



Ricerca di Sistema elettrico

Sistema esperto per l'individuazione di interventi di riqualificazione energetica

Giovanni Riva, Roberto Nidasio, Anna Martino

SISTEMA ESPERTO PER L'INDIVIDUAZIONE DI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

G. Riva, R. Nidasio, A. Martino (CTI)

Settembre 2013

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

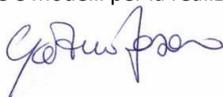
Piano Annuale di Realizzazione 2012

Area: Razionalizzazione e Risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: Sviluppo di modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica sul patrimonio immobiliare pubblico

Obiettivo: Applicabilità di tecnologie innovative e modelli per la realizzazione di interventi di efficienza energetica

Responsabile del Progetto: Gaetano Fasano



Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione *"Realizzazione di un sistema esperto per Amministratori di PA finalizzato alla diagnosi energetica degli edifici"*

Responsabile scientifico ENEA: Gaetano Fasano

Responsabile scientifico CTI: Giovanni Riva

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI	7
2.1 PRIMA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA ESPERTO	7
2.1.1 <i>Dati generali e profilo di utenza</i>	7
1.1.1 <i>Superfici disperdenti opache</i>	11
2.1.2 <i>Superfici disperdenti trasparenti</i>	14
2.1.3 <i>Ponti termici</i>	15
2.1.4 <i>Impianti tecnici</i>	18
2.1.5 <i>Risultati ed analisi degli interventi. Visualizzazione dei dati di consumo e report conclusivo</i>	26
2.1.6 <i>Modalità di calcolo delle comparazioni</i>	29
3 ESEMPI APPLICATIVI.....	31
3.1 CASOLARE DI MONTAGNA DI MODESTA ENTITÀ	31
3.1.1 <i>Descrizione dei componenti tecnologici costituenti l'edificio</i>	35
3.1.1.1 Componenti trasparenti	35
3.1.1.2 Componenti opachi	35
3.1.2 <i>Descrizione delle zone nelle quali è suddiviso l'edificio</i>	36
3.1.2.1 Zone climatizzate	37
3.1.2.2 Zone non climatizzate.....	37
3.1.3 <i>Descrizione degli impianti di riscaldamento e di generazione dell'acqua calda sanitaria</i>	37
3.1.3.1 Impianto di riscaldamento.....	37
3.1.3.2 Impianto di generazione dell'acqua calda sanitaria.....	38
3.1.4 <i>Risultati</i>	39
3.2 PICCOLA PALAZZINA PER UFFICI	42
3.2.1 <i>Descrizione dei componenti tecnologici costituenti l'edificio</i>	45
3.2.1.1 Componenti trasparenti	45
3.2.1.2 Componenti opachi	46
3.2.2 <i>Descrizione delle zone nelle quali è suddiviso l'edificio</i>	47
3.2.3 <i>Descrizione degli impianti di riscaldamento e di generazione dell'acqua calda sanitaria</i>	48
3.2.3.1 Impianto di riscaldamento.....	48
3.2.3.2 Impianto di generazione dell'acqua calda sanitaria.....	48
3.2.4 <i>Risultati</i>	49
CONCLUSIONI	52
4 RACCOMANDAZIONI	52
5 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	53
6 BREVE CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO IMPEGNATO NELL'ATTIVITÀ.....	53
APPENDICE A "DETERMINAZIONE SEMPLIFICATA DELLA TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI OPACHI IN EDIFICI ESISTENTI"	54
APPENDICE B "DETERMINAZIONE SEMPLIFICATA DELLA DEI TRASMITTANZA TERMICA E DEI PARAMETRI TERMICI E SOLARI DEI COMPONENTI TRASPARENTI"	57

Sommario

La ricerca riguarda la realizzazione di un primo sistema esperto mirato all'autodiagnosi energetica degli edifici da parte degli amministratori della Pubblica Amministrazione (PA).

Tale sistema si basa su approcci e metodologie di calcolo semplificate ma sufficientemente precise che richiedono in ingresso un limitato numero di dati input che sono generalmente a disposizione anche di utenti non dotati di un ampio bagaglio di conoscenze tecniche.

Il "sistema esperto", realizzato su un foglio Excel e corredato da un manuale (il presente rapporto), ha lo scopo di promuovere il rinnovamento dei fabbricati (o dei relativi elementi edilizi) e degli impianti di climatizzazione invernale guidandone le scelte tecnico impiantistiche e agevolando la presa di coscienza da parte dell'utente non specializzato sulla materia circa le possibilità di risparmio energetico innescabili con le azioni di recupero dell'edificio o di parti di esso.

Viene quindi fornita all'utente l'opportunità di valutare le prestazioni dell'edificio di interesse in forma particolarmente semplificata allineando, in automatico, le prestazioni energetiche di calcolo anche sulla base dei reali consumi di combustibile ricavabili dalle bollette energetiche.

La procedura di analisi è facilitata anche grazie all'ausilio di messaggi e note a cui è possibile accedere muovendo il cursore sulle celle di inserimento dei dati; tali indicazioni hanno la funzione di assistere l'utente nelle varie scelte consentendo, tra l'altro, la comprensione del significato relativo ai parametri in ingresso.

Le analisi introdotte consentono di acquisire consapevolezza sulle diverse tipologie di riqualificazione energetica e consistono alternativamente in un'analisi rapida e un'analisi più dettagliata. In entrambi i casi si possono valutare graficamente le implicazioni energetiche e ambientali congiuntamente agli effetti delle scelte ed in riferimento ai dati iniziali normalizzati.

Il "valore aggiunto" dello strumento che si propone è quindi quello di rendere più familiare la diagnosi energetica degli edifici e, in ultima analisi, di velocizzare la concreta attuazione di interventi di risparmio energetico. Di fatto, con particolare riferimento alla PA, anche i passi propedeutici richiedono spesso l'avvio di procedure burocratiche e l'impegno di risorse economiche che quasi sempre comportano tempi lunghi di esecuzione e che in questo modo si vogliono evitare.

La presente ricerca di sistema elettrico si basa anche sui risultati di precedenti rapporti ed in particolare sulla *"Definizione di una metodologia per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario"* (Report RdS/2011/143) e sullo *"Sviluppo di un software applicativo per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario"* (Report RdS/2012/110).

1 Introduzione

Il lavoro realizzato all'interno dell'Accordo di Programma riguarda la realizzazione di un primo sistema semplificato di autodiagnosi energetica degli edifici. Tale sistema si imposta su approcci e metodologie di calcolo semplificate che richiedono in ingresso un limitato numero di input normalmente a disposizione anche di utenti non dotati di un bagaglio di conoscenze tecniche.

Con il sistema semplificato di autodiagnosi energetica degli edifici è possibile dunque determinare il fabbisogno di:

- energia termica del fabbricato per la climatizzazione invernale;
- energia primaria per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.



Figura 1 "Schermata di presentazione del foglio di calcolo"

La procedura ha l'obiettivo di essere flessibile ed adattabile all'utenza. Segue la struttura della specifica tecnica UNI/TS 11300 (parti 1 e 2) adottando alcune delle metodologie di calcolo semplificate in essa contenute (maggiori indicazioni sono riportate in Appendice A).

Si fa inoltre riferimento a metodologie semplificate relative all'utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

Il software ha lo scopo di promuovere il rinnovamento dei fabbricati (o dei relativi elementi edilizi) e degli impianti di climatizzazione invernale guidandone le scelte tecnico/impiantistiche e agevolando la presa di coscienza dell'utente circa le possibilità di risparmio energetico innescabili con le azioni di recupero dell'edificio. È possibile individuare e valutare i principali interventi per migliorare le prestazioni energetiche del sistema fabbricato-impianto simulandone l'applicazione. Sono valutabili non solamente le singole azioni, ma anche possibili interventi integrati su più sistemi, in maniera da evidenziare eventuali conflitti o sinergie.

L'applicazione di quanto contenuto in questo rapporto consiste già un primo passo propedeutico all'esecuzione di un'autodiagnosi, in quanto indica le fasi e i principali dati che dovranno essere raccolti dall'utente anche per simulazioni successive maggiormente dettagliate.

Viene data all'utente la possibilità di valutare le prestazioni energetiche dell'edificio di interesse in forma particolarmente semplificata tarando, in automatico, le prestazioni energetiche anche sulla base dei reali consumi energetici (m³ di consumo di gas metano/litri di gasolio).

Il software non permette di realizzare un calcolo preciso ma fornisce solamente indicatori sintetici indicativi sulle possibilità di buona riuscita di eventuali interventi edilizi.

Tra le principali opportunità che offre il software vi è la valutazione in prima approssimazione dell'effetto in termini energetici di diversi tipi di interventi quali:

- diversa regolazione e controllo degli impianti;
- sostituzione del generatore di calore a combustibili fossili (con diverse scelte);
- installazione di una pompa di calore (di diversi tipi, compresa quella geotermica);
- installazione di collettori solari termici;
- installazione di collettori solari fotovoltaici;
- installazione di un cogeneratore;
- incremento dell'isolamento delle pareti verticali e orizzontali;
- incremento dell'isolamento del tetto;
- sostituzione delle superfici trasparenti e/o dei serramenti;
- stampa di un report semplificato;
- messaggi di aiuto per la guida dell'utente nelle varie scelte e manuale rapido d'uso stampabile.

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

2.1 Prima realizzazione di un sistema esperto

Il software consiste in un foglio di calcolo Excel composto dai seguenti fogli:

- 1) Dati generali e profilo di utenza;
- 2) Fabbricato: superfici disperdenti opache;
- 3) Fabbricato: superfici disperdenti trasparenti;
- 4) Fabbricato: ponti termici;
- 5) Impianti tecnici: ventilazione meccanica; acqua calda sanitaria; sistemi di emissione, distribuzione regolazione e generazione;
- 6) Risultati ed analisi degli interventi.

Ad ogni cella viene attribuito un colore con un significato preciso:

Colore cella	Funzione
	Cella con indicazioni o di output. Da non compilare
	Cella da compilare.
	Cella contenente un menù a tendina. Permette la scelta di alcune opzioni tra quelle presentate.
	Titoli dei prospetti di raccolta dei dati

L'utente viene guidato nel percorso attraverso un menù verticale posto sul lato destro.

Nome del progetto		Casolare di campagna		
Località	Milano	<i>Dato necessario</i>		
Destinazione d'uso prevalente	E1 (1) Residenziale	<i>Dato necessario</i>		
Anno di costruzione dell'immobile	1989			
Superficie utile climatizzata (m ²)	262	<i>Dato necessario</i>		
Altezza interpiano (m)	4,10	<i>Dato necessario</i>		
Volume lordo (m ³)	1583			
Nel caso di edificio residenziale indicare la superficie della cucina e del soggiorno	30			

	Periodo di occupazione dell'edificio	Numero di persone medio giornaliero	Temperatura media giornaliera di set point invernale	Giorni di attivazione dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria
	[giorni]	[persone]	[°C]	[giorni]
Gennaio	30	4	20,00	30
Febbraio	30	4	20,00	30
Marzo	30	4	20,00	30
Aprile	30	4	20,00	30
Maggio	30	4		30
Giugno	30	4		30
Luglio	30	4		30
Agosto	30	4		30
Settembre	30	4	20,00	30
Ottobre	30	4	20,00	30
Novembre	30	4	20,00	30
Dicembre	30	4	20,00	30

Menù
1 Dati generali e profilo d'utenza
2 Fabbricato: superfici opache disperdenti
3 Fabbricato: superfici trasparenti disperdenti
4 Ponti termici
5 Ventilazione meccanica Acqua calda sanitaria Emissione Regolazione Generazione Distribuzione Generazione
6

Figura 2 "Schermata relativa alla raccolta dei dati generali e del profilo d'utenza"

2.1.1 Dati generali e profilo di utenza

Foglio 1

La raccolta d'informazioni relative al fabbricato è subordinata alla conoscenza delle modalità di utilizzo da parte degli utenti dell'edificio dell'occupazione, delle attività che vi sono svolte e delle abitudini quotidiane. Tutte queste informazioni sono fondamentali per un calcolo energetico concorde con l'effettiva spesa energetica che gli utenti sostengono; tali dati non sono deducibili da relazioni e dati progettuali. Ricopre dunque un'importanza strategica l'intervista con l'utenza.

Nel foglio in oggetto l'utente dovrà inserire i dati minimi necessari per la descrizione dell'ambiente sottoposto ad autodiagnosi in termini di contesto geografico, climatico e urbano e dunque:

- località (indispensabile per la stima dei dati climatici di riferimento);
- destinazione d'uso prevalente;
- destinazione d'uso specifica;
- anno di costruzione dell'immobile;
- superficie utile climatizzata (m²);
- altezza interpiano (m);
- volume lordo (m³).

Vengono inoltre richiesti dati relativi alla fatturazione energetica. I consumi energetici infatti sono deducibili o dall'acquisizione e lo studio dei dati di contabilizzazione termica (diretta o indiretta, in base alla UNI 10200) eventualmente presente, o dall'acquisizione e lo studio delle fatturazioni sui pagamenti relativi alle forniture energetiche e dei combustibili. Quest'ultime devono tenere in considerazione parecchi fattori, in particolare: la condivisione di un unico punto di fornitura per numerosi edifici, l'utilizzo differenziato di un combustibile per usi finali diversi, i fattori di utilizzo dell'edificio servito, i fattori climatici caratteristici del periodo analizzato, la saltuarietà della fatturazione e molti altri.

Per valutare il profilo di assorbimento dei combustibili occorre associare le spese energetiche della zona soggetta ad indagine alla fatturazione disponibile; questa non sempre si riferisce alla sola zona soggetta ad indagine e non sempre la zona soggetta ad indagine dispone di un'unica fatturazione.

L'individuazione dei consumi reali di combustibile in un certo periodo di tempo può risultare dunque particolarmente complicata, considerato anche che nella fornitura di gas naturale non viene ancora utilizzata la telelettura dei contatori di gas naturale, come invece già avviene per quelli dell'energia elettrica. La società di distribuzione del combustibile è obbligata ad effettuare fisicamente, tramite il personale tecnico, un numero di letture del contatore annuo commisurato in base alla classe di consumo del contatore (due all'anno per piccoli contatori, fino ad una mensile per quelli medio - grandi). Ne consegue che non tutti i consumi presenti in fattura sono reali, ma anzi spesso sono stimati e quindi potrebbero risultare anche fuorvianti poiché non si ha un profilo di assorbimento veritiero: la quantità di combustibile utilizzata viene distribuita uniformemente su tutto il periodo che intercorre tra le due letture, senza possibilità di differenziazione. La tabella con le frequenze delle letture effettive da parte dell'operatore sono stabilite nella Delibera 229/01 dell'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas in funzione del consumo del cliente, tuttavia secondo la delibera ARG/gas 155/08 dell'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas, è stato stabilito un programma per la sostituzione di gran parte degli attuali misuratori presenti con altri gruppi di misura tele gestiti e tele letti da remoto. Per quanto concerne la fornitura di GPL o di gasolio in serbatoi di stoccaggio è molto difficile stabilire un fabbisogno mensile di combustibile corretto: infatti di solito la fornitura di combustibile avviene in modo discontinuo. Occorre quindi prendere nota del livello di riempimento del serbatoio prima di ogni ricarica, e dell'entità della ricarica stessa, nonché dell'intervallo di tempo tra una ricarica ed un'altra. Tale quantità di combustibile assorbito dalla zona soggetta ad indagine va poi diviso per i giorni del periodo di riferimento. In base alla frequenza delle ricariche si avranno dati più o meno precisi.

Le differenze emerse dal confronto degli indicatori di calcolo con quelli "reali" ricavati dalle fatturazioni energetiche consentono di valutare l'accuratezza dei dati inseriti e delle ipotesi assunte.

La base di dati climatici di riferimento utilizzata dal sistema esperto per i calcoli è quella della UNI 10349:1994, per le località di riferimento in essa indicate, non viene consentito all'utente, in questa prima versione del software, la possibilità di modificare tali dati. L'utente può dunque solamente selezionare una delle località presenti in archivio.

Tra i dati richiesti all'utente vi è la temperatura media giornaliera di set point invernale. Tale dato deve rispecchiare l'utilizzo reale dell'edificio per quanto concerne la temperatura standard di regolazione interna

dei locali per il riscaldamento. Tale temperatura dipende dalla destinazione d'uso della zona termica in esame e varia in funzione della categoria dell'edificio; qualora l'utente non sia a conoscenza di tale dato può assumere i valori presenti in normativa come definiti dall'art. 3 del D.P.R. 412/93.

Tabella 1 "Temperatura interna di regolazione per il riscaldamento"

Categoria	destinazione d'uso	Temperatura standard di Set - Point [°C]
E.1(1)	Abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo	20
E.1(2)	Abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria	20
E.1(3)	Edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari	20
E.2	Edifici adibiti a uffici e assimilabili	20
E.3	Edifici adibiti a uffici e assimilabili	20
E.4(1)	Cinema e teatri, sale di riunione per congressi	20
E.4(2)	Mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto	20
E.4(3)	Bar, ristoranti, sale da ballo	20
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili	20
E.6(1)	Piscine, saune e assimilabili	28
E.6(2)	Palestre e assimilabili	18
E.6(3)	Servizi di supporto alle attività sportive	20
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	20
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili	18

Per quanto concerne la valutazione degli apporti termici interni, ovvero calore dovuto alla dissipazione termica di persone e apparecchi all'interno dell'ambiente climatizzato durante la stagione di riscaldamento, il sistema esperto fa riferimento a valori tipici medi della normativa tecnica vigente in riferimento a diverse destinazioni d'uso.

Le sorgenti di energia termica presenti all'interno di uno spazio chiuso sono generalmente dovute a occupanti, acqua sanitaria reflua, apparecchiature elettriche, di illuminazione e di cottura.

Gli apporti interni di calore derivanti dalla presenza di queste sorgenti sono ricavati in funzione della destinazione d'uso dei locali, in base ai valori riportati nei prospetti di seguito:

Tabella 2 "Profili temporali degli apporti termici dagli occupanti e dalle apparecchiature (edifici residenziali)"

Giorni	Ore	Soggiorno e cucina $(\Phi_{\text{Int,Oc}} + \Phi_{\text{Int,A}}) / A_f$ W/m^2	Altre aree climatizzate (es. stanza da letto) $(\Phi_{\text{Int,Oc}} + \Phi_{\text{Int,A}}) / A_f$ W/m^2
Lunedì – Venerdì	07:00 – 17:00	8,0	1,0
	17:00 – 23:00	20,0	1,0
	23:00 – 07:00	2,0	6,0
	Media	9,0	2,67
Sabato – Domenica	07:00 – 17:00	8,0	2,0
	17:00 – 23:00	20,0	4,0
	23:00 – 07:00	2,0	6,0
	Media	9,0	3,83
Media		9,0	3,0

$(\Phi_{\text{Int,Oc}} + \Phi_{\text{Int,A}})$ è il flusso termico dalle persone e dalle apparecchiature, in W;
 A_f è la superficie utile di pavimento.

Tabella 3 “Profili temporali degli apporti termici dagli occupanti e dalle apparecchiature (edifici adibiti ad uffici)”

Giorni	Ore	Ambienti ufficio (60% della superficie utile di pavimento)	Altre stanze, atri, corridoi (40% della superficie utile di pavimento)
		$(\Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A}) / A_f$ W/m ²	$(\Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A}) / A_f$ W/m ²
Lunedì – Venerdì	07:00 – 17:00	20,0	8,0
	17:00 – 23:00	2,0	1,0
	23:00 – 07:00	2,0	1,0
	Media	9,50	3,92
Sabato – Domenica	07:00 – 17:00	2,0	1,0
	17:00 – 23:00	2,0	1,0
	23:00 – 07:00	2,0	1,0
	Media	2,0	1,0
Media		7,4	3,1

$(\Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A})$ è il flusso termico dalle persone e dalle apparecchiature, in W;
 A_f è la superficie utile di pavimento.

Per le categorie di edifici non trattate dai precedenti prospetti, gli apporti termici interni derivanti dalla presenza degli occupanti sono ricavati in funzione della destinazione d’uso dei locali, in base ai valori riportati nel seguente prospetto.

Tabella 4 Apporti termici dagli occupanti; valori globali in funzione della densità di occupazione (edifici non residenziali)

Classe di densità di occupazione	Superficie utile di pavimento per persona m ²	Fattore di simultaneità f_A	Apporto termico medio degli occupanti $\Phi_{int,Oc} / A_f$ W/m ²
I	1,0	0,15	15
II	2,5	0,25	10
III	5,5	0,27	5
IV	14	0,42	3
V	20	0,40	2

$\Phi_{int,Oc}$ è il flusso termico dalle persone, in W;
 A_f è la superficie utile di pavimento.

Tra le varie informazioni richieste dal sistema esperto nelle maschere iniziali vi è la definizione della destinazione d'uso specifica. Tale input si rende necessario per stimare i fabbisogni di energia termica utile per acqua calda sanitaria i quali vengono stimati, per diversa destinazioni d’uso e differenza tra temperatura di erogazione e di immissione, sulla base dei dati di riferimento definiti nei seguenti prospetti.

Tabella 5 “Relazioni e valori di riferimento per la stima dei volumi d’acqua richiesti per il calcolo del fabbisogno giornaliero specifico nel caso di abitazioni”

Superficie utile Su [m ²]	Su <= 35	35 < Su <= 50	50 < Su <= 200	Su > 200
Parametro a [litri/(m ² · giorno)]	0	2,667	1,067	0
Parametro b [litri/giorno]	50	-43,33	36,67	250

S_u è la superficie utile dell’abitazione espressa in metri quadri.
 a e b sono i parametri necessari per la stima del volume di acqua richiesto V_w , espresso in litri/giorno per gli edifici residenziali.
 V_w è infatti pari a $a \times S_u + b$

Per le restanti categorie d'uso viene utilizzato il seguente prospetto:

Tabella 6 “Valori di riferimento per la stima del volume di acqua richiesto per la stima del fabbisogno specifico di acs per destinazioni diverse dalle abitazioni”

Tipologia di attività	a Prospetto 13 UNI/TS 11300-2:2008	Nu
Hotel senza lavanderia (1 stella)	40	numero di letti
Hotel senza lavanderia (2 stella)	50	numero di letti
Hotel senza lavanderia (3 stella)	60	numero di letti
Hotel senza lavanderia (4 stella)	70	numero di letti
Hotel con lavanderia (1 stella)	50	numero di letti
Hotel con lavanderia (2 stella)	60	numero di letti
Hotel con lavanderia (3 stella)	70	numero di letti
Hotel con lavanderia (4 stella)	80	numero di letti
Altre attività ricettive diverse dalle precedenti	28	numero di letti
Attività ospedaliera day hospital	10	numero di letti
Attività ospedaliera con pernottamento e lavanderia	90	numero di letti
Scuole materne e asili nido	15	numero di bambini
Attività sportive/palestre	100	numero di docce installate
Uffici	0,2	-
Ristoranti	10	numero di ospiti per numero di pasti
Catering e self service	4	numero di ospiti per numero di pasti

S_u è la superficie utile dell'abitazione espressa in metri quadri.

a e b sono i parametri necessari per la stima del volume di acqua richiesto V_w , espresso in litri/giorno per gli edifici residenziali.

V_w è infatti pari a $a \times N_u$

2.1.2 Superfici disperdenti opache

Foglio 2 – Prospetto 0

Viene chiesto all'utente di selezionare nei menù a tendina, le diverse opzioni presentate, in relazione alle seguenti alternative:

- intonaci (gesso, malta);
- isolamento (interno, assente, esterno);
- tipologia di pareti esterne (leggere/blocchi, medie, pesanti);
- tipologia di pavimenti (tessile, legno, piastrelle);
- numero di piani;
- area di eventuali divisori orizzontali (solai);

Tali input servono per una determinazione semplificata della capacità termica interna dell'ambiente che viene sottoposto ad autodiagnosi energetica.

Tabella 7 “maschera relativa all'immissione dei dati per la stima della capacità termica interna”.

0	Intonaci	Malta
	Isolamento	Gesso
	Pareti esterne	Malta
	Pavimenti	leggere/blocchi
	Numero di piani	tessile
	Area di eventuali divisori orizzontali (solai)	2
		100

Il sistema esperto desume i valori di capacità termica in relazione alle scelte dell'utente estrapolando in automatico i dati dal seguente prospetto:

Tabella 8 “Capacità termica per unità di superficie dell’involucro di tutti gli ambienti climatizzati (inclusi i divisori interni orizzontali) [kJ/(m² x K)]”

Intonaci	Caratteristiche costruttive dei componenti edilizi			Numero di piani		
	Isolamento	Pareti esterne	Pavimenti	1	2	≥3
				Capacità termica areica		
gesso	interno ^{a)}	qualsiasi	tessile	75	75	85
	interno ^{a)}	qualsiasi	legno	85	95	105
	interno	qualsiasi	piastrelle	95	105	115
	assente/esterno	leggere/blocchi	tessile	95	95	95
	assente/esterno	medie/pesanti	tessile	105	95	95
	assente/esterno	leggere/blocchi	legno	115	115	115
	assente/esterno	medie/pesanti	legno	115	125	125
	assente/esterno	leggere/blocchi	piastrelle	115	125	135
malta	interno ^{a)}	qualsiasi	tessile	105	105	105
	interno ^{a)}	qualsiasi	legno	115	125	135
	interno ^{a)}	qualsiasi	piastrelle	125	135	135
	assente/esterno	leggere/blocchi	tessile	125	125	115
	assente/esterno	medie	tessile	135	135	125
	assente/esterno	pesanti	tessile	145	135	125
	assente/esterno	leggere/blocchi	legno	145	145	145
	assente/esterno	medie	legno	155	155	155
	assente/esterno	pesanti	legno	165	165	165
	assente/esterno	leggere/blocchi	piastrelle	145	155	155
	assente/esterno	medie	piastrelle	155	165	165
	assente/esterno	pesanti	piastrelle	165	165	165

a) Isolamento interno = posto sul lato interno del componente.

I prospetti successivi raccolgono informazioni relativamente ai seguenti elementi edilizi:

- componenti verticali (pareti);
- componenti verticali (porte);
- superfici disperdenti opache superiori;
- superfici disperdenti opache inferiori.

Per ognuna delle categorie indicate, il software chiede, tramite menù a tendina, l'immissione di informazioni relative all'eventuale presenza di isolamento termico nella struttura. Il foglio di calcolo riesce infatti a stimare un valore di trasmittanza termica in base alla tipologia di superficie opaca (tecnologia), dello spessore e della presenza o meno di isolante. La stima qualitativa dei valori di trasmittanza termica diviene necessaria poiché, spesso, la valutazione energetica degli edifici esistenti risulta complicata a causa della mancanza di informazioni relative alle stratigrafie dei componenti di involucro e delle proprietà termofisiche dei materiali.

Il valore di trasmittanza termica costituisce indicazione di riferimento per la valutazione delle prestazioni termiche di componenti opachi dell'involucro di edifici esistenti, in assenza di informazioni più dettagliate sui materiali componenti la struttura.

Nel caso in cui l'utente sia in possesso di dati, ritenuti dallo stesso più attendibili, il programma permette anche l'inserimento di tali informazioni.

Le maschere grafiche prevedono inoltre che l'utente inserisca le seguenti informazioni:

- orientamento principale;
- area della superficie disperdente;
- confine (informazione da selezionare tramite menù a tendina).

Tabella 9 “Maschera relativa all’inserimento dei dati relativi alle superfici opache disperdenti del fabbricato edilizio”

Componenti verticali - PARETI					
Le pareti sono isolate?		No			
Tipo	Parametro	Caratteristica	Orientamento	Superficie [m ²]	Colore superficie
1	Superficie disperdente	TRASMITTANZA NOTA	Sud	91,58	Scuro
	Spessore [cm]	40			
	Trasmittanza nota [W/m ² K]	0,70			
	Trasmittanza non nota [W/m ² K]	Valore noto			
	Confine	Esterno			
Tipo	Parametro	Caratteristica	Orientamento	Superficie [m ²]	Colore superficie
2	Superficie disperdente	TRASMITTANZA NOTA	Est	91,65	Scuro
	Spessore [cm]	40			
	Trasmittanza nota [W/m ² K]	0,70			
	Trasmittanza non nota [W/m ² K]	Valore noto			
	Confine	Esterno			
Tipo	Parametro	Caratteristica	Orientamento	Superficie [m ²]	Colore superficie
3	Superficie disperdente	TRASMITTANZA NOTA	Nord	87,03	Scuro
	Spessore [cm]	40			
	Trasmittanza nota [W/m ² K]	0,70			
	Trasmittanza non nota [W/m ² K]	Valore noto			
	Confine	Esterno			
Tipo	Parametro	Caratteristica	Orientamento	Superficie [m ²]	Colore superficie
4	Superficie disperdente	TRASMITTANZA NOTA	Ovest	87,43	Scuro
	Spessore [cm]	40			
	Trasmittanza nota [W/m ² K]	1,00			
	Trasmittanza non nota [W/m ² K]	Valore noto			
	Confine	Esterno			

3
Fabbricato: superfici trasparenti disperdenti

4
Ponti termici

5
Ventilazione meccanica
Acqua calda sanitaria
Emissione
Regolazione
Generazione
Distribuzione
Generazione

6
Risultati e analisi degli interventi



Il software estrapola i fattori $b_{tr,x}$ di correzione dello scambio termico tra ambiente climatizzato e non climatizzato (fattore diverso da 1 nel caso in cui la temperatura dell’ambiente non climatizzato sia diversa dall’esterno) dai prospetti riportati di seguito.

Tabella 10 “Fattore di correzione $b_{tr,x}$, utilizzati dal sistema esperto”

Ambiente confinante	$b_{tr,x}$
Ambiente	
- con una parete esterna	0,4
- senza serramenti esterni e con almeno due pareti esterne	0,5
- con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne (per esempio autorimesse)	0,6
- con tre pareti esterne (per esempio vani scala esterni)	0,8
Piano interrato o seminterrato	
- senza finestre o serramenti esterni	0,5
- con finestre o serramenti esterni	0,8
Sottotetto	
- tasso di ventilazione del sottotetto elevato (per esempio tetti ricoperti con tegole o altri materiali di copertura discontinua) senza rivestimento con feltro o assito	1,0
- altro tetto non isolato	0,9
- tetto isolato	0,7
Aree interne di circolazione (senza muri esterni e con tasso di ricambio d'aria inferiore a 0,5 h ⁻¹)	0,0
Aree interne di circolazione liberamente ventilate (rapporto tra l'area delle aperture e volume dell'ambiente maggiore di 0,005 m ² /m ³)	1,0

Nel caso di elementi edilizi a contatto con il terreno, il sistema esperto stima lo scambio termico verso il terreno applicando i fattori di correzione indicati nel prospetto seguente:

Tabella 11 “Fattore di correzione”

Ambiente confinante	$b_{tr,g}$
Pavimento controterra	0,45
Parete controterra	0,45
Pavimento su vespaio aerato	0,80

2.1.3 Superfici disperdenti trasparenti

Foglio 3

Viene previsto per ogni componente trasparente l’inserimento delle seguenti informazioni:

- 1) tipo di telaio (da menù a tendina);
- 2) tipo di vetro (da menù a tendina);
- 3) vetro (da menù a tendina);
- 4) emissività del vetro (da menù a tendina);
- 5) tipo di gas presente nell’intercapedine (da menù a tendina);
- 6) dimensioni [mm] (da menù a tendina);
- 7) tipologia di chiusura (da menù a tendina);
- 8) presenza di tende (da menù a tendina);
- 9) posizione della tenda (da menù a tendina)

Tali informazioni vengono utilizzate dal software per stimare la trasmittanza termica e solare dei componenti trasparenti dell’involucro edilizio, stimare l’effetto delle chiusure oscuranti, consentire la valutazione degli apporti termici solari tenendo anche conto dell’effetto di eventuali schermature mobili presenti.

I valori di riferimento sono riportate nelle appendici e precisamente nelle seguenti tabelle:

- Tabella 86 “Trasmittanza termica di vetrate verticali doppie e triple riempite con diversi gas [W/(m²K)]
- Tabella 87 “Trasmittanza termica di telai per finestre, porte e porte finestre”
- Tabella 88 “Trasmittanza termica di finestre con percentuale dell’area di telaio pari al 20% dell’area dell’intera finestra”
- Tabella 89 “Resistenza termica addizionale per finestre con chiusure oscuranti”
- Tabella 90 “Trasmittanza di energia solare totale g_{gl,n} di alcuni tipi di vetro”
- Tabella 91 “Fattori di riduzione per alcuni tipi di tenda”

Tabella 12 “Maschera relativa all’inserimento dei dati relativi alle superfici trasparenti disperdenti del fabbricato edilizio”

Componenti trasparenti							Menù	
Tipo	Parametro	Caratteristica	Orientamento	Lato 1 [m]	Lato 2 [m]	Numero		
1	Tipo di telaio	Legno duro spessore 70 mm	Sud	1,10	1,90	5	1	
	Tipo di vetro	Poliuretano con anima di metallo e spessore di PUR 5 mm					Dati generali e profilo d'utenza	
	Vetro	PVC - profilo vuoto con due camere cave					2	
	Emissività	PVC - profilo vuoto con tre camere cave					Fabbricato: superfici opache disperdenti	
	Tipo di gas nell’intercapedine	Legno duro spessore 70 mm					3	
	Dimensioni [mm]	Legno tenero spessore 70 mm					Fabbricato: superfici trasparenti disperdenti	
	Chiusura	Metallo con taglio termico distanza minima di 20 mm tra sezioni opposte di metallo					4	
	Presenza di Tende	Chiusure avvolgibili in alluminio					Ponti termici	
	Posizione della tenda	TENDE BIANCHE con 0,1 di assorbimento e 0,9 di trasmissione					5	
2	Tipo di telaio	Legno duro spessore 70 mm	Sud	1,10	1,90	4	Ventilazione meccanica	
	Tipo di vetro	Vetrata singola					Acqua calda sanitaria	
	Vetro	Vetro normale					Emissione	
	Emissività	0,89					Regolazione	
	Tipo di gas nell’intercapedine	-					Generazione	
	Dimensioni [mm]	-					Distribuzione	
	Chiusura	NESSUNA					Generazione	
	Presenza di Tende	TESSUTI COLORATI con 0,3 di assorbimento e 0,3 di trasmissione						
	Posizione della tenda	Tenda esterna						

Nella stima della trasmittanza termica delle finestre il software assume una percentuale dell’area di telaio pari al 20% dell’area dell’intera finestra. Il programma consente l’inserimento di un numero, limitato a 6, di diverse strutture trasparenti. Per ognuna di queste l’utente deve tra l’altro specificare:

- 1) orientamento principale;
- 2) dimensioni;
- 3) numero.

2.1.4 Ponti termici

Foglio 4

Nonostante il foglio di calcolo ha la caratteristica di essere estremamente semplificato, tra i dati richiesti vi è ugualmente la definizione degli eventuali ponti termici presenti nell'involucro del fabbricato edilizio. I ponti termici infatti, sono abitualmente presenti in alcune posizioni dell'involucro edilizio di seguito sintetizzate:

- nelle giunzioni tra elementi di involucro esterni (angoli di pareri, parete del tetto, parete di pavimento);
- nelle giunzioni tra pareti interne con pareti esterne e tetti;
- nelle giunzioni tra pavimenti intermedi con pareti esterne;
- nei pilastri nelle pareti esterne;
- in prossimità di porte e finestre.

Le possibili valutazioni offerte, per la valutazione dei coefficienti di trasmissione lineare dei ponti termici, sono tre:

- 1) Valutazione forfettaria con maggiorazioni percentuali delle dispersioni termiche della parete opaca (comprensiva dei serramenti);
- 2) secondo UNI EN ISO 14683 (il programma tramite le scelte dell'utente riesce a determinare un coefficiente di trasmissione termica lineare);
- 3) imputazione di un coefficiente di trasmissione termica lineare definito dall'utente (da abachi o calcoli dettagliati).

Per quanto concerne la valutazione forfettaria con maggiorazione percentuale di cui al punto 1) il sistema esperto utilizza i coefficienti di maggiorazione¹ riportati di seguito:

Tabella 13 "Maggiorazioni percentuali relative alla presenza dei ponti termici [%]"

Descrizione della struttura	Maggiorazione
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) senza aggetti/balconi e ponti termici corretti	5
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) con aggetti/balconi	15
Parete omogenea in mattoni pieni o in pietra (senza isolante)	5
Parete a cassa vuota con mattoni forati (senza isolante)	10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico corretto)	10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico non corretto)	20
Pannello prefabbricato in calcestruzzo con pannello isolante all'interno	30

Il sistema esperto determina i valori di trasmittanza termica lineare applicando l'Appendice A della UNI EN ISO 14683. Tali valori, assunti come riferimento, sono calcolati sulla base di una modellazione bidimensionale secondo la UNI EN ISO 10211. Rappresentano gli effetti massimi relativi agli scambi termici dei ponti termici. Il programma assume, in automatico, valori di riferimento di trasmittanza termica lineica determinati utilizzando le dimensioni interne (misurate tra le facce interne finite di ogni ambiente, escluso quindi lo spessore delle partizioni interne).

Vengono richieste le seguenti informazioni:

- 4) caratteristiche delle pareti e della copertura;
- 5) trasmittanza termica lineare nota [W/m^2K] (dato da inserire nel caso si abbiano dati di progetto);
- 6) trasmittanza termica lineare non nota [W/m^2K] (è la trasmittanza come stimata dal foglio di calcolo in base alle scelte operate dall'utente);
- 7) confine dell'elemento edilizio (dato da scegliere tramite menù a tendina);

¹ Le maggiorazioni si applicano alle dispersioni della parete opaca e tengono conto anche dei ponti termici relativi ai serramenti.

- 8) il ponte termico è interamente attribuibile alla zona? (da indicare nei casi in cui il ponte termico si riferisca ad un giunto compreso tra due strutture che coinvolgono due zone termiche diverse. In tal caso il valore della trasmittanza termica lineica, dedotto dalla UNI EN ISO 14683, sarà ripartito tra le due zone interessate).

Viene dunque richiesta all'utente, la definizione delle caratteristiche dei ponti termici per i seguenti segmenti del fabbricato:

- 1) Coperture;
- 2) Balconi;
- 3) Angoli;
- 4) Solai intermedi;
- 5) Pareti interne;
- 6) Pavimenti con soletta su terreno;
- 7) Pavimenti con soletta sospesa su terreno;
- 8) Pilastrini
- 9) Finestre e porte.

I valori di riferimento vengono desunti dai seguenti prospetti semplificati.

Tabella 14 "Valori di riferimento della trasmittanza termica lineica riferiti a tetti e coperture"

	Parete alta sino al livello della copertura [W/mK]	Parete che prosegue oltre al livello della copertura [W/mK]
Coperture		
Parete con isolante posto sul lato esterno alla parete	0,75	0,8
Parete con isolante all'interno della parete	0,75	0,7
Parete con isolante posto sul lato interno della parete	0,75	0,85
Parete leggera (muratura leggera e parete intelaiata)	0,65	0,7

Tabella 15 "Valori di riferimento della trasmittanza termica lineica riferiti alla presenza di balconi nelle pareti"

Balconi	[W/mK]
Parete con isolante sul lato esterno alla parete	1,05
Parete con isolante all'interno della parete	1,05
Parete con isolante sul lato interno della parete	1
Parete leggera (muratura leggera e parete intelaiata)	0,8

Tabella 16 "Valori di riferimento della trasmittanza termica lineica riferiti alla presenza di discontinuità di forma dovuta agli angoli"

Angoli	Spigolo uscente [W/mK]	Spigolo entrante [W/mK]
Parete con isolante sul lato esterno alla parete	0,15	-0,15
Parete con isolante all'interno della parete	0,1	-0,1
Parete con isolante sul lato interno della parete	0,05	-0,05
Parete leggera (muratura leggera e parete intelaiata)	0,1	-0,1

Tabella 17 "Valori di riferimento della trasmittanza termica lineica riferiti alla presenza di solai intermedi"

Solette con pavimenti intermedi	Soletta senza isolamento [W/mK]	Soletta con isolamento verticale su fascia marcapiano [W/mK]	Soletta con isolamento orizzontale sia sul lato interno che esterno [W/mK]
Parete con isolante sul lato esterno alla parete	0,1	ND	ND
Parete con isolante all'interno della parete	1,05	0,65	1
Parete con isolante sul lato interno della parete	1	0,8	0,6

Solette con pavimenti intermedi	Soletta senza isolamento [W/mK]	Soletta con isolamento verticale su fascia marcapiano [W/mK]	Soletta con isolamento orizzontale sia sul lato interno che esterno [W/mK]
Parete leggera (muratura leggera e parete intelaiata)	0,8	ND	ND

Tabella 18 “Valori di riferimento della trasmittanza termica lineica riferiti alla presenza di pareti interne”

Pareti interne	[W/mK]
Parete con isolante sul lato esterno alla parete	0,1
Parete con isolante interno alla parete con interruzione dell'isolante da parte della parete interna	1,05
Parete con isolante interno alla parete senza interruzione dell'isolante da parte della parete interna	0,1
Parete con isolante sul lato interno della parete	1,0
Parete leggera (muratura leggera e parete intelaiata)	0,2

Tabella 19 “Valori di riferimento della trasmittanza termica lineica riferiti alla presenza di pavimenti controterra”

Pavimento con soletta su terreno	Isolante della soletta verso il terreno [W/mK]	Isolante della soletta verso l'ambiente climatizzato. [W/mK]
Parete con isolante sul lato esterno alla parete	0,8	0,75
Parete con isolante all'interno della parete	0,75	0,6
Parete con isolante sul lato interno della parete	N.D.	0,1
Parete senza isolante	0,7	N.D.
Parete leggera (muratura leggera e parete intelaiata)	0,65	0,2

Tabella 20 “Valori di riferimento della trasmittanza termica lineica riferiti alla presenza di pavimenti con soletta sospesa su terreno”

Pavimenti con soletta sospesa su terreno	Isolante della soletta verso il terreno [W/mK]	Isolante della soletta verso l'ambiente [W/mK]
Parete con isolante sul lato esterno alla parete	0,95	0,8
Parete con isolante all'interno della parete	0,85	0,65
Parete con isolante sul lato interno della parete	0,75	0,1
Parete leggera (muratura leggera e parete intelaiata)	0,7	0,2

Tabella 21 “Valori di riferimento della trasmittanza termica lineica riferiti alla presenza sulla facciata di pilastri”

Pilastri	[W/mK]
Parete con isolante sul lato esterno alla parete	1,3
Parete con isolante interno alla parete	1,2
Parete con isolante sul lato interno della parete	1,15
Parete leggera (muratura leggera e parete intelaiata)	0,9

Tabella 22 “Valori di riferimento della trasmittanza termica lineica riferiti alla presenza sulla facciata di aperture”

Aperture	Telaio posto nella mezzera dello stipite [W/mK]	Telaio posto sul lato esterno dello stipite [W/mK]
Parete con isolante sul lato esterno alla parete	0,45	0
Parete con isolante interno alla parete	1	1
Parete con isolante sul lato interno della parete	0,6	0,8
Parete leggera (muratura leggera e parete intelaiata)	0,1	0,15



Figura 3 “Maschera relativa all’immissione dei dati per quanto concerne l’individuazione dei ponti termici”

2.1.5 Impianti tecnici

Foglio 5

In tale sezione vengono affrontati i seguenti punti:

Ventilazione:

- Aerazione o ventilazione naturale: il foglio di calcolo considera automaticamente un tasso di ricambio d'aria pari a 0,3 vol/h. Si è scelta l’assunzione rigorosa di tale riferimento, poiché si ritiene che, tale informazione, per l’utente non sia di facile determinazione;
- ventilazione meccanica: vi è la possibilità di scelta tra ventilazione a semplice flusso (aspirazione) e ventilazione meccanica a doppio flusso.

All’utente viene richiesto, per locale, di inserire gli indici di affollamento (persone/m²), il fattore di efficienza dell'eventuale recuperatore di calore dell'aria e i volumi coinvolti nel calcolo delle portate di ventilazione meccanica.

Produzione di acqua calda sanitaria

Per questioni di semplicità ed economia delle operazioni di autodiagnosi energetica, la valutazione del bilancio termico dei vari sottosistemi viene effettuato sulla base di valori di riferimento pre - calcolati.

L’utente dovrà disporre delle seguenti informazioni:

- tipologia di sistema di distribuzione (data dell’installazione: prima o dopo dell'entrata in vigore della legge 373/76);
- tipo di apparecchio generatore (generatore a gas di tipo istantaneo per sola produzione di acqua calda sanitaria; generatore a gas ad accumulo per sola produzione di acqua calda sanitaria; bollitore ad accumulo a fuoco diretto);
- versione dell’apparecchio;
- produzione di ACS (separata o combinata all’impianto di riscaldamento);

La selezione delle opzioni presentate, e la compilazione delle maschere disponibili nel foglio 1, consente al sistema di determinare il rendimento di generazione stagionale e di determinare, per tale sistema, la quota di energia primaria.

Si è scelto di standardizzare gli input e gli output della procedura di calcolo, in modo da ottenere un comune riferimento metodologico per il bilancio energetico degli impianti.

Il sistema esperto determina i coefficienti di perdita e di recupero dalla rete di distribuzione dell'acs, in base alle selezioni dell'utente, per estrapolazione, dal seguente prospetto. Le relazioni di calcolo utilizzate sono quelle della UNI/TS 11300-2.

La temperatura di erogazione dell'acqua T_{er} è funzione dell'utenza. In riferimento alla UNI/TS 11300-2:2008, convenzionalmente ci si riferisce ad una temperatura di erogazione di 40°C e ad una temperatura di ingresso di 15°C. Il salto termico di riferimento è quindi di 25 K.

Tabella 23 "Valore di rendimento di erogazione"

Rendimento di erogazione	0,95
--------------------------	------

Il sistema esperto assume le perdite di erogazione considerandole tutte non recuperabili.

Tabella 24 "Coefficienti di perdita e di recupero dalla rete di distribuzione dell'acs per la stima della perdita delle tubazioni di distribuzione dell'acqua calda sanitaria."

Tipologia del sistema di distribuzione	Coefficiente di perdita $f_{l,w,d}$	Coefficiente di recupero $f_{rh,w,d}$
Sistemi installati prima dell'entrata in vigore della legge 373/76	0,12	0,5
Sistemi installati dopo l'entrata in vigore della legge 373/76 con rete di distribuzione corrente solo parzialmente in ambiente climatizzato	0,08	0,5
Sistemi installati dopo l'entrata in vigore della legge 373/76 con rete di distribuzione corrente totalmente in ambiente climatizzato	0,08	0,9

Il sistema esperto assume l'assenza di ricircolo.

Tabella 25 "Rendimenti convenzionali di generazione degli scaldacqua con sorgente interna di calore"

Tipo di apparecchio di generazione	Versione	Rendimento * istantaneo (%)	Rendimento * Stagionale (%)
Generatore a gas di tipo istantaneo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	75	45
	Tipo B senza pilota	85	77
	Tipo C senza pilota	88	80
Generatore a gas ad accumulo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	75	40
	Tipo B senza pilota	85	72
	Tipo C senza pilota	88	75
Bollitore elettrico ad accumulo	-	95	75 **
Bollitori ad accumulo a fuoco diretto	A camera aperta	84	70
	A condensazione	98	90

* I dati di rendimento riportati possono essere utilizzati in mancanza di dati forniti dal fabbricante dell'apparecchio.

**Ai fini del calcolo dell'energia primaria, il fabbisogno di energia deve essere considerato tra i fabbisogni elettrici, applicando il relativo fattore di conversione.

I rendimenti forniti dal prospetto tengono già conto, per gli apparecchi ad accumulo, della perdita di accumulo, valutata pari a circa il 10%.

Sottosistema di emissione

In base alla tipologia di terminale selezionato dall'utente, ed all'altezza dei locali, il sistema è in grado di determinare il rendimento del sottosistema di emissione. Il rendimento termico non considera i consumi elettrici. Il sistema estrapola i rendimenti di emissione, in automatico, a partire dai seguenti prospetti.

Tabella 26 “Rendimenti di emissione per locali con altezza fino a 4 m”

Tipologia di terminale	Carico termico medio annuo ^{a)} [W/m ³]		
	≤ 4	4-10	>10
Radiatori su parete esterna isolata (*)	0,98	0,97	0,95
Radiatori su parete interna	0,96	0,95	0,92
Ventilconvettori (**) (valori riferiti a t _{B,mediaB} acqua = 45°C)	0,96	0,95	0,94
Termoconvettori	0,94	0,93	0,92
Bocchette in sistemi ad aria calda (***)	0,94	0,92	0,90
Pannelli annegati a pavimento	0,99	0,98	0,97
Pannelli annegati a soffitto	0,97	0,95	0,93
Pannelli a parete	0,97	0,95	0,93

* Il rendimento indicato è riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua minore o uguale a 55°C. Per temperatura di mandata dell'acqua di 85°C il rendimento decrementa di 0,02 e per temperature di mandata comprese tra 55 e 85 °C si interpola linearmente.
Per parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01. In presenza di parete esterna non isolata ($U > 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) si riduce il rendimento di 0,04.

** I consumi elettrici non sono considerati e devono essere calcolati separatamente.

*** Per quanto riguarda i sistemi di riscaldamento ad aria calda i valori si riferiscono a impianti con:

- griglie di ripresa dell'aria posizionate ad un'altezza non maggiore di 2,00 m rispetto al livello del pavimento;
- bocchette o diffusori correttamente dimensionati in relazione alla portata e alle caratteristiche del locale;
- corrette condizioni di funzionamento (generatore di taglia adeguata, corretto dimensionamento della portata di aspirazione);
- buona tenuta all'aria dell'involucro e della copertura.

Tabella 27 “Rendimenti di emissione per locali con altezza maggiore di 4 metri”

Descrizione	Carico termico (W/m ^{3P})								
	<4			4 - 10			>10		
	Altezza del locale								
	6	10	14	6	10	14	6	10	14
Generatore d'aria calda singolo a basamento o pensile	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91
Aerotermini ad acqua	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,90
Generatore d'aria calda singolo pensile a condensazione	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92
Strisce radianti ad acqua, a vapore, a fuoco diretto	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95
Riscaldatori ad infrarossi	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,94
Pannelli a pavimento annegati (*)	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95
Pannelli a pavimento (isolati)	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95

(*) I dati forniti non tengono conto delle perdite di calore non recuperate dal pavimento verso il terreno; queste perdite devono essere calcolate separatamente ed utilizzate per adeguare il valore del rendimento.

Sottosistema di regolazione

La qualità della regolazione dipende dalle caratteristiche del sistema di controllo, dalla tipologia e dal posizionamento dei sensori e dalle caratteristiche dell'impianto di climatizzazione invernale. Un buon sistema di controllo dovrebbe sfruttare al meglio gli apporti gratuiti interni (per persone, apporti solari, apparecchiature) ed adattare di conseguenza il punto di funzionamento dell'impianto.

Per questioni di semplicità ed economia delle operazioni di autodiagnosi energetica la valutazione del bilancio termico dei sottosistemi di regolazione viene effettuato sulla base di valori di riferimento pre-calcolati del rendimento termico di emissione riportati nel prospetto 20 della UNI/TS 11300-2:2008 ed opportunamente adattati.

Tipo di regolazione	Caratteristiche della regolazione	Sistemi a bassa inerzia termica	Sistemi ad elevata inerzia termica	
		Radiatori, convettori, strisce radianti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	Pannelli annessi nelle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente
Solo Climatica (compensazione con sonda esterna) $K - (0,6 \eta_{\mu} \gamma)$		K = 1	K = 0,98	K = 0,94
Solo di zona	On-off	0,93	0,91	0,87
	P banda prop. 2 °C	0,94	0,92	0,88
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
Solo per singolo ambiente	On off	0,94	0,92	0,88
	P banda prop. 2 °C	0,95	0,93	0,89
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,95	0,91
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,96	0,92
	PI o PID	0,99	0,97	0,93
Zona + climatica	On off	0,96	0,94	0,92
	P banda prop. 2 °C	0,96	0,95	0,93
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,97	0,95
	PI o PID	0,995	0,98	0,96
Per singolo ambiente + climatica	On off	0,97	0,95	0,93
	P banda prop. 2 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	PI o PID	0,995	0,99	0,97

Il sistema, in funzione del tipo e delle caratteristiche della regolazione e della tipologia di terminali, è in grado di determinare il rendimento del sottosistema di regolazione.

Sottosistema di distribuzione

Anche in questo caso si fa riferimento ai valori di riferimento pre - calcolati del rendimento termico di emissione riportati nel prospetto 21 della UNI/TS 11300-2:2008 ed opportunamente adattati. Il sistema non prevede recuperi termici delle pompe di distribuzione.

I dati da richiesti dalla maschera sono i seguenti:

- tipologia di impianto (Impianto autonomo, Impianto centralizzato a distribuzione orizzontale, Impianto centralizzato con montanti di distribuzione in traccia nei paramenti esterni. Isolamento secondo L.10/91, Impianto centralizzato con montanti di distribuzione in traccia nei paramenti esterni o nell'intercapedine. Isolamento leggero, Impianto centralizzato con montanti di distribuzione correnti nell'intercapedine. Senza isolamento. Periodo di costruzione prima del 1976);
- numero di piani dell'edificio;
- condizioni di isolamento delle tubazioni;
- tipologia di terminali installati;
- potenza elettrica delle pompa [W];
- fattore di carico della pompa;
- modalità di funzionamento della pompa.

Il sistema estrapola i rendimenti di distribuzione, in automatico, a partire dai prospetti riportati di seguito.

I valori dei prospetti si riferiscono a distribuzione con temperatura variabile, con temperature di mandata e ritorno di progetto di 80°/60°C.

Il sistema esperto considera i seguenti livelli di isolamento:

- A. Isolamento con spessori conformi alle prescrizioni del DPR 412/93;
- B. Isolamento discreto, di spessore non necessariamente conforme alle prescrizioni del DPR 412/93, ma eseguito con cura e protetto da uno strato di gesso, plastica o alluminio;
- C. Isolamento medio, con materiali vari (mussola di cotone, coppelle) non fissati stabilmente da uno strato protettivo;
- D. Isolamento insufficiente, gravemente deteriorato o inesistente;
- E. Isolamento scadente o inesistente in impianti realizzati precedentemente all'entrata in vigore del DPR 412/93 (per esempio tubo preisolato con spessore ridotto o tubo nudo inserito in tubo corrugato).

Tabella 28 "Impianti di riscaldamento autonomi"

Impianti autonomi con generatore unifamiliare in edificio condominiale		
I valori sono applicabili solo qualora le tubazioni corrano interamente all'interno della zona riscaldata, come nel caso di generatore interno all'appartamento	Isolamento della rete di distribuzione orizzontale	
	A	E
Impianto autonomo a piano intermedio	0,99	0,99
Impianto autonomo a piano terreno su ambienti non riscaldati con distribuzione monotubo	0,96	0,95
Impianto autonomo a piano terreno su ambienti non riscaldati con distribuzione a collettori	0,94	0,93

Tabella 29 "Impianti autonomi in edificio singolo (1 piano)"

Impianti autonomi in edificio singolo (1 piano)	Isolamento della rete di distribuzione orizzontale			
	A	B	C	D
Tubazioni correnti nel cantinato in vista	0,964	0,95	0,92	0,873
Tubazioni incassate a pavimento con distribuzione monotubo	0,975	0,965	0,955	0,935
Tubazioni incassate a pavimento con distribuzione a collettori	0,97	0,96	0,94	0,92

Tabella 30 "Impianti di riscaldamento a zone con distribuzione orizzontale, alimentati da montanti verticali (correnti solitamente nel vano scale)"

Impianti di riscaldamento a zone con distribuzione orizzontale, alimentati da montanti verticali (correnti solitamente nel vano scale)		
Impianti unifamiliari a zone in edificio condominiale I valori sono riferiti alla porzione di impianto completamente interna all'appartamento.	Isolamento della rete di distribuzione orizzontale	
	A	E
Impianto a zone al piano intermedio	0,99	0,99
Impianto a zone al piano terreno su locali non riscaldati con distribuzione monotubo	0,96	0,95
Impianto a zone al piano terreno su locali non riscaldati con distribuzione a collettori	0,94	0,93

Tabella 31 “Impianti di riscaldamento centralizzati tradizionali a montanti (comuni a più unità immobiliari) alimentati da distribuzione orizzontale (corrente solitamente a soffitto del piano cantinato). Distribuzione orizzontale nel cantinato - Montanti non isolati correnti nell’intercapedine dei muri esterni”

Impianti di riscaldamento centralizzati tradizionali a montanti (comuni a più unità immobiliari) alimentati da distribuzione orizzontale (corrente solitamente a soffitto del piano cantinato)				
Distribuzione orizzontale nel cantinato - Montanti non isolati correnti nell’intercapedine dei muri esterni				
Altezza edificio	Isolamento distribuzione orizzontale			
	A	B	C	D
1 piano	0,964	0,950	0,920	0,873
2 piani	0,933	0,924	0,901	0,866
3 piani	0,929	0,923	0,906	0,879
4 piani e più	0,928	0,923	0,910	0,890

Tabella 32 “Impianti di riscaldamento centralizzati tradizionali a montanti (comuni a più unità immobiliari) alimentati da distribuzione orizzontale (corrente solitamente a soffitto del piano cantinato) (Montanti non isolati, correnti in traccia nel lato interno delle pareti esterne).”

Impianti di riscaldamento centralizzati tradizionali a montanti (comuni a più unità immobiliari) alimentati da distribuzione orizzontale (corrente solitamente a soffitto del piano cantinato)				
Distribuzione orizzontale nel cantinato. Montanti non isolati, correnti in traccia nel lato interno delle pareti esterne				
Altezza edificio	Isolamento distribuzione orizzontale			
	A	B	C	D
1 piano	0,966	0,952	0,922	0,875
2 piani	0,938	0,929	0,906	0,871
3 piani	0,937	0,931	0,914	0,887
4 piani e più	0,938	0,933	0,920	0,900

Tabella 33 “Impianti di riscaldamento centralizzati tradizionali a montanti (comuni a più unità immobiliari) alimentati da distribuzione orizzontale (corrente solitamente a soffitto del piano cantinato) (Montanti non isolati correnti in traccia nelle pareti interne).”

Impianti di riscaldamento centralizzati tradizionali a montanti (comuni a più unità immobiliari) alimentati da distribuzione orizzontale (corrente solitamente a soffitto del piano cantinato)				
Distribuzione orizzontale nel cantinato. Montanti non isolati correnti in traccia nelle pareti interne				
Altezza edificio	Isolamento distribuzione orizzontale			
	A	B	C	D
1 piano	0,970	0,958	0,932	0,889
2 piani	0,985	0,979	0,966	0,944
3 piani	0,990	0,986	0,977	0,963
4 piani e più	0,990	0,990	0,983	0,972

Il programma applica ai rendimenti di distribuzione dei fattori di correzione relativi alla temperatura di mandata e ritorno secondo le seguenti relazioni:

Tabella 34 “Fattori di correzione del rendimento di distribuzione”

Temperatura di mandata e ritorno di progetto	Coefficiente di correzione	Tipologia di impianto
70/55	$1-(1-n) \times 0,85$	Impianto a radiatori a temperatura variabile
55/45	$1-(1-n) \times 0,60$	Impianto a ventilconvettori
30/35	$1-(1-n) \times 0,25$	Impianto a pannelli

Sottosistema di generazione

Nella valutazione dell’edificio, ante agli interventi (come presentati nella maschera successiva) il sistema esperto fa riferimento alle disponibilità di generatori a fiamma previsti dai prospetti 23 della UNI/TS 11300-2:2008. Tali prospetti considerano le modalità di inserimento del generatore nell’impianto, il

dimensionamento del fabbisogno rispetto al fabbisogno dell'edificio, le modalità di installazione e le temperature dell'acqua nelle condizioni medie di esercizio.

Tra le tipologie di generatori a fiamma del sistema esperto sono previsti i seguenti:

- Generatori di calore atmosferici tipo B classificati ** (2 stelle)
- Generatori di calore a camera stagna tipo C per impianti autonomi classificati *** (3 stelle)
- Generatori di calore a gas o gasolio, bruciatori ad aria soffiata o premiscelati, modulanti, classificati ** (2 stelle)
- Generatori di calore a gas a condensazione **** (4 stelle)
- Generatori di aria calda a gas o gasolio con bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento on-off.
- Generatori di aria calda a gas a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione di tipo B o C, funzionamento on-off.
- Generatori aria calda a gas o gasolio, bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento bistadio o modulante.
- Generatori aria calda a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione installato in versione di tipo B o C, bistadio o modulazione aria gas.
- Generatori aria calda a gas a condensazione regolazione modulante aria gas.

I rendimenti di generazione precalcolati vengono desunti dai prospetti seguenti.

Tali prospetti vanno letti tenendo conto dei fattori di correzione elencati nella legenda.

Legenda dei fattori di correzione:

- F1 rapporto fra la potenza del generatore installato e la potenza di progetto richiesta.
Per generatori modulanti, F1 si determina con riferimento alla potenza minima regolata. La potenza di progetto richiesta è quella calcolata secondo la UNI EN 12831. Per valori di rapporto tra potenza del generatore installato e potenza richiesta compresi tra i valori indicati nei prospetti si procede per interpolazione lineare. Per valori di rapporto superiori al massimo indicato si prenda il corrispondente valore di quest'ultimo;
- F2 installazione all'esterno;
- F3 camino di altezza maggiore di 10 m;
- F4 temperatura media di caldaia maggiore di 65 °C in condizioni di progetto;
- F5 generatore monostadio;
- F6 camino di altezza maggiore di 10 m in assenza di chiusura dell'aria comburente all'arresto (non applicabile ai premiscelati);
- F7 temperatura di ritorno in caldaia nel mese più freddo

Tabella 35 "Generatori di calore atmosferici tipo B classificati ** (2 stelle)"

Valore di base	F1			F2	F3	F4
	1	2	4			
90	0	-2	-6	-9	-2	-2

Nota:
per generatori antecedenti al 1996 valore di base 84.
per generatori classificati * (1 stella) valore di base 88.
valore di base riferito a: caldaia a due stelle, sovradimensionamento 1 riferito al minimo di modulazione, installazione all'interno, camino alto meno di 10 m, temperatura di mandata in condizioni di progetto < 65 °C.

Tabella 36 “Generatori di calore a camera stagna tipo C per impianti autonomi classificati * (3 stelle)”**

Valore di base	F1			F2	F4
	1	2	4		
93	0	-2	-5	-4	-1

Nota:

valore di base riferito a: caldaia a tre stelle, sovradimensionamento 1 riferito al minimo di modulazione, installazione all'interno, camino alto meno di 10 m, temperatura di mandata in condizioni di progetto <65 °C.

Tabella 37 “Generatori di calore a gas o gasolio, bruciatore ad aria soffiata o premiscelati, modulanti, classificati ** (2 stelle)”

Valore di base	F1			F2	F4	F5	F6
	1	1,25	1,5				
90	0	-1	-2	-1	-1	-1	-2

Nota: per generatori antecedenti al 1996 valore di base 86.

per generatori classificati * (1 stella) valore di base 88.

valore di base riferito a: caldaia a due stelle, sovradimensionamento 1 riferito alla potenza nominale, installazione in centrale termica, chiusura aria comburente all'arresto (o bruciatore a premiscelazione totale), temperatura di mandata in condizioni di progetto < 65 °C.

Tabella 38 “Generatori di calore a gas a condensazione ** (4 stelle)”**

ΔT fumi – acqua ritorno a Pn	Valore di base	F1			F2	F5	F7			
		1	1,25	1,5			40	50	60	>60
<12 °C	104	0	0	0	-1	-3	0	-4	-6	-7
da 12 a 24 °C	101	0	0	0	-1	-3	0	-2	-3	-4
> 24 °C	99	0	0	0	-1	-2	0	-1	-2	-3

Nota:

valori di base riferito a: caldaia a quattro stelle, regolazione modulante su aria e gas, sovradimensionamento 1 riferito alla potenza nominale, installazione in centrale termica, chiusura aria comburente all'arresto (o bruciatore a premiscelazione totale), ΔT finale acqua ritorno/fumi per classi <12 – da 12 a 24 °C – oltre 24 °C a potenza nominale.

Nel caso di installazione di caldaie a condensazione con accumulo in esterno, il fattore di correzione F2 è pari a -3.

Tabella 39 “Generatori di aria calda a gas o gasolio con bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento on-off. Generatori di aria calda a gas a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione di tipo B o C, funzionamento on-off”

Tipo di generatore	Valore di base %	F2
Generatori di aria calda a gas o gasolio con bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento on-off. Generatori di aria calda a gas a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione di tipo B o C, funzionamento on-off.	90	-3
Generatori aria calda a gas o gasolio, bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento bistadio o modulante. Generatori aria calda a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione installato in versione di tipo B o C, bistadio o modulazione aria gas.	93	-2
Generatori aria calda a gas a condensazione regolazione modulante aria gas.	100	-1

Nota:

Il valore base di rendimento non cambia in funzione del valore F1 perché con generatore fermo il bruciatore è spento e lo scambiatore del generatore è a temperatura ambiente.

Il programma guida l'utente nella compilazione delle diverse voci. Va infatti ad oscurare i campi che non vanno compilati. Di seguito viene riportato un esempio.

Generazione		
Tipologia di generazione di calore	Generatori di calore a camera stagna tipo C per impianti autonomi classificati *** (3 stelle)	
Caratteristiche		
F1 - Rapporto fra la potenza del generatore installato e la potenza di progetto richiesta.	Da compilare	2
F2 - Installazione all'esterno;	Da compilare	No
F4 - Temperatura media di caldaia maggiore di 65 °C in condizioni di progetto;	Da compilare	No

[Torna su](#)

2.1.6 Risultati ed analisi degli interventi. Visualizzazione dei dati di consumo e report conclusivo

Terminata la compilazione di tutte le informazioni richieste dalle varie maschere il sistema esperto è in grado di determinare i fabbisogni di energia termica dell'edificio per la sola climatizzazione invernale. Tale fabbisogno sarà calibrato in relazione ai consumi reali relativi alla fatturazione. Tale fase è necessaria per ottenere un'autodiagnosi per quanto possibile realistica. La procedura di allineamento tra fabbisogni teorici di calcolo e consumi reali, viene effettuata in automatico per un grado di concordanza tra i due riferimenti maggiore al 10%.

Il sistema indica le seguenti informazioni: scostamento iniziale tra fabbisogni di calcolo e consumi reali e necessità di un'eventuale taratura dei calcoli.

Qualora lo scostamento iniziale tra fabbisogni di calcolo e consumi reali sia maggiore del 10% viene restituita, nella parte terminale del prospetto, una nota nella quale viene evidenziato il messaggio "Il sistema ha effettuato l'allineamento dei dati".

Analisi rapida: i kit finalizzati all'abbattimento dei consumi energetici dell'edificio

In seguito il sistema è in grado di proporre, con menù a tendina, una serie di soluzioni già precostituite (pacchetti) finalizzate a contenere i consumi energetici dell'edificio.

SISTEMA ESPERTO PER L'INDIVIDUAZIONE DI INTERVENTI DI QUALIFICAZIONE ENERGETICA
Progetto: Casolare di campagna

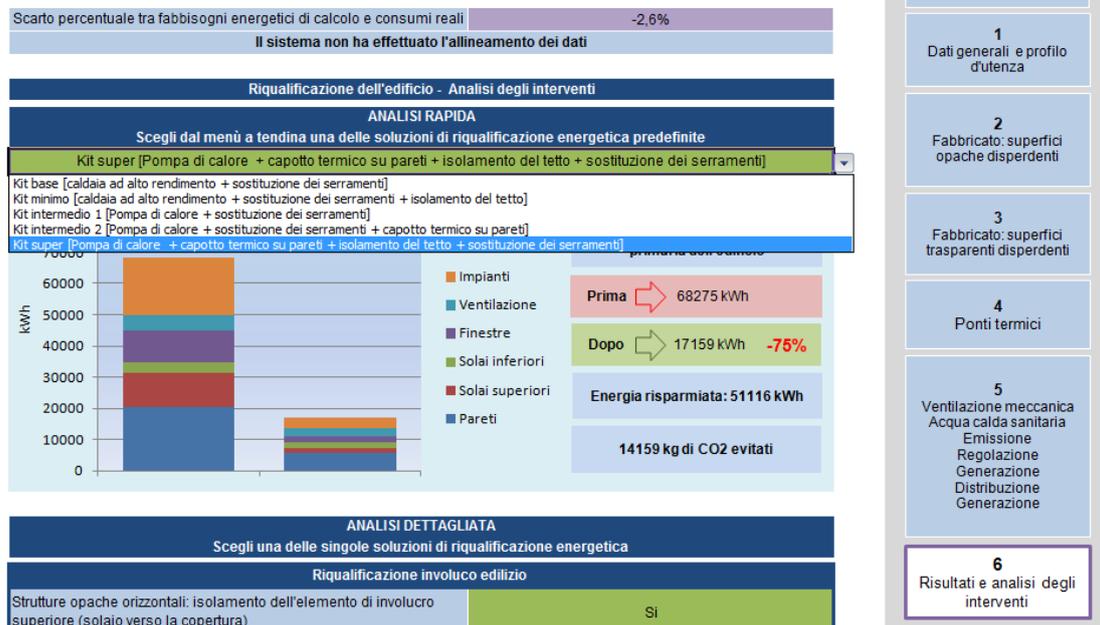


Figura 4 "Estratto della schermata relativa ai risultati ed all'analisi degli interventi"

I kit attualmente proposti dal sistema sono i seguenti:

- **Kit base:** caldaia ad alto rendimento + sostituzione dei serramenti;
- **Kit minimo:** caldaia ad alto rendimento + sostituzione dei serramenti + isolamento termico del tetto;
- **Kit intermedio 1:** pompa di calore + sostituzione dei serramenti;
- **Kit intermedio 2:** pompa di calore + sostituzione dei serramenti + isolamento del tetto;
- **Kit super:** Pompa di calore + capotto termico su pareti + sostituzione dei serramenti;

In base alla selezione di una delle opzioni proposte il sistema è in grado di stimare il fabbisogno totale annuo di energia primaria dell'edificio post intervento e conseguentemente l'energia primaria risparmiata e le emissioni di CO₂ evitate all'ambiente.

Analisi dettagliata.

Il sistema offre anche la possibilità di andare a valutare interventi singoli relativi alla riqualficazione dell'involucro e/o degli impianti termici. Vengono infatti previste le seguenti possibilità:

Riqualficazione di:

- **Strutture opache orizzontali: isolamento degli elementi di involucro superiori** (solaio verso la copertura)
- **Strutture opache orizzontali:** isolamento dei solai inferiori su cui poggia il pavimento;
- **Strutture opache verticali:** isolamento delle pareti perimetrali;
- **Strutture opache verticali:** sostituzione delle chiusure trasparenti;

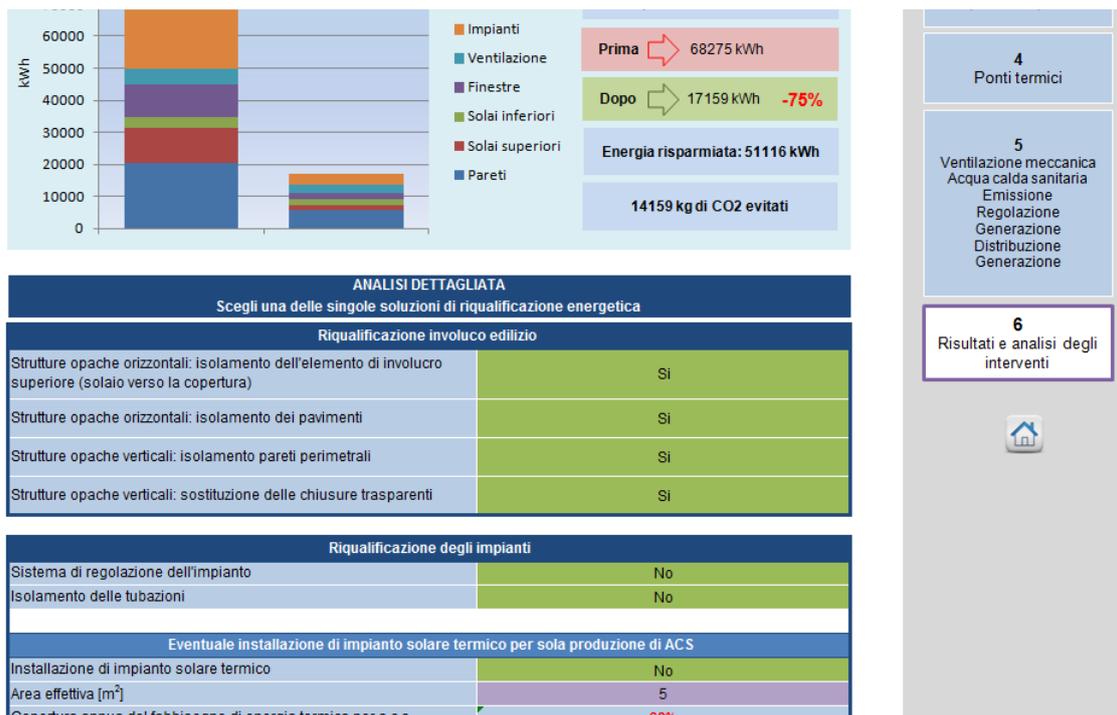


Figura 5 “Schermata relativa all’immissione dei dati per l’analisi dettagliata”

Per quanto concerne la riqualificazione del sistema impiantistico il software offre, a completamento delle tecnologie consolidate e diffuse sul mercato per la climatizzazione invernale, i seguenti layout:

- introduzione di un sistema di regolazione dell'impianto;
- miglioramento dell'isolamento delle tubazioni;
- sostituzione del generatore di calore;
- installazione di pompa di calore di diversi tipi;
- installazione di impianto solare fotovoltaico;
- installazione di cogeneratore;
- eventuale installazione di impianto solare termico.

Sostituzione del generatore: il sistema prevede l'eventuale sostituzione del generatore a fiamma con generatori di calore a gas a condensazione ad alto rendimento. Oppure, in alternativa, con cogeneratore, ovvero sistemi che permettono la produzione e l'utilizzo simultanei di energia meccanica o elettrica e di energia termica a partire da combustibili primari, nel rispetto di determinati criteri qualitativi di efficienza energetica. È stato previsto che il cogeneratore riesca a coprire l'intero fabbisogno energetico. I parametri semplificati che vengono utilizzati per le simulazioni sono:

- Potenza elettrica nominale del cogeneratore;
- Potenza termica nominale del cogeneratore (viene assunta di default pari a 1,5 volte la potenza elettrica nominale del cogeneratore);
- Rendimento elettrico del cogeneratore (assunto di default pari al 60%)

Non viene considerata l'opzione relativa all'integrazione di energia termica con altro sottosistema.

Installazione di pompa di calore: il foglio di calcolo prevede l'installazione di più tipologie di pompe di calore (ovvero dispositivi o impianti che sottraggono calore all'ambiente esterno o da una sorgente di calore a bassa temperatura e lo trasferiscono all'ambiente a temperatura controllata):

- pompa di calore con motore elettrico;
- pompa di calore ad assorbimento con motore endotermico;

nelle varianti di funzionamento:

- On/Off
- Modulante

Sorgente fredda

- Aria
- Acqua o Terreno

Pozzo caldo:

- Aria
- Acqua

Tipologia di terminali (del circuito idronico)

- Alta temperatura (70/55 °C)
- Media temperatura (50/40 °C)
- Bassa temperatura (35/30 °C)

Il software prevede la sola installazione di pompa di calore con sostituzione integrale dell'impianto di climatizzazione invernale già eventualmente presente nell'immobile. Il software, tramite relazioni semplificate, in rapporto alla tipologia tecnologica adottata ed alla zona climatica, determina i coefficienti di prestazione. La pompa di calore geotermica può essere scelta selezionando tra i tipi di sorgenti fredde l'"Acqua o terreno".

Installazione di impianto solare fotovoltaico: il foglio di calcolo prevede, tra le diverse opzioni, l'installazione di un impianto solare fotovoltaico.

Viene richiesto all'utente la conoscenza della potenza di picco dell'impianto. Per il calcolo della producibilità viene assunta un'efficienza media (grado di ventilazione dei moduli fotovoltaici medio) e una radiazione solare sulla superficie dei pannelli determinata considerando un'inclinazione standard sull'orizzonte pari a 40°. Il sistema di calcolo fornisce una stima dell'entità della produzione di energia elettrica e una % relativa alla copertura di eventuali fabbisogni energetici elettrici dovuti, ad esempio, all'utilizzo di pompe di calore con motore elettrico.

Installazione di impianto solare termico

L'ultimo modulo riguarda l'eventuale installazione di impianto solare termico. L'apporto di energia termica prodotta dai pannelli solari viene considerato in detrazione al fabbisogno di energia termica dello scaldare acqua sanitaria. Il foglio di calcolo, nella versione attuale non prevede la copertura anche parziale del fabbisogno di energia termica per riscaldamento.

Per la stima dell'energia termica prodotta viene considerata un'inclinazione dei pannelli pari a 40 ° ed un orientamento a sud (azimut pari a zero). All'utente viene richiesto di inserire la relativa area effettiva [m²]. Il sistema esperto fornisce la percentuale di copertura del fabbisogno di energia termica per a.c.s.

2.1.7 Modalità di calcolo delle comparazioni

Il foglio di calcolo funziona adottando la metodologia dell'edificio di riferimento. L'edificio di riferimento (*reference building*) è un edificio che ha stessa geometria ed orientamento dell'edificio reale, ma i cui valori delle trasmittanze, del coefficiente di scambio termico (Ht), di rendimento degli impianti termici per riscaldamento ed ACS, sono fissati. In base agli input immessi è dunque possibile produrre un confronto immediato tra fabbisogni energetici ante e post riqualificazione. L'attuale versione del foglio di calcolo adotta i valori di trasmittanza termica per le strutture opache e trasparenti del D.M. 28.12.12. Tali valori vengono forniti in funzione alla tipologia di intervento e alla zona climatica.

Tipologia di intervento	Trasmittanza termica per zona climatica.	
Strutture opache orizzontali: Isolamento delle coperture	Zona A	0,27 W/m ² K
	Zona B	0,27 W/m ² K
	Zona C	0,27 W/m ² K
	Zona D	0,22 W/m ² K
	Zona E	0,20 W/m ² K
	Zona F	0,19 W/m ² K
Strutture opache orizzontali: Isolamento dei pavimenti	Zona A	0,50 W/m ² K
	Zona B	0,38 W/m ² K
	Zona C	0,33 W/m ² K
	Zona D	0,28 W/m ² K
	Zona E	0,25 W/m ² K
	Zona F	0,23 W/m ² K
Strutture opache verticali: Isolamento delle pareti verticali	Zona A	0,45 W/m ² K
	Zona B	0,34 W/m ² K
	Zona C	0,28 W/m ² K
	Zona D	0,24 W/m ² K
	Zona E	0,23 W/m ² K
	Zona F	0,22 W/m ² K
Chiusure trasparenti comprensive di infissi	Zona A	3,08 W/m ² K
	Zona B	2,00 W/m ² K
	Zona C	1,75 W/m ² K
	Zona D	1,67 W/m ² K
	Zona E	1,50 W/m ² K
	Zona F	1,33 W/m ² K

3 Esempi applicativi

Allo scopo di migliorare la comprensione sull'utilizzo del sistema esperto si presentano di seguito due diversi esempi applicativi.

3.1 Casolare di montagna di modesta entità

Di seguito vengono riportati i disegni tecnici relativi a piante, prospetti e sezioni dell'edificio sottoposto a uno studio di massima per l'analisi e l'individuazione dei principali interventi di qualificazione energetica. Tali disegni hanno la finalità di fornire informazioni di carattere qualitativo per quanto concerne tipologia e geometria del fabbricato. Le misure riportate sono espresse in centimetri. I disegni non sono in scala.

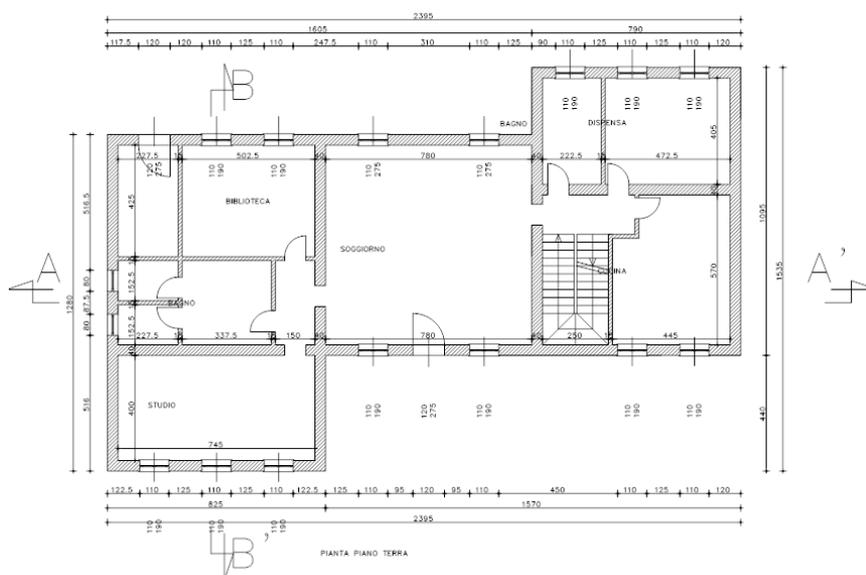


Figura 6 “Casolare di montagna di modesta entità. Pianta Piano Terra”

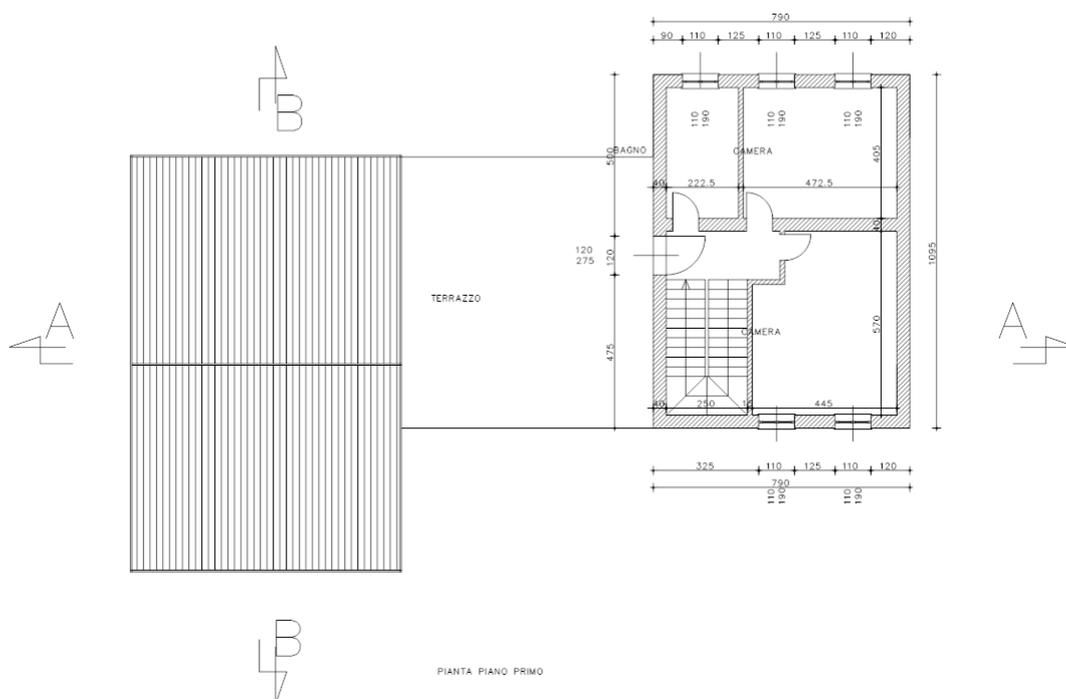


Figura 7 “Casolare di montagna di modesta entità. Pianta Piano primo”

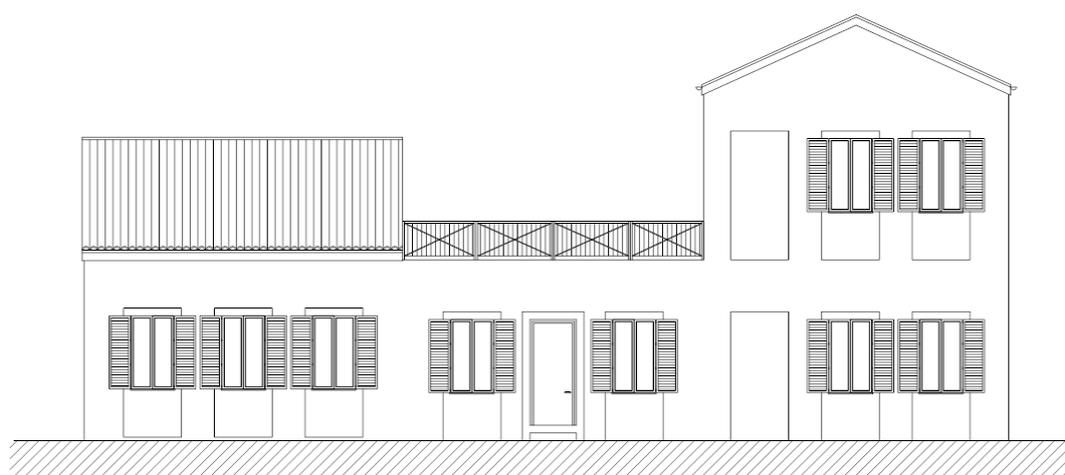


Figura 8 "Casolare di montagna di modesta entità. Prospecto Sud"

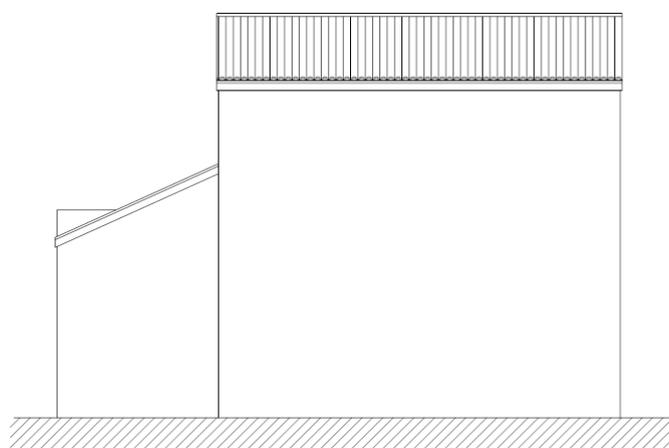


Figura 9 "Casolare di montagna di modesta entità. Prospecto Est"



Figura 10 "Casolare di montagna di modesta entità. Prospecto Nord"

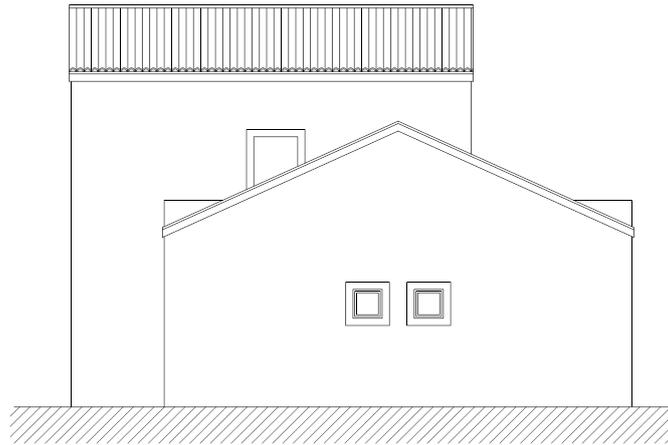


Figura 11 "Casolare di montagna di modesta entità. Prospetto Ovest"

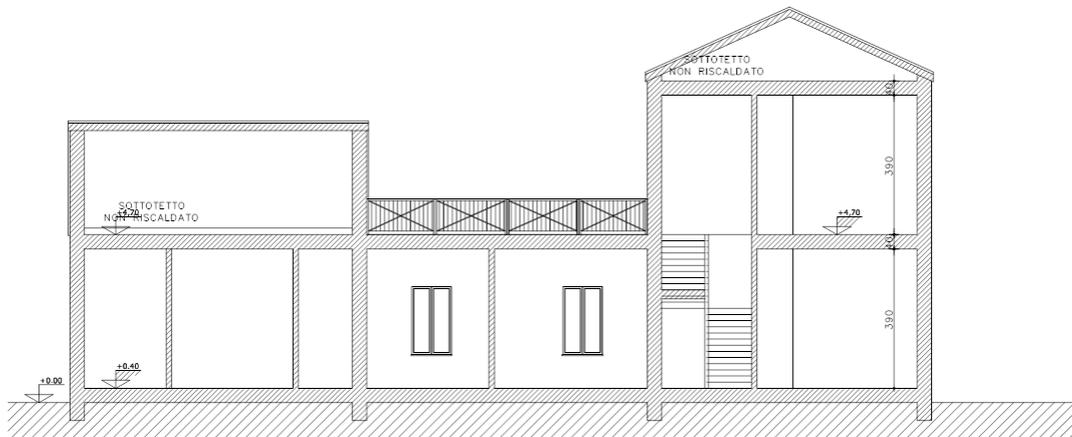


Figura 12 "Casolare di montagna di modesta entità. Sezione A-A"

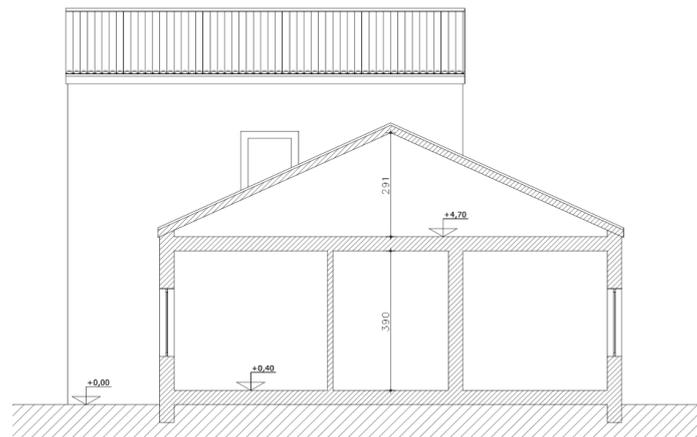


Figura 13 "Casolare di montagna di modesta entità . Sezione B-B"

Tabella 40 “Dati relativi al contesto dell’edificio”

Destinazione d’uso prevalente	Abitazioni ad uso civile
Tipologia	E.1(1)
Numero di appartamenti	1
Numero di piani riscaldati	2
Numero di piani non riscaldati	1 (sottotetto)
Comune	Milano
Provincia	MI
Zona climatica	E

Tabella 41 “Proprietà geometriche e termiche dell’edificio”

Descrizione della grandezza	U.M.	Valore
Superficie utile climatizzata di pavimento	[m ²]	262,12
Superficie lorda climatizzata di pavimento	[m ²]	344,12
Volume netto climatizzato	[m ³]	1083,67
Volume lordo climatizzato	[m ³]	1582,76
Superficie disperdente interna	[m ²]	830,98
Rapporto S/V	[m ⁻¹]	0,66
Superficie relativa ai locali cucina e soggiorno	[m ²]	82,00

Tabella 42 “Dati relativi all’utenza e parametri gestionali”

Descrizione della grandezza	U.M.	Valore
Tipologia di ventilazione	[-]	Aerazione naturale
Coefficiente di ricambio dell’aria per aerazione per le zone climatizzate	[h ⁻¹]	0,3

Tabella 43 “Dati relativi alla fatturazione energetica”

Anno di fatturazione	Dati di fatturazione	U.M.	Tipo di combustibile
2008	8000	m ³	Gas metano
2009	7600	m ³	
2010	8200	m ³	

Tabella 44 “Dati relativi all’utenza e parametri gestionali”

	Periodo di occupazione dell’edificio	Numero di persone medio giornaliero	Temperatura media giornaliera di set point invernale [°C]	Giorni di attivazione dell’impianto di produzione dell’acqua calda sanitaria
	[giorni]	[persone]	[°C]	[giorni]
Gennaio	30	4	20,00	30
Febbraio	30	4	20,00	30
Marzo	30	4	20,00	30
Aprile	30	4	20,00	30
Maggio	30	4	-	30
Giugno	30	4	-	30
Luglio	30	4	-	30
Agosto	30	4	-	30
Settembre	30	4	20,00	30
Ottobre	30	4	20,00	30
Novembre	30	4	20,00	30
Dicembre	30	4	20,00	30

3.1.1 Descrizione dei componenti tecnologici costituenti l'edificio

3.1.1.1 Componenti trasparenti

In questa sezione vengono descritte tutte le tipologie di componenti trasparenti presenti nel fabbricato. Tutti i componenti finestrati sono composti da vetri normali e da telaio in legno duro di 70 mm di spessore. Tutti i componenti finestrati, ad esclusione della tipologia di finestre 80x80, hanno chiusure avvolgibili in legno e plastica senza riempimento in schiuma e di bassa permeabilità dell'aria. In questo edificio non sono presenti schermature mobili.

Le finestre presentano le seguenti caratteristiche:

Tabella 45 "Caratteristiche dei componenti trasparenti presenti nel fabbricato"

n°	Descrizione	Ambiente confinante	Numero di finestre	Area totale [m ²]
1	Finestre 110x190 Sud	Esterno	9	18,81
2	Finestre 110x190 Nord	Esterno	8	16,72
3	Fin 110x275 Nord	Esterno	2	6,05
4	Finestre 80x80 Ovest	Esterno	2	1,28

3.1.1.2 Componenti opachi

In questa sezione si riportano direttamente le trasmittanze termiche dei componenti opachi come determinati dal sistema esperto in base alle scelte dell'utente. Non si hanno a disposizione dati precisi sulle stratigrafie dei componenti. I valori di trasmittanza forniti sono comprensivi di adduttanze termiche. I componenti opachi confinanti con l'esterno hanno un colore delle superfici esterne medio, corrispondente ad un fattore di assorbimento solare (α_{sol}) pari a 0,6.

Componenti opachi verticali

Nel prospetto seguente vengono riportati i valori delle trasmittanze termiche dei componenti opachi verticali presenti nell'edificio.

n°	Descrizione	s [cm]	U [W/m ² K]
1	Parete esterna da 40 cm	40	1,39
2	Porta d'ingresso	5	2,23

La porta di ingresso dell'appartamento viene considerata come superficie disperdente opaca, poiché non vi è la presenza di superfici vetrate. Essa è costituita da legno massello duro con trasmittanza nota e riportata nel prospetto precedente.

Si omette di riportare informazioni sulle caratteristiche dei divisori interni poiché non strettamente necessarie ai fini del calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio, essendo il valore di capacità termica stimato dal sistema esperto in base alle scelte dell'utente.

Componenti opachi orizzontali

Nel prospetto seguente si riportano i valori delle trasmittanze termiche dei componenti opachi orizzontali presenti nell'edificio.

n°	Descrizione del componente edilizio	s [cm]	U [W/m²K]
1	Pavimento su terreno da 40 cm	40	1,40
2	Solaio da 40 cm	40	1,20

Anche in questo caso si omette di riportare informazioni sulle caratteristiche della copertura poiché non strettamente necessarie ai fini del calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio, essendo i fattori di correzione degli scambi termici con i locali non climatizzati stimati direttamente dal sistema esperto e non calcolati.

Riepilogo delle superfici disperdenti opache confinanti con l'esterno

Tabella 46 "Superfici disperdenti opache della zona C1 confinanti con l'esterno"

Descrizione componente	Confine	Orientamento	Quantità	Superficie [m²]
Parete esterna da 40 cm	Esterno	S	-	91,58
Parete esterna da 40 cm	Esterno	E	-	91,65
Parete esterna da 40 cm	Esterno	N	-	87,03
Parete esterna da 40 cm	Esterno	O	-	87,46
Porta d'ingresso piano terra	Esterno	S	1	3,30
Porta d'ingresso piano terra	Esterno	N	1	3,30
Porta sul terrazzo primo piano	Esterno	O	1	3,30
Solaio da 40 cm	Esterno	Orizzontale	-	59,28

Nota: le superfici di tutte le pareti riportate nel prospetto sono già al netto di eventuali porte, cassonetti e componenti finestrati presenti.

Riepilogo delle superfici disperdenti opache confinanti con altri ambienti o con il terreno

Tabella 47 "Superfici disperdenti opache della zona C1 confinanti con altri ambienti o con il terreno"

Descrizione componente	Confine	Orientamento	Quantità	Superficie [m²]
Pavimento su terreno 40 cm	Terreno (T)	-	-	210,25
Solaio su sottotetto 40 cm	Sottotetto (U1)	-	-	150,97

Ponti termici

In questa sezione del documento viene fornito un elenco dei ponti termici da considerare per il calcolo delle dispersioni dell'edificio.

Tabella 48 "Ponti termici"

n°	Descrizione del ponte termico	Lunghezza puntuale [m]	Quantità [-]	ψ [W/mK]	Lunghezza Totale [m]
1	Giunzioni dovute a solai interpiano	-	-	0,70	126,4
2	Interruzione di forma dovuta ad angoli	3,90	10	0,10	39,0
3	Interruzione di forma dovuta ad angoli	3,90	2	-0,10	7,8
4	Giunzioni tra pareti esterne e pavimento su terreno	-	-	0,65	75,4
5	Giunzioni tra pareti esterne e solaio di copertura	-	-	0,65	15,6

3.1.2 Descrizione delle zone nelle quali è suddiviso l'edificio

L'edificio in oggetto è un casolare di campagna, con la zona abitabile disposta su due piani. Il piano terra è appoggiato direttamente su terreno. Sia la parte di sottotetto al di sopra del piano terra sia quella sopra il primo piano non sono climatizzate. Si riporta di seguito un prospetto riassuntivo delle zone che saranno descritte nelle successive sezioni.

Tabella 49 “Prospetto riassuntivo delle zone termiche dell’edificio”

Descrizione zona termica	Tipologia	Codice	Piano/Livello
Piano terra e primo piano	Climatizzata	C1	T e 1
Sottotetto	Non climatizzata	U1	1 e 2

3.1.2.1 Zone climatizzate

Viene inteso per zona climatizzata uno spazio dotato di climatizzazione costituito da ambienti caratterizzati da stessi profili di utilizzo e temperature di regolazione. Nel presente caso applicativo il piano terra ed il primo piano possono essere considerati unica zona climatizzata. L’involucro di tale zona termica è costituito da componenti edilizi con le seguenti caratteristiche costruttive generali: intonaci in gesso, isolamento assente, pareti esterne pesanti, pavimenti in piastrelle.

Qui di seguito si riportano le informazioni relative a tutte le superfici disperdenti costituenti l’involucro dell’appartamento. Esse sono state divise, per comodità, in superfici trasparenti, superfici opache confinanti con l’esterno e superfici opache confinanti con zone non climatizzate o con il terreno.

3.1.2.2 Zone non climatizzate

Per zona non climatizzata si intende uno spazio non dotato di impianto di climatizzazione.

Come esplicitato in precedenza, sulla base della suddivisione in zone termiche che è stata effettuata, le uniche zone termiche non climatizzate presenti sono le due parti di sottotetto. Non avendo a disposizione dati di progetto attendibili e informazioni precise riguardo ai componenti edilizi relativi alle zone non climatizzate, l’imputazione dei fattori di correzione degli scambi termici, viene effettuata direttamente dal sistema esperto. L’utente ha a disposizione informazioni sulle caratteristiche tecnologiche del tetto isolato.

3.1.3 Descrizione degli impianti di riscaldamento e di generazione dell’acqua calda sanitaria

L’ edificio è servito da un impianto di riscaldamento separato dall’impianto di generazione dell’acqua calda sanitaria. L’impianto di riscaldamento è costituito da un generatore di tipo B e da una rete di distribuzione dedicata. Per la generazione di acqua calda sanitaria vi è un boiler separato con una propria rete di distribuzione.

Il calcolo delle perdite dell’impianto e del fabbisogno di energia primaria è effettuato secondo UNI/TS 11300-2. Tutti i calcoli relativi alla UNI TS 11300-2 vengono effettuati utilizzando un fattore di conversione dell’energia elettrica in energia primaria pari a 2,18.

3.1.3.1 Impianto di riscaldamento

Stima del rendimento di emissione

Tabella 50 “Dati per il calcolo del rendimento di emissione”

Descrizione della variabile	Informazioni sulla variabile
Altezza locali [m]	Maggiore ai 4 metri
Tipo di terminale di erogazione	Pannelli a pavimento annegati

Stima del rendimento di regolazione

Tabella 51 “Dati per il calcolo del rendimento di regolazione”

Descrizione della variabile	Informazioni sulla variabile
Tipo di regolazione	Solo climatica
Caratteristiche della regolazione	P banda prop. 1 °C
Tipologia di terminali	Sistemi ad elevata inerzia termica (Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente)

Stima del rendimento di distribuzione

Tabella 52 “Dati per il calcolo del rendimento di distribuzione”

Descrizione della variabile	Informazioni sulla variabile
Tipologia di impianto	Impianto centralizzato con montanti di distribuzione (Montanti in traccia nei paramenti esterni o nell'intercapedine. Isolamento leggero)
Condizioni di isolamento delle tubazioni	Discreto. Realizzazione tra il 1993 ed il 1977
Tipologia di terminali installati	Impianto a pannelli
Modalità di funzionamento della pompa	Pompa a velocità costante

Stima del rendimento di generazione

Tabella 53 “Dati per il calcolo del rendimento di generazione”

Descrizione della variabile	Informazioni sulla variabile
Tipologia di generatore	Generatore atmosferico di tipo B
Generatore antecedente al 1996	Sì
Potenza del generatore	17 kW
Rapporto tra potenza del generatore e potenza di progetto richiesta	1 (nessun sovradimensionamento)
Installazione all'esterno	No
Altezza del camino maggiore di 10 metri	No
Temperatura media di caldaia maggiore di 65 °C in condizioni di progetto	No

3.1.3.2 Impianto di generazione dell'acqua calda sanitaria

Vengono riportati di seguito i dati per il calcolo dei fabbisogni di energia per la produzione di acqua calda sanitaria.

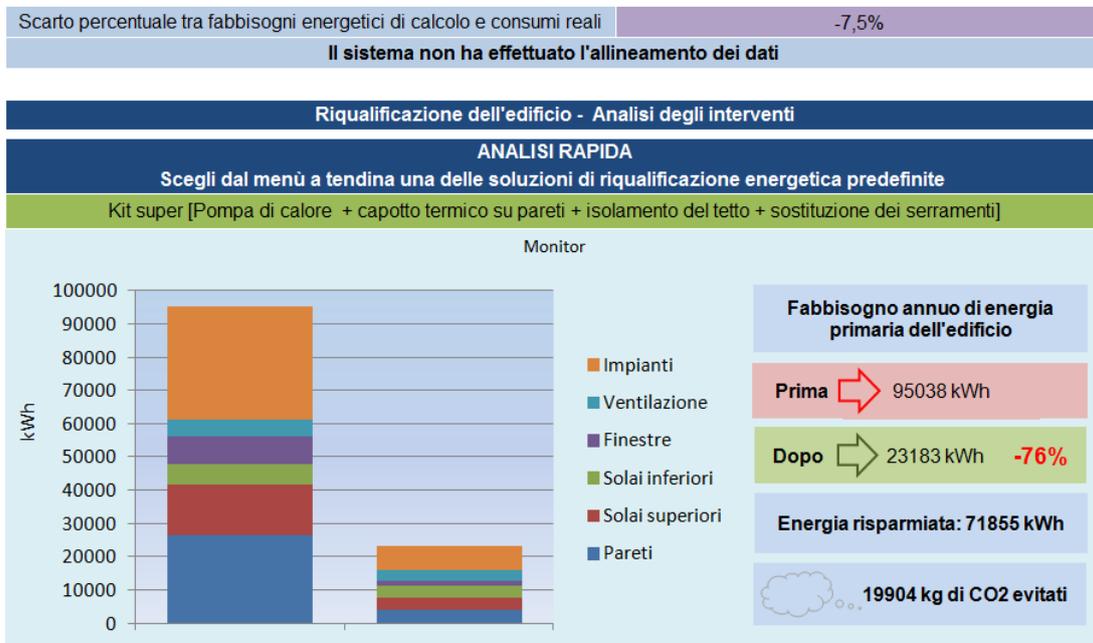
Dati relativi al generatore

Tabella 54 “Dati relativi all'impianto di generazione dell'acs”

Tipologia di sistema di distribuzione	Installato dopo dell'entrata in vigore della legge 373/76
Tipo di apparecchio generatore	Generatore a gas di tipo istantaneo per sola produzione di acqua calda sanitaria
Versione di apparecchio	Tipo B senza pilota
Produzione di ACS	Combinata all'impianto di riscaldamento

3.1.4 Risultati

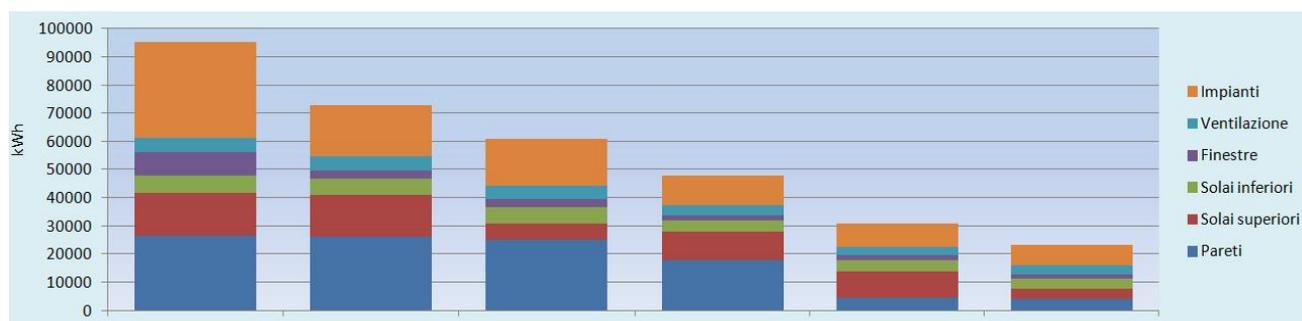
Dall'analisi si evince che i dati reali relativi alla fatturazione energetica sono sufficientemente in linea con il fabbisogno annuo di energia primaria dell'edificio come determinato dal sistema esperto anche in relazione agli input immessi dall'utente. Dal momento che lo scarto percentuale è inferiore al 10% il sistema non effettua alcun allineamento dei dati.



Tale passaggio si rende necessario per valutare l'accuratezza dei dati immessi; in seguito si può dunque procedere all'analisi rapida degli interventi di risparmio energetico. Il sistema esperto effettua infatti, tramite analisi rapida, la preventivazione degli interventi di riqualificazione energetica all'involucro edilizio e all'impianto attraverso comparazioni parametriche, sia per singoli interventi, sia per combinazioni di interventi migliorativi. L'analisi semplificata fornisce in default i seguenti pacchetti standard.

n.	Tipo di intervento	Fabbisogno di energia primaria	% di risparmio energetico
0	Fabbisogno annuo di energia primaria dell'edificio ante intervento	95038 kWh	-
1	Kit base [caldaia ad alto rendimento + sostituzione dei serramenti]	72905 kWh	-23%
2	Kit minimo [caldaia ad alto rendimento + sostituzione dei serramenti + isolamento del tetto]	60966 kWh	-36%
3	Kit intermedio 1 [Pompa di calore + sostituzione dei serramenti]	47770 kWh	-50%
4	Kit intermedio 2 [Pompa di calore + sostituzione dei serramenti + capotto termico su pareti]	30994 kWh	-67 %
5	Kit super [Pompa di calore + capotto termico su pareti + isolamento del tetto + sostituzione dei serramenti]	23183 kWh	-76%

Nel grafico di seguito è possibile valutare graficamente, in relazione allo specifico caso studio applicativo, l'andamento del fabbisogno di energia primaria al variare degli interventi proposti dal sistema esperto.



Tramite l'analisi dettagliata è invece possibile determinare l'incidenza di ogni intervento di riqualificazione energetica sull'incremento della prestazione energetica dell'edificio valutando dunque l'apporto migliorativo dei singoli interventi.

Tabella 55 "Analisi dettagliata. Singoli interventi. Involucro"

n.	Riqualificazione dell'involucro edilizio	Fabbisogno di energia primaria	% di risparmio energetico
0	Fabbisogno annuo di energia primaria dell'edificio ante intervento	95038 kWh	-
1	Strutture opache orizzontali: isolamento dell'elemento di involucro superiore (soffitto verso la copertura)	74022 kWh	-22%
2	Strutture opache orizzontali: isolamento dei pavimenti	86731 kWh	-9 %
3	Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali	59198 kWh	-38%
4	Strutture opache verticali: sostituzione delle chiusure trasparenti	86247 kWh	-9%
5	Riqualificazione dell'intero involucro edilizio	18396 kWh	-81%

Tabella 56 "Analisi dettagliata. Singoli interventi. Impianti"

n.	Riqualificazione degli impianti	Fabbisogno di energia primaria	% di risparmio energetico
0	Fabbisogno annuo di energia primaria dell'edificio ante intervento	95038 kWh	-
6	Sistema di regolazione dell'impianto	95038 kWh	0 %
7	Isolamento delle tubazioni	92291 kWh	2%

Tabella 57 "Analisi dettagliata. Singoli interventi. Impianti"

n.	Riqualificazione degli impianti	Fabbisogno di energia primaria	% di risparmio energetico
0	Fabbisogno annuo di energia primaria dell'edificio ante intervento	95038 kWh	-
8	Pompa di calore con motore elettrico con funzionamento modulante; sorgente fredda aria; pozzo caldo acqua; tipologia di terminali (del circuito idronico); alta temperatura (70/55 °C)	52768 kWh	-44%
9	Pompa di calore con motore elettrico con funzionamento modulante; sorgente fredda aria; pozzo caldo acqua; tipologia di terminali (del circuito idronico); media temperatura (50/40 °C)	50942 kWh	-46%
10	Pompa di calore con motore elettrico con funzionamento modulante; sorgente fredda aria; pozzo caldo acqua; tipologia di terminali (del circuito idronico); Bassa temperatura (35/30 °C)	49244 kWh	-48%
11	Pompa di calore con motore elettrico con funzionamento	43873 kWh	-54%

n.	Riqualificazione degli impianti	Fabbisogno di energia primaria	% di risparmio energetico
	modulante; sorgente fredda acqua o terreno; pozzo caldo aria; alta temperatura (70/55 °C)		
11	Pompa di calore con motore elettrico con funzionamento modulante; sorgente fredda acqua o terreno; pozzo caldo acqua; alta temperatura (70/55 °C)	40687 kWh	-57%
12	Pompa di calore con motore elettrico con funzionamento modulante; sorgente fredda acqua o terreno; pozzo caldo acqua; alta temperatura (70/55 °C) + Impianto fotovoltaico con potenza di picco pari a 3 kW	37694 kWh	-60%
13	Sostituzione del generatore a fiamma con caldaia a condensazione ad altissima prestazione.	78034 kWh	-18%

Con l'individuazione delle seguenti combinazioni di interventi migliorativi si può arrivare ad una più che significativa riduzione del fabbisogno di energia primaria dell'edificio. Si presentano di seguito alcune soluzioni.

n.	Riqualificazione dell'involucro edilizio	Fabbisogno di energia primaria	% di risparmio energetico
1	Riqualificazione dell'intero involucro edilizio (isolamento del solaio verso la copertura + isolamento dei pavimenti + isolamento pareti perimetrali + sostituzione delle chiusure trasparenti) + Sostituzione del generatore a fiamma (caldaia)	15411 kWh	-84%
2	Riqualificazione dell'intero involucro edilizio (isolamento del solaio verso la copertura + isolamento dei pavimenti + isolamento pareti perimetrali + sostituzione delle chiusure trasparenti) + Sostituzione del generatore a fiamma (caldaia)+ Pompa di calore con motore elettrico con funzionamento modulante; sorgente fredda acqua o terreno; pozzo caldo acqua; alta temperatura (70/55 °C)	8983 kWh	-91%

3.2 Piccola palazzina per uffici

Di seguito vengono riportati i disegni tecnici relativi a piante, prospetti e sezioni dell'edificio sottoposto a studio di massima per l'analisi e l'individuazione dei principali interventi di qualificazione energetica. Tali disegni hanno la finalità di fornire informazioni di carattere qualitativo per quanto concerne tipologia e geometria del fabbricato. Le misure riportate sono espresse in centimetri. I disegni non sono in scala.

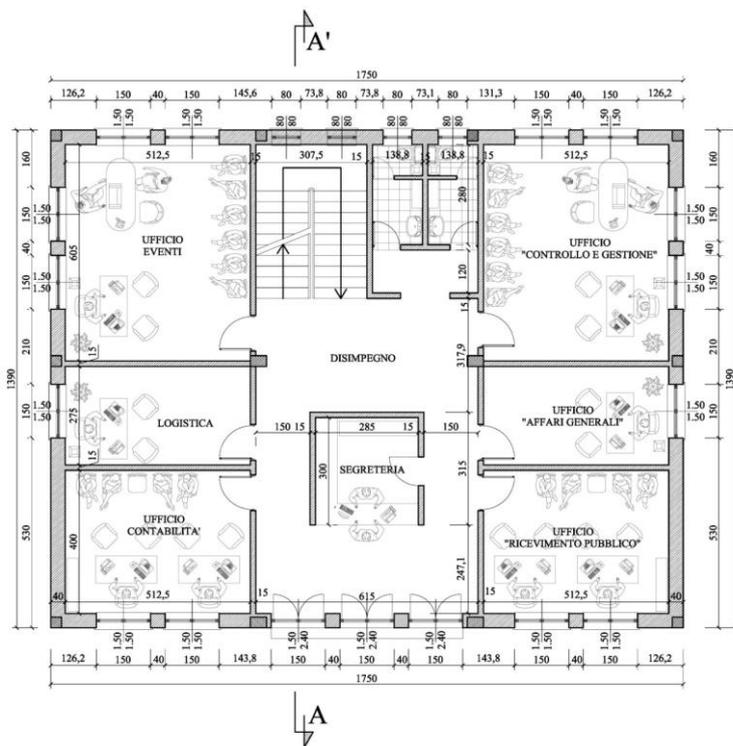


Figura 14 “Piccola palazzina per uffici. Pianta Piano Terra”

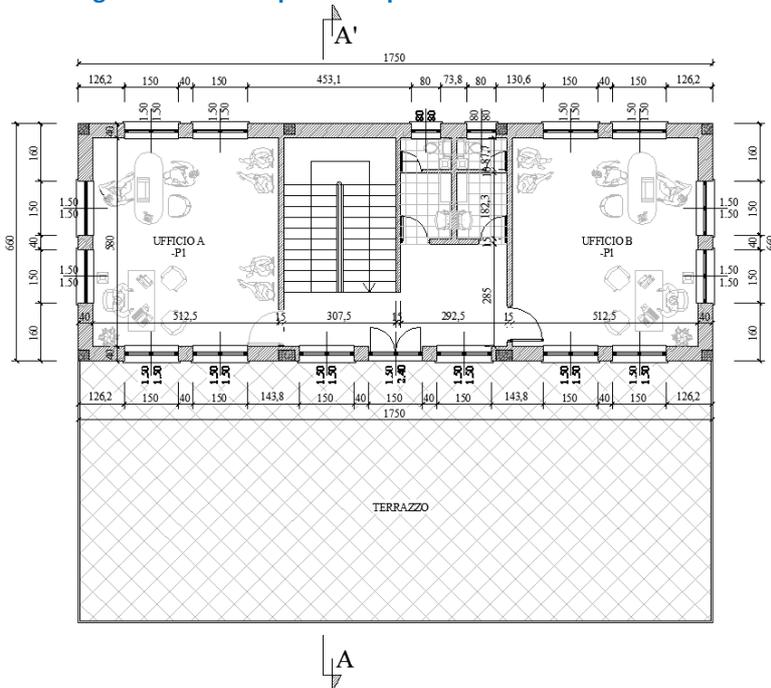


Figura 15 “Piccola palazzina per uffici. Pianta Piano primo”

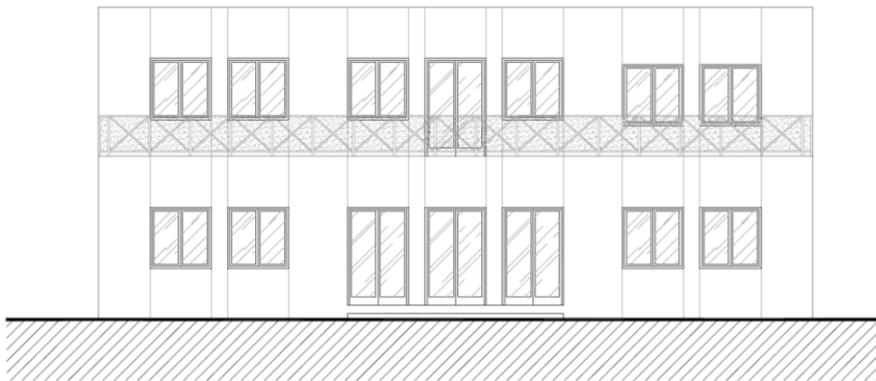


Figura 16 “Piccola palazzina per uffici. Prospetto Sud”

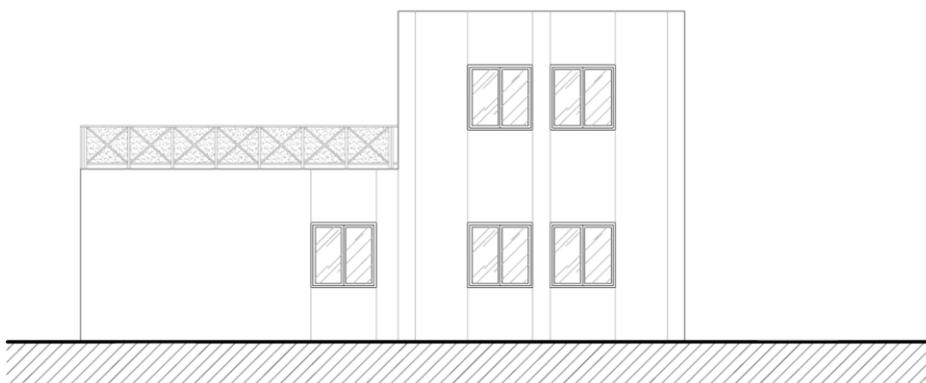


Figura 17 “Piccola palazzina per uffici. Prospetto Est”

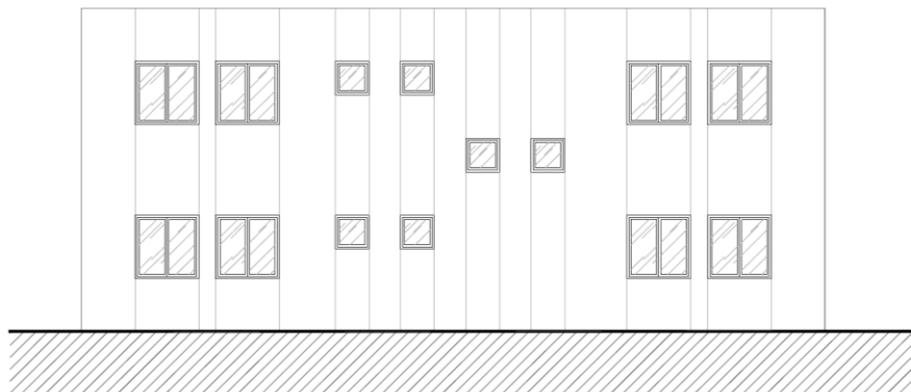


Figura 18 “Piccola palazzina per uffici. Prospetto Nord”

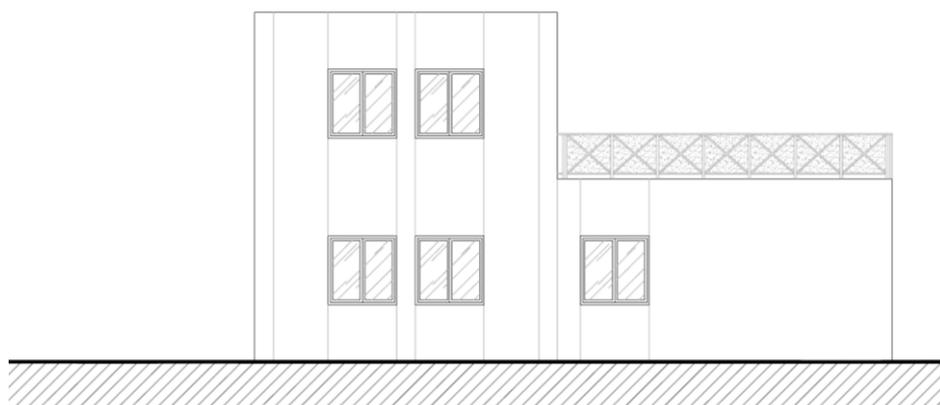


Figura 19 “Piccola palazzina per uffici. Prospetto Ovest”

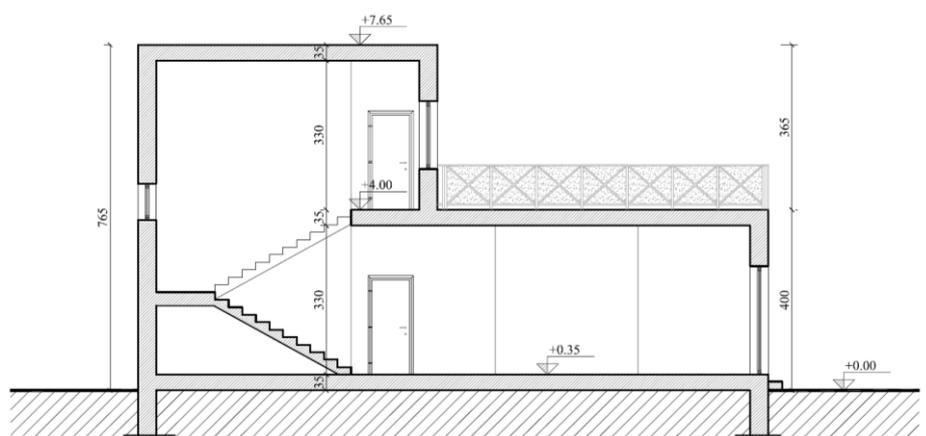


Figura 20 “Piccola palazzina per uffici. Sezione A-A”

Tabella 58 “Dati relativi al contesto dell’edificio”

Destinazione d’uso prevalente	Palazzina uffici
Tipologia	E.2
Numero di piani riscaldati	2
Numero di piani non riscaldati	0
Comune	Milano
Provincia	MI
Zona climatica	E

Tabella 59 “Proprietà geometriche e termiche dell’edificio”

Descrizione della grandezza	U.M.	Valore
Superficie utile climatizzata di pavimento	[m ²]	289,21
Superficie lorda climatizzata di pavimento	[m ²]	358,75
Volume netto climatizzato	[m ³]	998,01
Volume lordo climatizzato	[m ³]	1309,44
Superficie disperdente interna	[m ²]	736,49
Superficie disperdente esterna	[m ²]	1122,65
Rapporto S/V	[m ⁻¹]	0,86

Tabella 60 “Dati relativi all’utenza e parametri gestionali”

Descrizione della grandezza	U.M.	Valore
Tipologia di ventilazione	Ventilazione meccanica a doppio flusso con recuperatore	
Indice di affollamento	Pers./m ²	0,06
Portata d’aria oraria per persona	m ³ / (h x pers.)	39,6
Efficienza del recuperatore	-	80%
Temperatura interna di regolazione per il riscaldamento	[°C]	20

Tabella 61 “Dati relativi all’utenza e parametri gestionali”

	Periodo di occupazione dell'edificio	Numero di persone medio giornaliero	Temperatura media giornaliera di set point invernale [°C]	Giorni di attivazione dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria
	[giorni]	[persone]	[°C]	[giorni]
Gennaio	23	15	20,00	23
Febbraio	30	15	20,00	30
Marzo	30	15	20,00	30
Aprile	30	15	20,00	30
Maggio	30	15	-	30
Giugno	30	15	-	30
Luglio	30	15	-	30
Agosto	1	1	-	1
Settembre	30	15	20,00	30
Ottobre	30	15	20,00	30
Novembre	30	15	20,00	30
Dicembre	18	15	20,00	18

Tabella 62 “Dati relativi alla fatturazione energetica”

Anno di fatturazione	Dati di fatturazione	U.M.	Tipo di combustibile
2008	9870	m ³	Gas metano
2009	9900	m ³	
2010	9300	m ³	

3.2.1 Descrizione dei componenti tecnologici costituenti l’edificio

3.2.1.1 Componenti trasparenti

In questa sezione vengono descritte tutte le tipologie di componenti trasparenti presenti nel fabbricato. Tutti i componenti finestrati sono composti da vetri normali e da telaio in legno duro di 70 mm di spessore. Non sono presenti chiusure oscuranti su alcuna tipologia di componente trasparente. Non sono tantomeno presenti, fra i componenti opachi, i cassonetti.

Tutti i componenti trasparenti, ad eccezione della tipologia di finestre 80x80, hanno schermature mobili ed in particolare veneziane bianche interne con un coefficiente di trasmissione pari a 0,05.

Le finestre presentano le seguenti caratteristiche:

Tabella 63 “Caratteristiche dei componenti trasparenti presenti nel fabbricato”

n°	Descrizione	Ambiente confinante	Orientamento	Numero di finestre	Area totale [m ²]
1	Finestra 150x150	Esterno	S	10	22,50
2	Finestra 150x240	Esterno	S	4	14,40
3	Finestra 150x150	Esterno	E	5	11,25
4	Finestra 150x150	Esterno	N	8	18,00
5	Finestra 80x80	Esterno	N	6	3,84
6	Finestra 150x150	Esterno	O	5	11,25

3.2.1.2 Componenti opachi

In questa sezione si riportano, ai fini della determinazione semplificata della trasmittanza termica, le caratteristiche dei componenti opachi. Non si hanno a disposizione dati precisi sulle stratigrafie dei componenti. I componenti opachi confinanti con l'esterno hanno un colore delle superfici esterne chiaro, corrispondente ad un fattore di assorbimento solare (α_{sol}) pari a 0,3.

Componenti opachi verticali

Ai fini della determinazione semplificata delle trasmittanze termiche, nel prospetto seguente, vengono riportate le caratteristiche termiche dei componenti edilizi presenti nell'edificio.

Superficie disperdente	Pannello prefabbricato in cls non isolato
Spessore [cm]	40

Tabella 64 “Caratteristiche dei componenti opachi presenti nel fabbricato”

n°	Descrizione	Confine	Orientamento	Quantità	Superficie [m ²]
1	Parete esterna da 40 cm	Esterno	S	-	71,34
2	Parete esterna da 40 cm	Esterno	E	-	50,13
3	Parete esterna da 40 cm	Esterno	N	-	84,43
4	Parete esterna da 40 cm	Esterno	O	-	50,13

Si omette di riportare informazioni sulle caratteristiche dei divisori interni poiché non strettamente necessarie ai fini del calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio, considerato anche che il valore di capacità termica viene stimato, in questo caso specifico, dal sistema esperto, in base alle seguenti scelte dell'utente:

Tabella 65 “Caratteristiche dei divisori interni presenti nel fabbricato”

Tipologia di intonaco	Gesso
Isolamento	Assente/esterno
Pareti esterne	Medie/pesanti
Pavimenti	Piastrelle
Numero di piani	2

Componenti opachi orizzontali

Nel prospetto seguente si riportano i valori delle trasmittanze termiche dei componenti opachi orizzontali presenti nell'edificio.

Tabella 66 “Caratteristiche dei componenti opachi trasparenti presenti nel fabbricato”

Superficie disperdente	Soletta piana in laterocemento
Spessore [cm]	35
Trasmittanza termica W/m ² K	1,35

n.	Descrizione	Confine	Orientamento	Quantità	Superficie [m ²]
1	Copertura su esterno 35 cm	Esterno	Orizzontale	-	190,49

Riepilogo delle superfici disperdenti opache confinanti con altri ambienti o con il terreno

Tabella 67 “Caratteristiche dei componenti opachi confinanti con altri ambienti o con il terreno”

Superficie disperdente	Basamento in cls su terreno
Spessore [cm]	30
Trasmittanza non nota [W/m ² K]	0,9
Confine	Pavimento controterra

Tabella 68 “Superfici disperdenti opache della zona confinanti con il terreno”

Descrizione componente	Confine	Orientamento	Quantità	Superficie [m ²]
Pavimento su terreno da 35 cm	Terreno	Orizzontale	-	208,73

Ponti termici

In questa sezione viene fornito un elenco dei ponti termici da considerare per il calcolo delle dispersioni termiche dell’edificio.

Tabella 69 “Ponti termici”

n°	Descrizione del ponte termico	Ambiente confinante	Lunghezza puntuale [m]	Quantità [-]	Lunghezza Totale [m]	ψ _i da utilizzare [W/mK]
1	Giunzioni tra pareti esterne e pavimento su terreno	Esterno	-	-	58,10	0,75
2	Giunzioni tra pareti esterne e solaio di copertura	Esterno	-	-	79,80	0,75
3	Giunzioni dovute a solai interpiano	Esterno	-	-	25,13	1,00
4	Interruzione di materiale dovuta ad pilastri	Esterno	3,30	18	59,40	1,15
5	Interruzione di continuità dovuta pareti interne	Esterno	3,30	7	23,10	1,00
6	Interruzione di forma dovuta ad angoli	Esterno	3,30	8	26,40	0,05

Non è stato considerato il ponte termico W11 relativo alla giunzione dei serramenti presenti con le pareti. Questo perché, essendo la trasmittanza termica lineica interna di questo particolare ponte termico pari a zero, lo scambio termico è nullo, e quindi non influente sui calcoli.

3.2.2 Descrizione delle zone nelle quali è suddiviso l’edificio

L’edificio in oggetto è un locale di modesta entità adibito ad ufficio e disposto su due piani. Il piano terra è appoggiato direttamente su terreno. Si riporta di seguito un prospetto riassuntivo delle zone costituenti il fabbricato.

Tabella 70 “Prospetto riassuntivo delle zone termiche dell’edificio”

Descrizione zona termica	Tipologia	Codice	Piano/Livello
Zona termica unica	Climatizzata	C1	T e 1

3.2.3 Descrizione degli impianti di riscaldamento e di generazione dell'acqua calda sanitaria

L'edificio è servito da un impianto di riscaldamento separato dall'impianto di generazione dell'acqua calda sanitaria. L'impianto di riscaldamento è costituito da un generatore ad aria calda a gas, bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento bistadio o modulante e da una rete di distribuzione dedicata. Per la generazione di acqua calda sanitaria vi è un boiler separato con una propria rete di distribuzione.

Il calcolo delle perdite dell'impianto e del fabbisogno di energia primaria è effettuato secondo UNI/TS 11300-2.

3.2.3.1 Impianto di riscaldamento

Stima del rendimento di emissione

Tabella 71 "Dati per il calcolo del rendimento di emissione"

Descrizione della variabile	Informazioni sulla variabile
Altezza locali [m]	Minore ai 4 metri
Tipo di terminale di erogazione	Aerotermi ad acqua

Stima del rendimento di regolazione

Tabella 72 "Dati per il calcolo del rendimento di regolazione"

Descrizione della variabile	Informazioni sulla variabile
Tipo di regolazione	Solo climatica - Compensazione con sonda esterna
Caratteristiche della regolazione	P banda prop. 0,5 °C
Tipologia di terminali	Sistemi ad elevata inerzia termica (Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente)

Stima del rendimento di distribuzione

Tabella 73 "Dati per il calcolo del rendimento di distribuzione"

Descrizione della variabile	Informazioni sulla variabile
Tipologia di impianto	Centralizzato a distribuzione orizzontale
Condizioni dell'isolamento della rete di distribuzione	Legge 10/91 (periodo di realizzazione dell'impianto: dopo il 1993)
Temperature di mandata e di ritorno di progetto	35/30 °C (impianto a pannelli)

Stima del rendimento di generazione

Tabella 74 "Dati per il calcolo del rendimento di generazione"

Descrizione della variabile	Informazioni sulla variabile
Tipologia di generazione di calore	Generatore ad aria calda a gas o gasolio, bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento bistadio o modulante.
Installazione	All'esterno

3.2.3.2 Impianto di generazione dell'acqua calda sanitaria

Vengono riportati di seguito i dati per il calcolo dei fabbisogni di energia per la produzione di acqua calda sanitaria.

Dati relativi al generatore

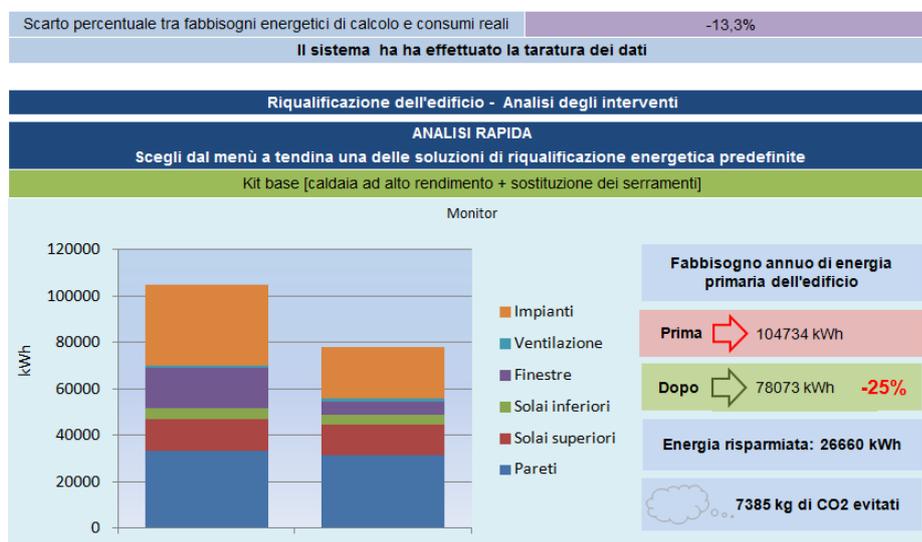
Tabella 75 “Dati relativi all’impianto di generazione dell’acs”

Tipologia di sistema di distribuzione	Installato dopo dell'entrata in vigore della legge 373/76
Tipo di apparecchio generatore	Bollitori ad accumulo a fuoco diretto
Versione di apparecchio	A camera aperta
Produzione di ACS	Separata dall'impianto di riscaldamento

3.2.4 Risultati

Dall’analisi si evince che i dati reali relativi alla fatturazione energetica sono discretamente in linea con il fabbisogno annuo di energia primaria dell’edificio come determinato dal sistema esperto anche in relazione agli input immessi dall’utente. Dal momento che lo scarto percentuale è superiore al 10% il sistema ha effettuato l’allineamento dei dati.

SISTEMA ESPERTO PER L'INDIVIDUAZIONE DI INTERVENTI DI QUALIFICAZIONE ENERGETICA Progetto: Edificio per uffici di modeste dimensioni

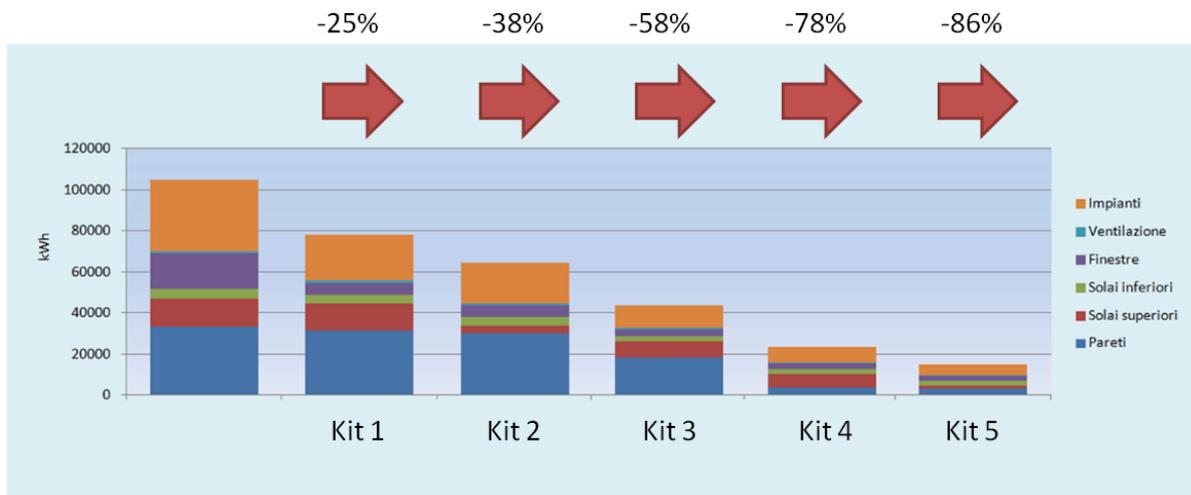


Menù
1 Dati generali e profilo d'utenza
2 Fabbricato: superfici opache disperdenti
3 Fabbricato: superfici trasparenti disperdenti
4 Ponti termici
5 Ventilazione meccanica Acqua calda sanitaria Emissione Regolazione Generazione Distribuzione Generazione

Tale passaggio si rende necessario per valutare l’accuratezza dei dati immessi; in seguito si può dunque procedere all’analisi rapida degli interventi di risparmio energetico. Il sistema esperto effettua infatti, tramite analisi rapida, la preventivazione degli interventi di riqualificazione energetica all’involucro edilizio e all’impianto attraverso comparazioni parametriche, sia per singoli interventi, sia per combinazioni di interventi migliorativi. L’analisi semplificata fornisce in default i seguenti pacchetti standard.

n.	Tipo di intervento	Fabbisogno di energia primaria	% di risparmio energetico
0	Fabbisogno annuo di energia primaria dell'edificio ante intervento	104734 kWh	-
1	Kit base [caldaia ad alto rendimento + sostituzione dei serramenti]	78073 kWh	-25%
2	Kit minimo [caldaia ad alto rendimento + sostituzione dei serramenti + isolamento del tetto]	64582 kWh	-38%
3	Kit intermedio 1 [Pompa di calore + sostituzione dei serramenti]	43808 kWh	-58%
4	Kit intermedio 2 [Pompa di calore + sostituzione dei serramenti + capotto termico su pareti]	23485 kWh	-78%
5	Kit super [Pompa di calore + capotto termico su pareti + isolamento del tetto + sostituzione dei serramenti]	15149 kWh	-86%

Nel grafico di seguito è possibile valutare graficamente, in relazione allo specifico caso studio applicativo, l'andamento del fabbisogno di energia primaria al variare degli interventi proposti dal sistema esperto.



Tramite l'analisi dettagliata è invece possibile determinare l'incidenza di ogni intervento di riqualificazione energetica sull'incremento della prestazione energetica dell'edificio valutando dunque l'apporto migliorativo dei singoli interventi.

Tabella 76 "Analisi dettagliata. Singoli interventi. Involucro"

n.	Riqualificazione dell'involucro edilizio	Fabbisogno di energia primaria	% di risparmio energetico
0	Fabbisogno annuo di energia primaria dell'edificio ante intervento	104734 kWh	-
1	Strutture opache orizzontali: isolamento dell'elemento di involucro superiore (solaio verso la copertura)	84861 kWh	-19%
2	Strutture opache orizzontali: isolamento dei pavimenti	98084 kWh	-6%
3	Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali	55239 kWh	-47%
4	Strutture opache verticali: sostituzione delle chiusure trasparenti	85092 kWh	-19%
5	Riqualificazione dell'intero involucro edilizio	8918 kWh	-91%

Tabella 77 "Analisi dettagliata. Singoli interventi. Impianti"

n.	Riqualificazione degli impianti	Fabbisogno di energia primaria	% di risparmio energetico
0	Fabbisogno annuo di energia primaria dell'edificio ante intervento	104734 kWh	-
6	Sistema di regolazione dell'impianto	104396 kWh	0 %
7	Isolamento delle tubazioni	104118 kWh	-1%

Tabella 78 "Analisi dettagliata. Singoli interventi. Impianti"

n.	Riqualificazione degli impianti	Fabbisogno di energia primaria	% di risparmio energetico
0	Fabbisogno annuo di energia primaria dell'edificio ante intervento	104734 kWh	-
8	Pompa di calore con motore elettrico con funzionamento modulante; sorgente fredda aria; pozzo caldo acqua; tipologia di terminali (del circuito idronico); alta temperatura (70/55 °C)	63862 kWh	-39%

n.	Riqualificazione degli impianti	Fabbisogno di energia primaria	% di risparmio energetico
9	Pompa di calore con motore elettrico con funzionamento modulante; sorgente fredda aria; pozzo caldo acqua; tipologia di terminali (del circuito idronico); media temperatura (50/40 °C)	61657 kWh	-41%
10	Pompa di calore con motore elettrico con funzionamento modulante; sorgente fredda aria; pozzo caldo acqua; tipologia di terminali (del circuito idronico); Bassa temperatura (35/30 °C)	59608 kWh	-43%
11	Pompa di calore con motore elettrico con funzionamento modulante; sorgente fredda acqua o terreno; pozzo caldo aria; alta temperatura (70/55 °C)	53122 kWh	-49%
11	Pompa di calore con motore elettrico con funzionamento modulante; sorgente fredda acqua o terreno; pozzo caldo acqua; alta temperatura (70/55 °C)	49275 kWh	-53%
12	Pompa di calore con motore elettrico con funzionamento modulante; sorgente fredda acqua o terreno; pozzo caldo acqua; alta temperatura (70/55 °C) + Impianto fotovoltaico con potenza di picco pari a 3 kW	46282 kWh	-56%
13	Sostituzione del generatore a fiamma con caldaia a condensazione ad altissima prestazione.	92652 kWh	-12%

Con l'individuazione delle seguenti combinazioni di interventi migliorativi si può arrivare ad una più che significativa riduzione del fabbisogno di energia primaria dell'edificio. Si presentano di seguito alcune soluzioni.

n.	Riqualificazione dell'involucro edilizio	Fabbisogno di energia primaria	% di risparmio energetico
1	Riqualificazione dell'intero involucro edilizio (isolamento del solaio verso la copertura + isolamento dei pavimenti + isolamento pareti perimetrali + sostituzione delle chiusure trasparenti) + Sostituzione del generatore a fiamma (caldaia)	8140 kWh	-92%
2	Riqualificazione dell'intero involucro edilizio (isolamento del solaio verso la copertura + isolamento dei pavimenti + isolamento pareti perimetrali + sostituzione delle chiusure trasparenti) + Sostituzione del generatore a fiamma (caldaia)+ Pompa di calore con motore elettrico con funzionamento modulante; sorgente fredda acqua o terreno; pozzo caldo acqua; bassa temperatura (35/30 °C)	8983 kWh	-95%

Conclusioni

Il sistema esperto consente l'individuazione dei principali interventi di riqualificazione energetica dell'edificio attraverso una procedura semplificata.

L'utente, non necessariamente specializzato nella materia e dopo aver definito il profilo di utenza reale, i dati relativi alla fatturazione energetica e le altre informazioni concernenti la caratterizzazione del fabbricato e degli impianti, può determinare il fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione invernale. Tale fabbisogno di calcolo sarà allineato in automatico al fabbisogno reale dell'edificio.

Dopo tale passaggio l'utente disporrà dei mezzi necessari per valutare quale, o quali, interventi di riqualificazione del fabbricato esistente sono maggiormente indicati per ottenere un risparmio energetico rilevante. I risparmi saranno tanto più cospicui quanto migliore sarà l'integrazione tra interventi operati sull'involucro e sul layout impiantistico.

La semplicità dell'interfaccia grafica, e la possibilità di individuare visivamente ed in tempo reale, le potenzialità offerte dagli interventi destinati a migliorarne l'efficienza dell'edificio (contenendo i consumi) e dell'ambiente (riducendo le emissioni e utilizzando in maniera ottimale le risorse energetiche) consentono a qualsiasi utente di prendere coscienza delle possibilità offerte dal potenziamento energetico del proprio edificio comprendendo quali sono gli interventi che forniscono resa maggiore.

La principale finalità del sistema è soprattutto quello di mettere nelle condizioni i decisori all'interno delle singole PA di trarre rapidamente delle conclusioni sulla fattibilità dei vari interventi e quindi di risparmiare tempo sui processi decisionali, indirizzando all'origine eventuali incarichi e/o commesse per interventi di riqualificazione energetica degli edifici.

4 Raccomandazioni

Il sistema esperto consente di valutare il risparmio in termini energetici a fronte di possibili interventi di riqualificazione. Tuttavia, accertata la fattibilità tecnica (incluso il rispetto di eventuali vincoli paesaggistici, ambientali, architettonici, archeologici), mancano quegli indicatori economici che sono di più facile comprensione per l'utente.

Per individuare le tecnologie appropriate di energy-saving si raccomanda quindi l'integrazione del software con l'aggiunta dei principali indicatori economici d'investimento utilizzabili in tali tipologie di valutazioni (ad es. valore attuale netto; indice di profitto; tasso interno di rendimento; tempo di ritorno attualizzato; tempo di ritorno semplice, ecc.) valutando così in parallelo anche le opportunità tecnico-economiche che essi offrono.

Tale aggiunta permetterebbe inoltre di riconoscere ed ottimizzare le modalità più convenienti di gestione del sistema fabbricato -impianto (tra cui i contratti di fornitura di energia, le modalità di conduzione, ecc.) ai fini di una riduzione dei costi di gestione.

L'attuale versione del sistema esperto prende in esame solamente i servizi relativi alla climatizzazione invernale, per fornire una panoramica in maggior misura completa si raccomanda di includere anche il servizio di climatizzazione estiva.

L'attuale sistema esperto è stato realizzato su file Excel, si raccomanda di trasferire il sistema su una piattaforma *on line*, allo scopo di migliorare la comunicabilità e l'interleggibilità consentendo tra l'altro la raccolta dei dati immessi dagli utenti per fini di ricerca.

Nel caso della realizzazione di un sistema "on web site" si potrebbe ideare una modalità per utilizzare nei calcoli dati climatici reali, validati dagli enti che gestiscono le stazioni di rilevazione dei dati.

Infatti va tenuto conto che i dati di fatturazione sono riferiti ad anni reali specifici mentre il calcolo energetico, seppur svolto con metodologia particolarmente semplificata, è realizzato rispetto agli anni meteorologici medi della UNI 10349:1994.

5 Riferimenti bibliografici

- [1] UNI 10339:1995 “Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d offerta, l’offerta, l’ordine e la fornitura.”
- [2] UNI/TS 11300-1 “Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale”.
- [3] UNI/TS 11300-2 “Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria”.
- [4] UNI/TS 11300-4 “Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria”.
- [5] UNI/TR 11328-1:2009 “Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia - Parte 1: Valutazione dell'energia raggiante ricevuta”
- [6] UNI EN 15603 “Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica”.

6 Breve curriculum scientifico del gruppo di lavoro impegnato nell’attività

Giovanni Riva – professore ordinario dell’Università Politecnica delle Marche, Direttore generale CTI, coordinatore dei gruppi di lavoro (GL) 403 “Sistemi di compressione ed espansione”, GL 903 “Energia da rifiuti”, GLM 1002 “Criteri di sostenibilità delle biomasse – Biocarburanti”

Roberto Nidasio – Ingegnere, sviluppatore metodi di calcolo e referente per l’attività di certificazione svolta dal CTI dei software commerciali per la certificazione delle prestazioni energetiche degli edifici. Ricopre il ruolo di Project leader di diversi gruppi di lavoro CTI mirati alla preparazione di norme tecniche degli impianti di climatizzazione e ventilazione.

Anna Martino – Architetto e referente all’interno del CTI di diversi gruppi di lavoro mirati alla preparazione di norme tecniche per la determinazione delle prestazioni energetiche degli edifici con particolare riferimento all’involucro edilizio.

Appendice A “Determinazione semplificata della trasmittanza termica dei componenti opachi in edifici esistenti”

Tabella 79 “Trasmittanza termica delle chiusure verticali opache^{a)b)} [W/(m²K)]”

Spessore [m]	Muratura di pietrame intonacata	Muratura di mattoni pieni intonacati sulle due facce	Muratura di mattoni semipieni o tufo	Pannello prefabbricato in cls non isolato	Parete a cassa vuota con mattoni forati ^{c)}
0,15	-	2,59	2,19	3,59	-
0,20	-	2,28	1,96	3,28	-
0,25	-	2,01	1,76	3,02	1,20
0,30	2,99	1,77	1,57	2,80	1,15
0,35	2,76	1,56	1,41	2,61	1,10
0,40	2,57	1,39	1,26	2,44	1,10
0,45	2,40	1,25	1,14	-	1,10
0,50	2,25	1,14	1,04	-	1,10
0,55	2,11	1,07	0,96	-	-
0,60	2,00	1,04	0,90	-	-

^{a)} I sottofinestra devono essere computati come strutture a parte.

^{b)} In presenza di strutture isolate dall'esterno, la trasmittanza della parete può essere calcolata sommando alla resistenza termica della struttura non isolata, scelta dal prospetto A.1, la resistenza termica dello strato isolante aggiunto.

^{c)} I valori della trasmittanza sono calcolati considerando la camera d'aria a tenuta.

Tabella 80 “Trasmittanza termica dei cassonetti [W/(m²K)]”

Tipologia di cassonetto	Trasmittanza termica
Cassonetto non isolato	6
Cassonetto isolato ^{a)}	1

a) Si considerano isolate quelle strutture che hanno un isolamento termico non minore di 2 cm

Tabella 81 “Trasmittanza termica delle chiusure verticali opache verso ambienti interni [W/(m²K)]”

Spessore [m]	Muratura di mattoni pieni intonacata sulle due facce	Muratura di mattoni forati intonacata sulle due facce	Parete in cls intonacata	Parete a cassa vuota con mattoni forati
0,15	2,10	1,65	2,61	-
0,20	1,89	1,35	2,42	-
0,25	1,70	1,15	2,26	1,11
0,30	1,53	1,00	2,11	0,99
0,35	1,37	0,88	1,99	0,98

Tabella 82 “Trasmittanza termica delle coperture piane e a falde [W/(m²K)]”

Spessore [m]	Soletta piana in laterocemento	Tetto a falda in laterizio	Tetto in legno
0,20	1,85	2,20	1,8
0,25	1,70	2,10	
0,30	1,50	1,80	
0,35	1,35	1,60	

Tabella 83 “Trasmittanza termica dei solai sotto ambienti non climatizzati [W/(m²K)]”

Spessore [m]	Soletta in laterocemento	Solaio prefabbricato in cls tipo Predalles
0,20	1,70	2,15
0,25	1,60	2,00
0,30	1,40	1,85
0,35	1,30	1,75

Tabella 84 “Trasmittanza termica dei solai a terra, su spazi aperti o su ambienti non climatizzati [W/(m²K)]”

Spessore [m]	Soletta in laterocemento su cantina	Soletta in laterocemento su vespaio o pilotis	Basamento in cls su terreno
0,20	1,45	1,75	2,00
0,25	1,35	1,65	1,80
0,30	1,25	1,50	1,65
0,35	1,15	1,30	1,50

Tabella 85 “Trasmittanza termica delle strutture coibentate [W/(m²K)]”

I dati riportati nel prospetto di seguito fanno riferimento a strutture edilizie realizzate in periodi in cui la legislazione prevedeva una verifica dell'isolamento termico degli edifici mediante un coefficiente medio globale di dispersione termica dell'involucro. I dati del prospetto A.7 rappresentano dei valori medi indicativi delle trasmittanze delle singole strutture che consentivano il rispetto dei limiti di legge in vigore nei periodi di costruzione rispettivamente indicati.

Spessore [m]	Zona climatica			
	C o D		E o F	
	Anno di costruzione			
	1976-1985	1986-1991	1976-1985	1986-1991
	Chiusure verticali opache			
0,25	1,20	0,81	0,81	0,61
0,30	1,15	0,79	0,79	0,60
0,35	1,10	0,76	0,76	0,59
0,40	1,10	0,76	0,76	0,59
	Chiusure verticali opache verso ambienti interni			
0,25	1,11	0,77	0,77	0,59
0,30	0,99	0,71	0,71	0,55
0,35	0,98	0,70	0,70	0,55
	Coperture piane			
0,20	1,85	1,06	1,06	0,75
0,25	1,70	1,01	1,01	0,72
0,30	1,50	0,93	0,93	0,68
0,35	1,35	0,88	0,88	0,65
	Coperture a falde			
0,20	2,20	1,17	1,17	0,80
0,25	2,10	1,14	1,14	0,78
0,30	1,80	1,05	1,05	0,74
0,35	1,60	0,97	0,97	0,70
	Solai sotto ambienti non climatizzati			
0,20	1,70	1,01	1,01	0,72
0,25	1,60	0,97	0,97	0,70
0,30	1,40	0,90	0,90	0,66
0,35	1,30	0,86	0,86	0,64
	Basamenti su vespaio o cantina			
0,20	1,45	1,06	1,06	0,84
0,25	1,35	1,00	1,00	0,81
0,30	1,25	0,95	0,95	0,77
0,35	1,15	0,90	0,90	0,73
	Basamenti su pilotis			
0,20	1,75	1,22	1,22	0,93
0,25	1,65	1,17	1,17	0,90
0,30	1,50	1,10	1,10	0,86
0,35	1,30	0,98	0,98	0,79
	Basamenti su terreno			

Spessore [m]	Zona climatica			
	C o D		E o F	
	Anno di costruzione			
	1976-1985	1986-1991	1976-1985	1986-1991
0,20	2,00	1,33	1,33	1,00
0,25	1,80	1,24	1,24	0,95
0,30	1,65	1,17	1,17	0,90
0,35	1,50	1,10	1,10	0,86

Appendice B “Determinazione semplificata della dei trasmittanza termica e dei parametri termici e solari dei componenti trasparenti”.

Tabella 86 “Trasmittanza termica di vetrate verticali doppie e triple riempite con diversi gas [W/(m²K)]

Vetrata				Tipo di gas nell'intercapedine (concentrazione del gas ≥ 90%)				
Tipo	Vetro	Emissività normale	Dimensioni mm	Aria	Argon	Krypton	SF ₆	Xenon
Vetrata doppia	Vetro normale	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8	3,0	2,6
			4-8-4	3,1	2,9	2,7	3,1	2,6
			4-12-4	2,8	2,7	2,6	3,1	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6
	Una lastra con trattamento superficiale	≤0,20	4-6-4	2,7	2,3	1,9	2,3	1,6
			4-8-4	2,4	2,1	1,7	2,4	1,6
			4-12-4	2,0	1,8	1,6	2,4	1,6
			4-16-4	1,8	1,6	1,6	2,5	1,6
	Una lastra con trattamento superficiale	≤0,15	4-6-4	2,6	2,3	1,8	2,2	1,5
			4-8-4	2,3	2,0	1,6	2,3	1,4
			4-12-4	1,9	1,6	1,5	2,3	1,5
			4-16-4	1,7	1,5	1,5	2,4	1,5
			4-20-4	1,7	1,5	1,5	2,4	1,5
	Una lastra con trattamento superficiale	≤0,10	4-6-4	2,6	2,2	1,7	2,1	1,4
			4-8-4	2,2	1,9	1,4	2,2	1,3
			4-12-4	1,8	1,5	1,3	2,3	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3	2,3	1,4
			4-20-4	1,6	1,4	1,4	2,3	1,4
	Una lastra con trattamento superficiale	≤0,05	4-6-4	2,5	2,1	1,5	2,0	1,2
4-8-4			2,1	1,7	1,3	2,1	1,1	
4-12-4			1,7	1,3	1,1	2,1	1,2	
4-16-4			1,4	1,2	1,2	2,2	1,2	
4-20-4			1,5	1,2	1,2	2,2	1,2	
Vetrata tripla	Vetro normale	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8	1,9	1,7
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7	1,9	1,6
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6	2,0	1,6
	Due lastre con trattamento superficiale	≤0,20	4-6-4-6-4	1,8	1,5	1,1	1,3	0,9
			4-8-4-8-4	1,5	1,3	1,0	1,3	0,8
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,8	1,3	0,8
	Due lastre con trattamento superficiale	≤0,15	4-6-4-6-4	1,7	1,4	1,1	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,5	1,2	0,9	1,2	0,8
			4-12-4-12-4	1,2	1,0	0,7	1,3	0,7
	Due lastre con trattamento superficiale	≤0,10	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0	1,1	0,8
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8	1,1	0,7
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6	1,2	0,6
Due lastre con trattamento superficiale	≤0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9	1,1	0,7	
		4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7	1,1	0,5	
		4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5	1,1	0,5	

Tabella 87 “Trasmittanza termica di telai per finestre, porte e porte finestre”

Materiale	Tipo	Trasmittanza termica U_f [W/(m ² K)]
Poliuretano	con anima di metallo e spessore di PUR ≥5 mm	2,8
PVC - profilo vuoto	con due camere cave	2,2
	con tre camere cave	2,0
Legno duro	spessore 70 mm	2,1
Legno tenero	spessore 70 mm	1,8
Metallo con taglio termico	distanza minima di 20 mm tra sezioni opposte di metallo	2,4

Tabella 88 “Trasmittanza termica di finestre con percentuale dell’area di telaio pari al 20% dell’area dell’intera finestra”

Tipo di vetrata	U_g [W/(m ² K)]	U_f [W/(m ² K)]												
		0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0
Singola	5,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	6,0
Doppia o tripla	3,3	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	4,1
	3,2	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	4,0
	3,1	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,9
	3,0	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,9
	2,9	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,8
	2,8	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,1	3,7
	2,7	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,1	3,6
	2,6	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,5
	2,5	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,5
	2,4	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,4
	2,3	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	3,3
	2,2	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	3,2
	2,1	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	3,1
	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	3,1
	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1
	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	3,0
	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,9
	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,8
	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,7
	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,7
1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6	
1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,5	
1,1	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,4	
1,0	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,3	
0,9	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3	
0,8	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	2,2	
0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	2,1	
0,6	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	2,0	
0,5	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,9	

Tabella 89 “Resistenza termica aggiuntiva per finestre con chiusure oscuranti”

Tipo di chiusura	Resistenza termica caratteristica della chiusura R_{shut} m^2K/W	Resistenze termiche aggiuntive per una specifica permeabilità all'aria delle chiusure ^{a)}		
		Alta permeabilità all'aria	Media permeabilità all'aria	Bassa permeabilità all'aria
Chiusure avvolgibili in alluminio	0,01	0,09	0,12	0,15
Chiusure avvolgibili in legno e plastica senza riempimento in schiuma	0,10	0,12	0,16	0,22
Chiusure avvolgibili in plastica con riempimento in schiuma	0,15	0,13	0,19	0,26
Chiusure in legno da 25 mm a 30 mm di spessore	0,20	0,14	0,22	0,30

Tabella 90 “Trasmittanza di energia solare totale $g_{gl,n}$ di alcuni tipi di vetro”

Tipo di vetro	$g_{gl,n}$
Vetro singolo	0,85
Doppio vetro normale	0,75
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo	0,67
Triplo vetro normale	0,70
Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo	0,50
Doppia finestra	0,75

Tabella 91 “Fattori di riduzione per alcuni tipi di tenda”

Tipo di tenda	Proprietà ottiche della tenda		Fattori di riduzione con	
	assorbimento	trasmissione	tenda interna	tenda esterna
Veneziane bianche	0,1	0,05	0,25	0,10
		0,1	0,30	0,15
		0,3	0,45	0,35
Tende bianche	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,80	0,75
		0,9	0,95	0,95
Tessuti colorati	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Tessuti rivestiti di alluminio	0,2	0,05	0,20	0,08