto

Termico, ecc...). Si tratta di strumenti a sostegno di questa tipologia di interventi che consentono di recuperare parte dell'investimento. È consigliabile che il REDE valuti quali strumenti sia possibile utilizzare e quali siano i più convenienti per la situazione in esame. È tuttavia fondamentale mettere in evidenza l'analisi costi-benefici sia in assenza di incentivi e sia attraverso il ricorso alle forme incentivanti.

7.12. Redazione dell'attestato di prestazione energetica

A conclusione della diagnosi il REDE deve redigere l'APE dell'edificio in esame in condizioni ante e post operam, per valutare l'impatto che gli interventi proposti avranno sulla classificazione nell'ambito della certificazione energetica degli edifici. Si precisa che l'APE prodotto in diagnosi non ha obbligo di registrazione al SIAPE ma viene redatto al solo scopo di valutare la variazione della classe energetica ed, eventualmente, per ottenere gli incentivi fiscali previsti. Il presente capitolo mette a confronto la valutazione standard da APE con quella adattata all'utenza cui fare riferimento nella diagnosi energetica.

Il Decreto legge 63/2013, all'art.2, modifica l'art. 2 del Dlgs 192/2005 ed introduce la definizione di Attestato di Prestazione Energetica (APE) dell'edificio in sostituzione dell'Attestato di certificazione energetica (ACE).

La definizione di APE risulta essere la seguente: *“documento... rilasciato da esperti qualificati e indipendenti che attesta la prestazione energetica di un edificio attraverso l'utilizzo di specifici descrittori e fornisce raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica”*.

L'APE può sembrare simile alla DE, in quanto entrambi gli strumenti offrono una caratterizzazione energetica del sistema edificio-impianto, in realtà gli obiettivi, le condizioni al contorno e le competenze richieste risultano profondamente differenti. Le tipologie di valutazione energetica sono state definite nel prospetto 2 della UNI TS 11300-1. Mentre l'APE costituisce una tipologia di valutazione A2 (edificio reale valutato in

condizioni standard), la DE fa riferimento alla tipologia A3 (edificio reale in condizioni reali).

Tipo di valutazione		Dati di ingresso		
		Uso	Clima	Edificio
A1	Sul progetto (<i>Design Rating</i>)	Standard	Standard	Progetto
A2	Standard (<i>Asset Rating</i>)	Standard	Standard	Reale
A3	Adattata all'utenza (<i>Tailored rating</i>)	In funzione dello scopo		Reale

Figura 12 – Classificazione tipologie di valutazione energetica

Le diverse tipologie hanno obiettivi differenti. Infatti, l'APE rappresenta la qualità energetica del sistema edificio-impianto riferita a condizioni standard normalizzate. La finalità ultima è quella della confrontabilità, ovvero la definizione della prestazione energetica rispetto ad una metodologia standardizzata e l'inserimento della stessa in una scala di classificazione al fine di stabilire se la performance dell'edificio è soddisfacente oppure l'immobile necessita di interventi di riqualificazione. Solo secondariamente, l'APE fornisce suggerimenti di massima sulle opportunità di risparmio energetico realizzabili.

La DE, invece, esamina il comportamento "reale" dell'edificio, al fine di valutare gli interventi migliorativi secondo un insieme di criteri economici, energetici ed ambientali ai quali viene attribuito un peso diverso in funzione delle esigenze della committenza. Si tratta, quindi, di analizzare i dati storici di consumo, i profili di utilizzo dell'energia, le condizioni climatiche, gli impianti tecnici presenti, di modo da costruire un modello energetico dell'edificio che simuli l'uso "effettivo" dell'energia. La metodologia di calcolo non è standardizzata bensì risponde alle diverse condizioni al contorno di ciascun edificio ed al grado di approfondimento stabilito.

7.13. Il rapporto

L'ultimo passaggio dell'iter sin qui descritto prevede la redazione del rapporto di diagnosi energetica, che costituisce il documento finale da consegnare al committente. Si tratta di



una relazione che descrive l'intero procedimento di diagnosi, a partire dall'analisi dello stato di fatto, passando attraverso la simulazione, fino ad arrivare all'individuazione degli interventi migliorativi ed alla loro valutazione economica.

Di seguito l'indice di una relazione tipo, che potrà essere modificato in base alle diverse situazioni e alla tipologia di diagnosi scelta.

1. PREMESSA

2. PRESENTAZIONE GENERALE DEL SITO

3. DESCRIZIONE DEL SISTEMA EDIFICIO IMPIANTO

3.1. Involucro

3.1.1. Pareti verticali esterne

3.1.2. Copertura

3.1.3. Solai inferiori

3.1.4. Solai intermedi

3.1.5. Serramenti

3.2. Sistemi di climatizzazione invernale/estiva e di produzione di acs

3.2.1. Impianto di riscaldamento

3.2.2. Impianto produzione di acqua calda sanitaria

3.2.3. Impianto di ventilazione meccanica controllata

3.2.4. Impianto di climatizzazione estiva

3.2.5. Sistemi di termoregolazione

3.3. Impianto elettrico

3.3.1. Illuminazione

4. ANALISI DEI CONSUMI ENERGETICI



- 4.1. Metano
 - 4.2. Energia elettrica
 - 4.3. Principali indicatori di prestazione energetica
 - 4.4. Fabbisogno di energia primaria ed emissioni di CO₂
 - 4.5. Valutazione dei costi per l'approvvigionamento energetico e per la gestione
- 5. SIMULAZIONE SISTEMA EDIFICIO IMPIANTO**
- 5.1. Risultati simulazione sistema edificio impianto
 - 5.2. Validazione del modello
- 6. INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA**
- 6.1. Individuazione delle potenziali aree d'intervento
 - 6.2. Interventi sull'involucro
 - 6.3. Interventi sugli impianti meccanici
 - 6.4. Interventi sugli impianti elettrici
 - 6.5. Monitoraggio dei consumi
 - 6.6. Utilizzo di fonti rinnovabili
 - 6.7. Scenari di intervento e analisi costi benefici
- 7. CONCLUSIONI**

I contenuti dei singoli capitoli saranno dettagliati nell'Allegato 2 (Report di diagnosi).



7.14. L'incontro finale

Nell'incontro finale, il Referente della diagnosi energetica deve:

- ✓ consegnare il rapporto di diagnosi energetica;
- ✓ presentare i risultati della diagnosi, di modo da agevolare il processo decisionale del committente.

In tale fase di meeting finale, occorre valutare se i risultati conseguiti con la diagnosi energetica siano esaustivi, oppure se sia necessario un supplemento di indagine al fine di individuare tutti gli elementi chiave per il miglioramento della prestazione energetica dell'edificio.

8. Bibliografia

Norme internazionali

UNI CEI EN 16247-1	Diagnosi energetiche - Parte 1: Requisiti generali
UNI CEI EN 16247-2	Diagnosi energetiche - Parte 2: Edifici
UNI CEI EN 16247-5	Diagnosi energetiche - Parte 5: Competenze dell'auditor energetico
UNI CEI EN 10838:1999	Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia
UNI EN ISO 52016	Prestazione energetica degli edifici - Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti

Norme nazionali

UNI 10349: 2016	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici
UNI/TS 11300: 2014	Prestazioni energetiche degli edifici

Riferimenti legislativi

D.Lgs. 102/2014	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
DLgs. n. 141/2016	Disposizioni integrative al decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102
D.Lgs. 192/2005	Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento



energetico nell'edilizia

DM 26/06/2015

Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici

APPENDICE A ESEMPIO DI ANALISI DEI CONSUMI REALI E RIPARTIZIONE SECONDO I SERVIZI ENERGETICI PRESENTI

L'esempio descritto nei capitoli successivi indica alcune possibili strategie da seguire per l'analisi dei consumi reali e per la ripartizione secondo i servizi energetici presenti. Sta al REDE decidere, in base ai dati a disposizione, quale procedura adottare per la costruzione dell'inventario energetico.

Il caso in esame riguarda due edifici adibiti a residenze collettive e presenta le seguenti criticità:

- Si dispone di un contatore per l'energia elettrica unico per i due edifici. Pertanto, si provvederà alla stima dei consumi attraverso un'analisi dei carichi.
- I consumi reali di gasolio sono comprensivi della quota relativa al riscaldamento e di quella relativa alla produzione di acqua calda sanitaria. Sarà quindi necessario individuare un sistema per stimare i consumi afferenti ai due servizi energetici.
- Non si dispone di sistemi di misura. La ripartizione dei consumi elettrici sarà effettuata analizzando i dati di potenza e i profili di funzionamento dei singoli utilizzatori/impianti.

A.1 Situazione servizi ante operam

I vettori energetici impiegati sono il gasolio e l'energia elettrica. Gli edifici oggetto di analisi sono infatti serviti dai seguenti impianti:

Edificio 1: impianto di climatizzazione a pompa di calore elettrica; impianto per la produzione di acqua calda sanitaria con bollitori elettrici.

Edificio 2: impianto per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria con caldaia a gasolio.

I servizi energetici presenti sono indicati nella seguente tabella, associati ai vettori energetici utilizzati.

SITUAZIONE SERVIZI ANTE OPERAM								
Ed.	Riscaldamento		Raffrescamento	Ventilazione	Produzione ACS		Illuminazione interna	Ascensori e scale mobili
1	En. el.		En. el.	N.P.	En. el.		En. el.	N.P.
2	Gasolio	En. el.	En. el.	N.P.	Gasolio	En. el.	En. el.	N.P.

Tabella 2: Servizi ante operam

A.2 Analisi delle bollette

Affinché l'analisi sia attendibile, è opportuno esaminare almeno i dati di consumo di tre anni, attraverso l'andamento mensile, che consente di valutarne la coerenza e di ricercare le cause di eventuali anomalie. Di seguito si riporta una tabella con l'andamento mensile dei consumi di gasolio degli anni 2015, 2016 e 2017 e il relativo grafico.

Ed.		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	TOTALE
2	Consumi gasolio 2015 (l)	5.100	4.900	3.200	700	800	500	600	450	600	748	2.002	2.600	22.200
2	Consumi gasolio 2016 (l)	5.100	4.817	3.911	641	850	640	614	675	676	634	2.450	3.166	24.174
2	Consumi gasolio 2017 (l)	4.700	4.517	3.355	625	750	694	720	759	462	460	2.818	4.100	23.960

Tabella 3: Andamento mensile consumi gasolio

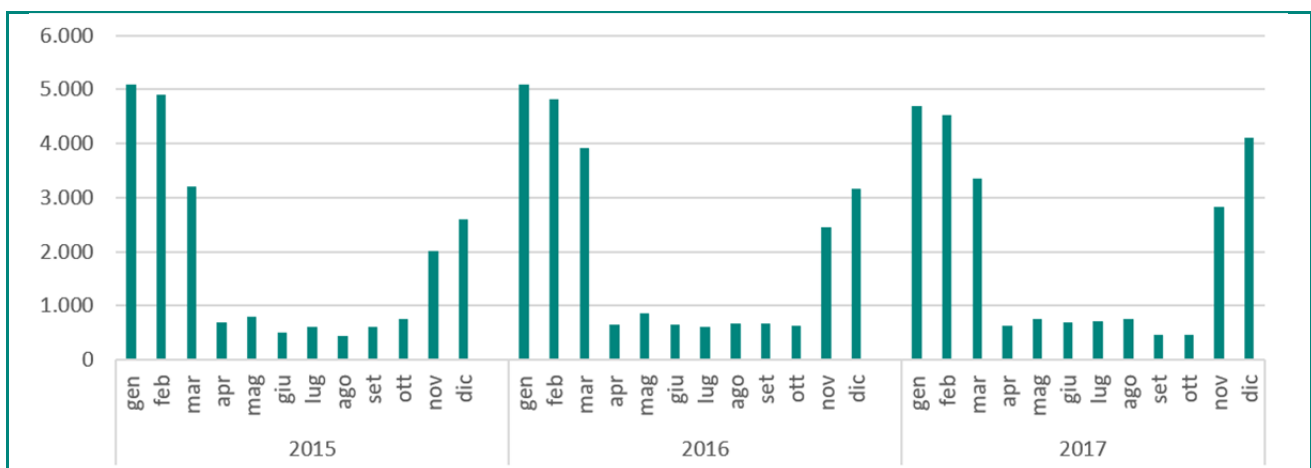


Tabella 4: Grafico andamento mensile consumi gasolio

Qualora il REDE riscontrasse delle anomalie tra un anno e l'altro, dovrebbe analizzarne le possibili cause (profili di utilizzo differenti, aree dell'edificio dismesse e non riscaldate, ecc...) ed eventualmente escludere dalla media l'anno meno coerente. Nel caso in esame,

essendo i dati dei tre anni coerenti tra loro, il consumo di riferimento viene individuato come media fra i due più vicini.

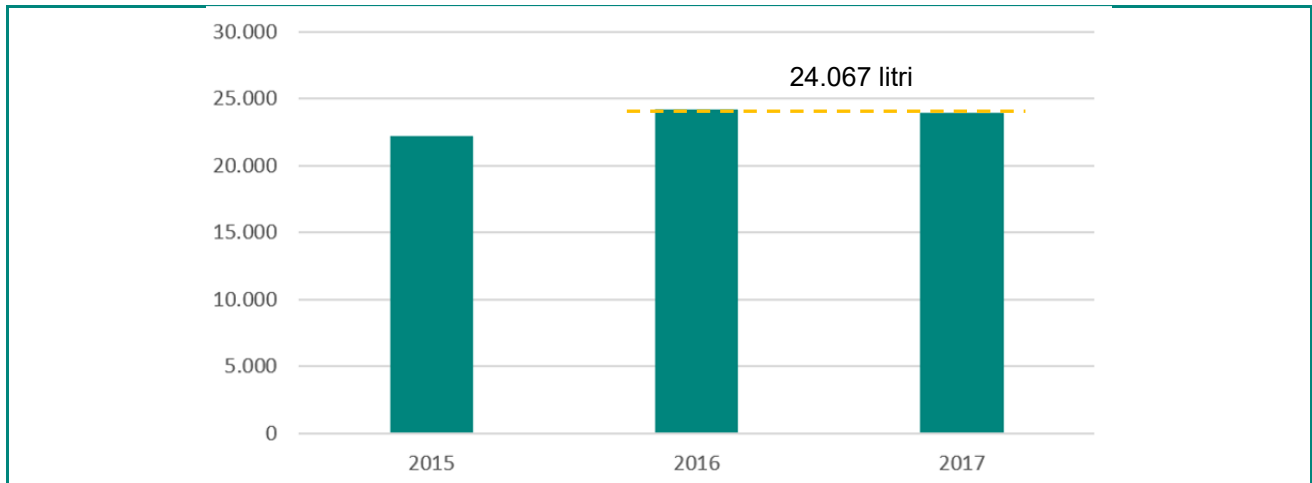


Figura 13 – Grafico con media dei consumi annuali di gasolio

Per quanto riguarda l'energia elettrica è presente un unico contatore per i due edifici. Seguendo la stessa procedura utilizzata per il gasolio, è necessario analizzare sia l'andamento mensile che il totale annuale dei consumi e valutare la coerenza dei dati a disposizione. Per sintesi si riporta direttamente il confronto dei consumi complessivi:

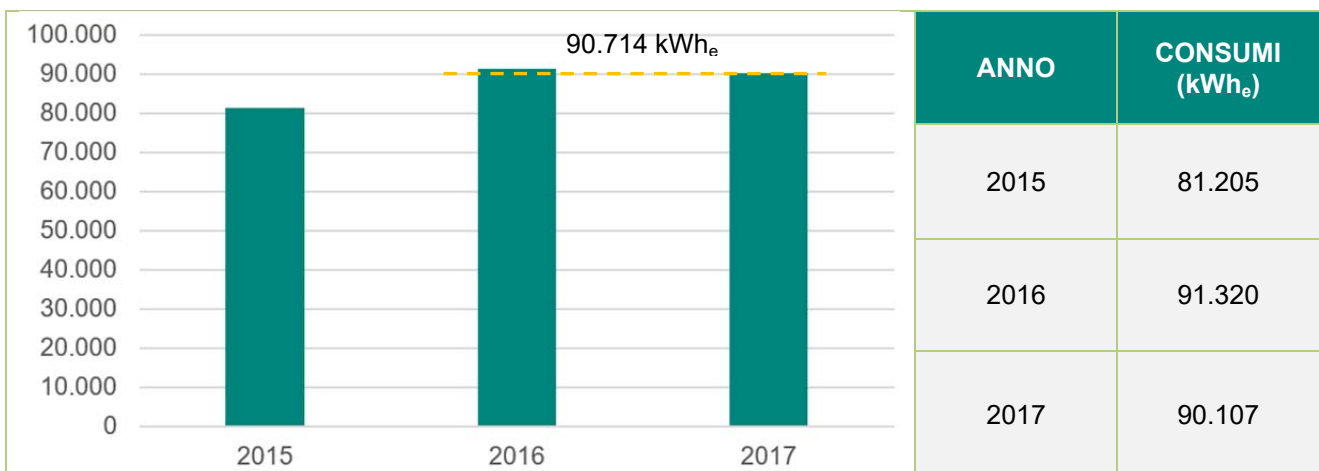


Figura 14 – Grafico con media dei consumi annuali di energia elettrica

Valutata la coerenza dei dati, il consumo elettrico di riferimento può essere individuato come media degli stessi anni precedentemente considerati per il calcolo del gasolio (2016 e 2017).

Una volta individuato, per ogni vettore energetico, il consumo di riferimento, questo deve essere ripartito secondo i servizi energetici presenti, con l'obiettivo di individuare quali siano le componenti cui è imputabile il maggiore consumo di energia.

A.3 Ripartizione dei consumi di gasolio

Di seguito si riportano i consumi di gasolio calcolati attraverso la media dei due anni.

MEDIA CONSUMI ANNI 2016-2017 (litri di gasolio)															
Ed.	Serv.	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	TOT	TOT
2	Risc+ACS	4.900	4.667	3.633								2.634	3.633	19.467	24.067
	Solo ACS				633	800	667	667	717	569	547			4.599	

Tabella 5: Media consumi gasolio

Il consumo complessivo deve essere ripartito secondo i servizi energetici coinvolti: riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria.

Essendo presente un unico dato di consumo, non è possibile conoscere la quota realmente dovuta alla produzione di acqua calda sanitaria nei mesi invernali: mentre il consumo di gasolio dei mesi estivi è interamente imputabile alla produzione di acs, quello dei mesi invernali è infatti la somma dei consumi dovuti ai due servizi. Si considera quindi, come consumo invernale per la produzione di acs, la media dei consumi estivi, supponendo che il consumo si mantenga più o meno costante nell'arco dell'anno. Si ottengono in questo modo i seguenti valori di consumo:

MEDIA CONSUMI ANNI 2016-2017 (litri di gasolio)															
Ed.	Serv.	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	TOT	TOT
2	Risc.	4.243	4.010	2.976								1.977	2.976	16.182	24.067

ACS	657	657	657	633	800	667	667	717	569	547	657	657	7.885
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--------------

Tabella 6: Media consumi gasolio

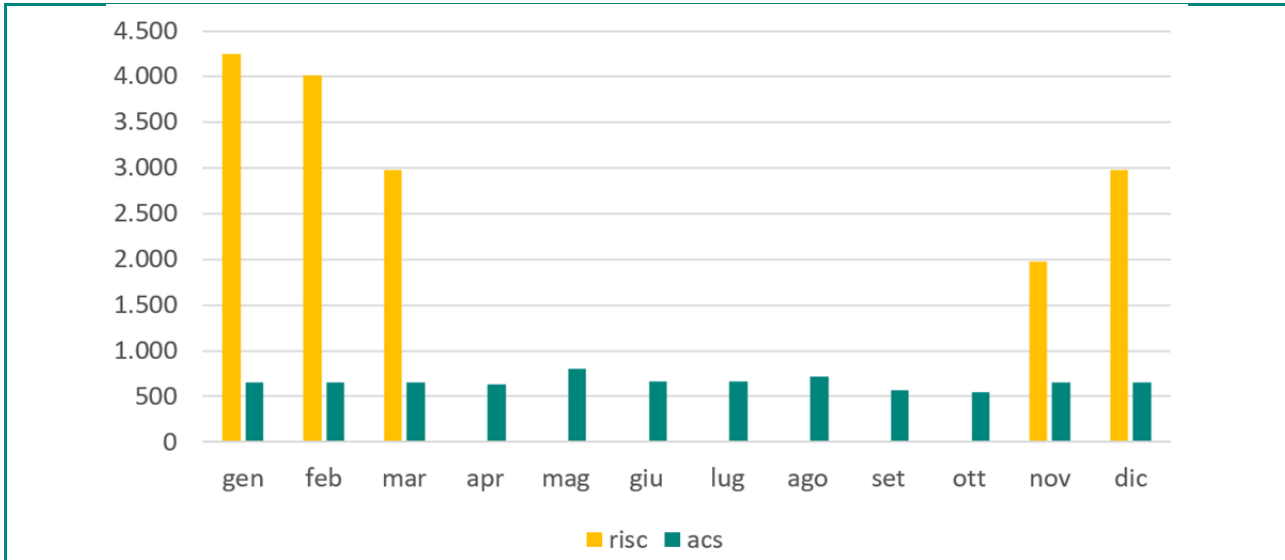


Figura 15 – Andamento complessivo consumi gasolio (media di tre anni)

Considerando i consumi complessivi si ottiene la seguente ripartizione:

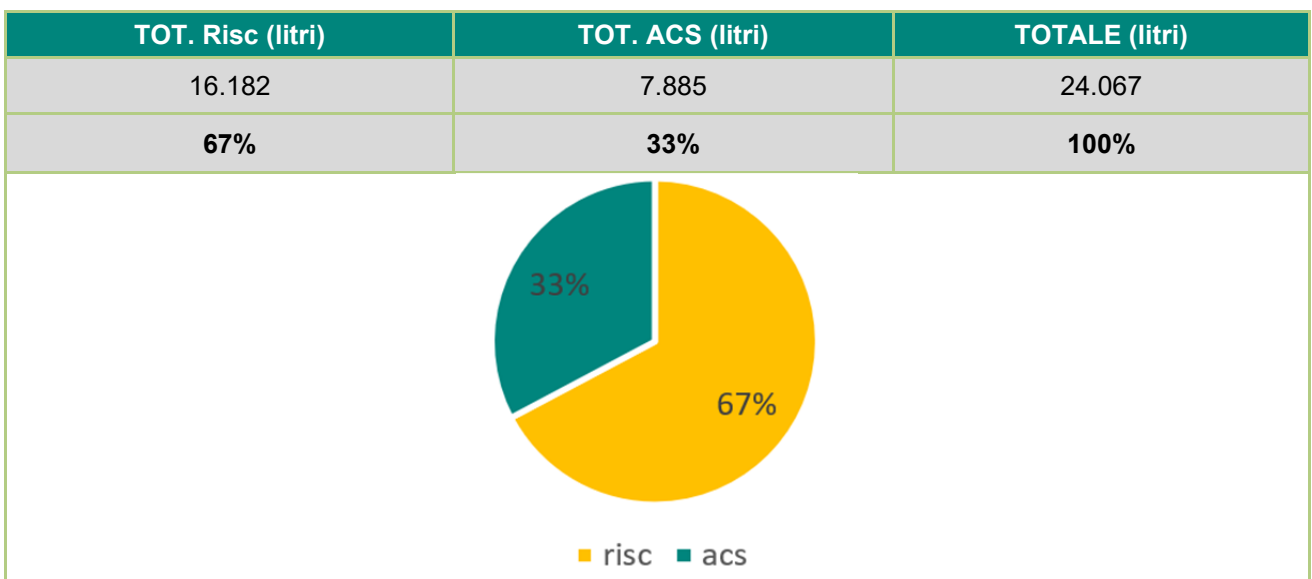


Figura 16 – Grafico a torta per ripartizione consumi di gasolio



A.4 Ripartizione dei consumi elettrici

Non disponendo di sistemi di monitoraggio, mentre la ripartizione dei consumi di gasolio è stata effettuata a partire dai consumi reali da bolletta, per la stima dei consumi elettrici è stato necessario analizzare tutte le utenze che consumano energia, calcolando i consumi a partire dai dati di potenza e dalle ore di funzionamento.

Dall'analisi dello stato di fatto è emerso che i consumi elettrici dell'edificio 1 sono dovuti a:

- Pompe di calore
- Bollitori elettrici
- Illuminazione

Per quanto riguarda invece l'edificio 2 i consumi afferiscono a:

- Forza motrice delle elettropompe
- Ausiliari caldaie
- Illuminazione

A.5 Stima del consumo elettrico delle elettropompe

Per stimare il consumo legato alla forza motrice delle elettropompe dell'edificio 2 è necessario prima di tutto calcolare le ore di accensione delle caldaie (per riscaldamento e acs) nell'arco dell'anno.

ORARIO ACCENSIONE CALDAIE - SERVIZIO RISCALDAMENTO				
Mese accensione	orario accensione	Ore giornaliere di funzionamento	Giorni mensili di funzionamento	Ore di funzionamento mensili
		(h)	(GG)	(h x GG)
Novembre	08:00-17:00	9	15	135
Dicembre	08:00-17:00	9	31	279
Gennaio	08:00-17:00	9	31	279
Febbraio	08:00-17:00	9	28	252
Marzo	08:00-15:00	7	15	105
Aprile		0	0	0
Maggio		0	0	0
Giugno		0	0	0
Luglio		0	0	0
Agosto		0	0	0
settembre		0	0	0
Ottobre		0	0	0
Ore di funzionamento annuali				1.050

Tabella 7: Orario accensione impianto per riscaldamento

ORARIO ACCENSIONE CALDAIE - SERVIZIO ACS				
Mese accensione	orario accensione	Ore giornaliere di funzionamento	Giorni mensili di funzionamento	Ore di funzionamento mensili
		(h)	(GG)	(h x GG)
Novembre	06:00-21:00	15	30	450
Dicembre		15	31	465
Gennaio		15	31	465
Febbraio		15	28	420
Marzo		15	31	465
Aprile		15	30	450
Maggio		15	31	465
Giugno		15	30	450
Luglio		15	31	465
Agosto		15	31	465
settembre		15	30	450
Ottobre		15	31	465
Ore di funzionamento annuali				5.475

Tabella 8: Orario accensione impianto per ACS

È quindi possibile stimare il consumo elettrico delle elettropompe, moltiplicando la potenza per le ore di funzionamento:

Edificio servito	Servizio	Pot- Elettr. Totale Elettropompe [kW]	H funz. RISC	H funz. ACS	Consumo Ele RISC [kWh]	Consumo Ele ASC [kWh]
2	Risc.	1,181	1.050	-	1.240	
	ACS	0,381	-	5.475		2.086

Tabella 9: Consumo elettrico elettropompe

A.6 Stima del consumo elettrico degli ausiliari delle caldaie

Per stimare correttamente il consumo elettrico degli ausiliari bisogna tenere conto del fatto che le caldaie non funzionano sempre alla massima potenza e, di conseguenza, neanche gli ausiliari. È possibile ricavare un **coefficiente di utilizzo (Ku)** delle caldaie confrontando il consumo teorico, stimato moltiplicando le ore di funzionamento per la potenza massima, e il consumo reale da bolletta.

Ed.	Serv.	Pot. Utile caldaia [kW]	Rendimento utile a potenza nominale (Direttiva Caldaie UNI/TS 11300 - 2 App B.2)	Energia Prodotta Caldaia Potenza Massima per 1 h [kWh term]	Consumi Gasolio a Potenza Massima per 1 h [Litri] (kwh term/11,86 x 1,176) *1,25	H funz.	Consumi Gasolio teorici [litri]	Consumi Gasolio Reali [litri]	Ku Coeff. di utilizzo [consumi reali/consumi teorici]
2	Risc	116	0,881	131,63	16,31	1.050	17.130,16	16.182	0,945
	ACS	116	0,881	131,63	16,31	5.475	89.321,57	7.885	0,088

Tabella 10: Calcolo coefficienti di utilizzo degli ausiliari caldaie

Il rendimento utile a potenza nominale può essere calcolato seguendo il metodo indicato nell'Appendice B.2 delle UNI TS 11300-2, ricavato dalla Direttiva 92/42/CEE.

B.2.12

Rendimenti minimi a carico nominale e a carico parziale secondo la Direttiva 92/42/CEE

Il rendimento minimo del generatore a pieno carico prescritto dalla normativa vigente si determina come segue:

$$\eta_{gn,Pn} = A + B \times \log \phi'_{Pn} \text{ [%]} \quad (\text{B.24})$$

Il rendimento minimo del generatore a carico parziale (30%) si determina come segue:

$$\eta_{gn,Pint} = C + D \times \log \phi'_{Pn} \text{ [-]} \quad (\text{B.25})$$

dove:

ϕ'_{Pn} è la potenza utile nominale espressa in kW, col limite massimo di 400 kW. Se la potenza utile nominale è maggiore di 400 kW, i rendimenti si determinano utilizzando 400 kW nelle formule precedenti;

A, B, C, D sono i parametri riportati nel prospetto B.7.

prospetto B.7

Parametri per la determinazione dei rendimenti minimi

Tipo di generatore	A	B	C	D
Generatore standard	84	2	80	3
Generatore a bassa temperatura	87,5	1,5	87,5	1,5
Generatore a condensazione	91	1	97	1

Figura 17 –UNI TS 11300-2_ Prospetto B.2.12 _Parametri per la determinazione dei rendimenti minimi

Il coefficiente di utilizzo può quindi essere utilizzato per stimare il consumo degli ausiliari, moltiplicandolo per la potenza e le ore di funzionamento degli stessi:

Edificio servito	Servizio	Ausiliari caldaia [W]	Ku	Pot. kW Elettrici	H fun. RISC	H fun. ACS	Consumo kWh Ele. Risc	Consumo kWh Ele. ACS
2	Risc	57	0,945	0,057	1050		59,5	
	ACS	57	0,088	0,057		5475		29,0

Tabella 11: Consumo elettrico ausiliari caldaie

A.7 Stima del consumo elettrico delle pompe di calore

Per la stima del consumo elettrico delle quattro pompe di calore a servizio dell'Edificio 1, sia in estate che in inverno, bisogna calcolare per prima cosa le ore di funzionamento:

Rif.	INVERNO				ESTATE			
	Ore giorno invernali	giorni mese	Mesi invernali	Ore funzionamento inverno	Ore giorno estive	giorni mese	Mesi estive	Ore funzionamento estate
1	7,00	30,00	5,00	1.050	3,00	30,00	3,50	315
2	7,00	30,00	5,00	1.050	3,00	30,00	3,50	315
3	7,00	30,00	5,00	1.050	3,00	30,00	3,50	315
4	7,00	30,00	5,00	1.050	3,00	30,00	3,50	315

Tabella 12: Calcolo ore di funzionamento pompe di calore

È quindi possibile stimare il fabbisogno elettrico in inverno e in estate a partire dai dati di potenza:

FUNZIONAMENTO INVERNALE							
Potenza termica (kWt)	Potenza elettrica riscaldamento (kWe)	COP	N° unità	Ore	Fattore di carico invernale	Fabbisogno termico [kWh _t]	Fabbisogno elettrico [kWh _e]
4,0	1,3	3,01	6	1.050	0,70	17.640	5.865
12,0	4,0	3,00	4	1.050	0,70	35.280	11.760
6,0	2,0	3,00	2	1.050	0,70	8.820	2.940
8,0	2,7	3,01	1	1.050	0,70	5.880	1.955
Totale						67.620	22.520

Tabella 13: Fabbisogno elettrico in inverno

FUNZIONAMENTO ESTIVO							
Potenza frigorifera (kWf)	Potenza elettrica raffreddamento (kWe)	EER	N° unità	Ore	Fattore di carico estivo	Fabbisogno frigorifero [kWh _t]	Fabbisogno elettrico [kWh _e]
3,5	1,59	2,20	6	315	0,50	3.308	1.503
10,0	4,50	2,22	4	315	0,50	6.300	2.835
5,0	2,27	2,20	2	315	0,50	1.575	715
7,1	3,22	2,20	1	315	0,50	1.118	507
Totale						12.301	5.560

Tabella 14: Fabbisogno elettrico in estate

A.8 Stima del consumo elettrico dei bollitori elettrici per produzione ACS

Per stimare il consumo elettrico dei bollitori è necessario calcolare la potenza complessiva:

n° bollitori	Potenza singolo bollitore [W]	Potenza singolo bollitore [kW]	Potenza complessiva [kW]
13	580	0,58	7,54

Tabella 15: Potenza complessiva bollitori elettrici

Calcolata la potenza, si procede alla stima del consumo annuale tenendo conto delle ore di funzionamento e dei coefficienti di utilizzo:

Mese	Giorni	Coefficiente di contemporaneità Kc	Coefficiente di utilizzo in funzione stagione	Ore utilizzo giornaliero	Potenza [kW]	Consumo en. elettrica [kW]
Gennaio	31	1	0,75	1	7,54	175,31
Febbraio	28	1	0,75	1	7,54	158,34
Marzo	31	1	0,75	1	7,54	175,31
Aprile	30	1	0,75	1	7,54	169,65

Mese	Giorni	Coefficiente di contemporaneità Kc	Coefficiente di utilizzo in funzione stagione	Ore utilizzo giornaliero	Potenza [kW]	Consumo en. elettrica [kW]
Maggio	31	1	0,75	1	7,54	175,31
Giugno	30	1	0,75	1	7,54	169,65
Luglio	31	0,7	0,80	1	7,54	186,99
Agosto	31	0,6	0,80	1	7,54	186,99
Settembre	30	1	0,75	1	7,54	169,65
Ottobre	31	1	0,75	1	7,54	175,31
Novembre	30	1	0,75	1	7,54	169,65
Dicembre	31	1	0,75	1	7,54	175,31
Consumo tot.						2.087,4

Tabella 16: Consumo energia elettrica bollitori

A.9 Stima del consumo elettrico per illuminazione

Il consumo elettrico dovuto all'illuminazione di entrambi gli edifici può essere stimato moltiplicando la potenza degli apparecchi illuminanti per le ore di funzionamento:

Ed.	Locali serviti	Potenza lampade (kW)	Potenza apparecchi illuminanti (kW)	Ore funzionamento annuo	Consumo annuo di energia elettrica (kWh el)	Consumo annuo di energia elettrica (kWh el)
		Pot	P=Pot/0,88	H	P x h Funz	
1	Altri/corridoi	0,94	1,07	5110	5.468	11.417
	Stanze	1,5	1,71	2080	3.557	
	Locali servizi igienici	1,01	1,15	2080	2.392	
2	Altri/corridoi	3,71	4,22	5.110	21.564	44.819
	Stanze	5,89	6,69	2.080	13.915	
	Locali servizi igienici	3,95	4,49	2.080	9.339	

Tabella 17: Consumo elettrico illuminazione

A.10 Riepilogo dei consumi elettrici

Di seguito si riporta il riepilogo dei consumi elettrici calcolati per ogni edificio:

Ed.	utenze	Consumo (kWh _e)
1	Pompe di calore - funzionamento invernale	22.520
	Pompe di calore - funzionamento estivo	5.560
	Bollitori per acs	2.087
	Illuminazione	11.417
2	Elettropompe servizio risc.	1.240
	Elettropompe servizio acs	2.086
	Ausiliari caldaie servizio risc	59,5
	Ausiliari caldaie servizio acs	29,0
	Illuminazione	44.819
TOTALE		89.816

Tabella 18: Riepilogo consumi elettrici

La somma dei consumi elettrici precedentemente calcolati deve essere confrontata con il consumo di riferimento, per verificare che l'inventario ne abbia coperto almeno il 95%: l'analisi può considerarsi soddisfacente, in quanto la quota di consumo restante risulta pari all' 1%.

	Consumo di riferimento	Consumi calcolati	Altri consumi
Consumo (kWh _e)	90.714	89.816	897
%	100%	99%	1%

Tabella 19: Riepilogo consumi elettrici totali

A partire dall'analisi effettuata è quindi possibile ripartire il consumo elettrico effettivo tra i servizi energetici.

Edificio	Consumo el. Riscaldamento	Consumo el.	Consumo el. Raffrescamento	Consumo el. Illuminazione	TOTALE consumi	Consumo di
----------	---------------------------	-------------	----------------------------	---------------------------	----------------	------------

		acs			calcolati	riferimento
	[kWh el.]	[kWh el.]	[kWh el.]	[kWh el.]	[kWh el.]	[kWh el.]
1	22.520	2.086	5.560	11.417	41.582	-
2	1.300	2.115	0	44.819	48.233	-
Totale	23.820	4.201	5.560	56.235	89.816	90.714
Incidenza %	26%	5%	6%	62%	99%	100%

Tabella 20: Ripartizione consumi elettrici

Dall'analisi emerge come il 62% dei consumi sia imputabile al servizio di illuminazione, il 26% al riscaldamento, il 6% al raffrescamento e il 5% alla produzione di acqua calda sanitaria:

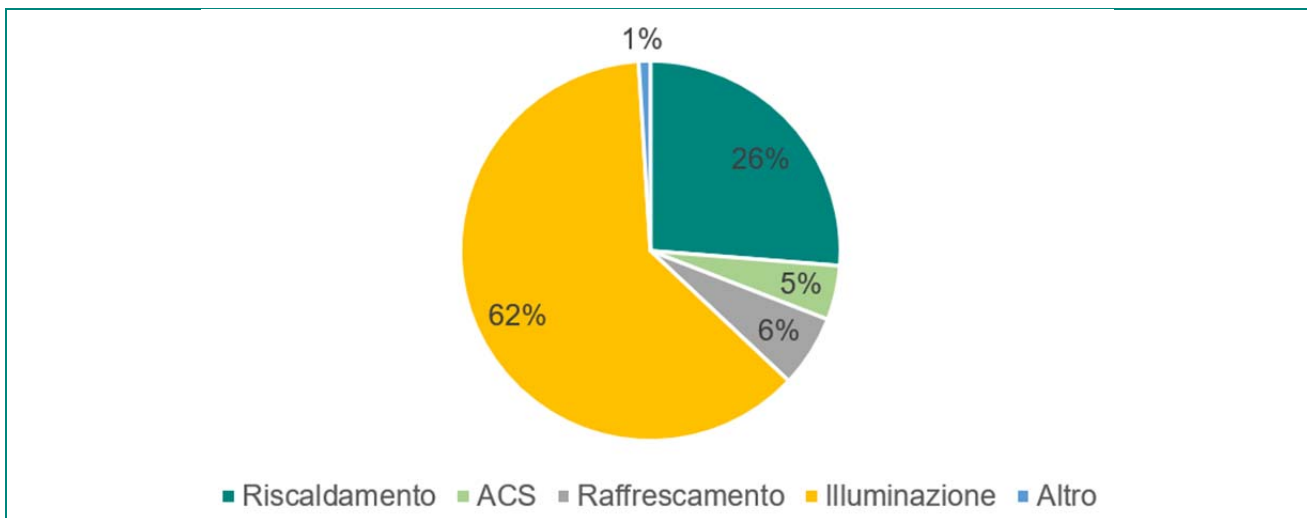


Figura 18 – Grafico a torta per ripartizione consumi elettrici