



Città di Portogruaro
Provincia di Venezia

VALUTAZIONE FABBISOGNO ENERGETICO EDIFICI COMUNALI

RELAZIONE

<ul style="list-style-type: none"> ● Scuola Elementare "G. Mameli" - Palestra ● Scuola Elementare "G. Mazzini" ● Delegazione Comunale Lugugnana ● Scuola Media "D. Bertolini" Lugugnana ● Palestra/Palestrina Comunale Lugugnana ● Scuola Materna "G. Rodari" ● Scuola Materna "C. Collodi" ● Scuola Materna "J. Piaget" - Elementare ● "M. Polo" - Palestra ● Scuola Elementare "M. Polo" ● Scuola Elementare "IV Novembre" ● Scuola Media "D. Bertolini" - Elementare ● "I. Nievo" - Palestra ● Scuola Media "D. Bertolini" - Palestra ● Alloggi Comunali 	<ul style="list-style-type: none"> ● Uffici Giudice di Pace ● Municipio ● Villa Comunale (Plessi A-B-C) ● Tribunale ● Palazzetto dello Sport - Palestrina ● Palestra comunale "P. G. Mecchia" ● Museo della Città ● Caserma Polizia Municipale ● Scuola Materna "Don Gildo de Marco" ● Scuola Elementare "D. Alighieri" ● Scuola Elementare "C. Battisti" ● Palestra Comunale Summaga ● Scuola Media "D. Bertolini" - Materna ● "Padre Bernardino da Portogruaro"
<p>TECNO-I STUDIO Ing. Paolo Campagna - Per. Ind. Vincenzo Milan Piazza Marinetti, 6 Portogruaro (VE) Tel./fax: 0421/394536 - 0421/276272</p>	<p>I TECNICI</p>

INDICE GENERALE

I. INQUADRAMENTO DEL LAVORO.....	2
II. FASI DEL LAVORO.....	2
1. REPERIMENTO ELABORATI GRAFICI.....	2
2. SOPRALLUOGO.....	2
3. RICERCA DOCUMENTAZIONE.....	2
4. CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA.....	3
5. ELABORAZIONE DEI RISULTATI.....	3
III. INVOLUCRO EDILIZIO.....	5
IV. DESCRIZIONE METODO DI CALCOLO.....	5
1. DEFINIZIONE DELLE TRASMITTANZE TERMICHE DELLE STRUTTURE.....	6
2. CALCOLO DELLA POTENZA TERMICA DISPERSA.....	6
3. CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO DI ZONA.....	7
4. CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO.....	7
5. CALCOLO DEL RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE E FABBISOGNO TERMICO ANNUO.....	7
V. PRECISAZIONI.....	8
VI. CONSIDERAZIONI FINALI.....	10
VII. ALLEGATO.....	11

I. INQUADRAMENTO DEL LAVORO

Gli elaborati sviluppati contengono la valutazione energetica dei fabbricati di proprietà del Comune di Portogruaro. Con il termine valutazione energetica si intende quel complesso di azioni tecniche che mirano alla determinazione del Fabbisogno di Energia Primaria per il riscaldamento degli ambienti nel periodo invernale; il Fabbisogno di Energia Primaria (FEP) è la quantità di energia necessaria all'impianto di riscaldamento per poter mantenere la temperatura interna dei locali del fabbricato in esame alla temperatura di 20°C per il periodo stagionale di riscaldamento stabilito, dall'art. 9 del DPR 412/93, in 183 giorni annui.

II. FASI DEL LAVORO

Le fasi del lavoro sono state le seguenti:

- Reperimento di elaborati grafici architettonici dei fabbricati;
- Sopralluogo con esame visivo e rilievo dei componenti edilizi ed impiantistici;
- Ricerca nell'archivio comunale di documenti descrittivi dei componenti edilizi;
- Calcolo del Fabbisogno di Energia Primaria sulla base della legislazione e normativa vigente;
- Elaborazione dei risultati con creazione delle "Schede Energetiche".

1. REPERIMENTO ELABORATI GRAFICI

Su richiesta all'Ufficio Tecnico Comunale sono stati reperiti elaborati grafici di ogni singolo fabbricato contenenti piante, sezioni e prospetti che sono serviti a fare un'analisi preventiva degli edifici e realizzare il sopralluogo conoscendone la morfologia, l'orientamento e la disposizione. I documenti trovati derivano da elaborati progettuali realizzati in occasione di interventi di costruzione, ristrutturazione, modifica o manutenzione dei fabbricati.

2. SOPRALLUOGO

Sulla base delle tavole di cui al punto 1. si sono svolti dei sopralluoghi nei fabbricati; tali sopralluoghi hanno avuto il duplice scopo di esaminare le strutture costituenti l'involucro edilizio e di controllare la rispondenza degli elaborati grafici a disposizione con la realtà. Sono stati controllati dal punto di vista dimensionale tutti i locali dei fabbricati e sono state rilevate le strutture caratterizzanti l'edificio quali pareti, serramenti, pavimenti, solai e coperture. Non tutti i componenti sono stati effettivamente visionati e rilevati causa inaccessibilità (Es: sottotetti non praticabili) od impossibilità di misura (Es.: pavimenti). Inoltre sono stati rilevati anche tutti i componenti impiantistici rilevanti ai fini del calcolo, quali i terminali di emissione, il tipo di distribuzione, la termoregolazione adottata, le caldaie installate ed in genere tutte le apparecchiature ausiliarie necessarie al funzionamento dell'impianto di riscaldamento.

3. RICERCA DOCUMENTAZIONE

La fase di ricerca di documenti inerenti interventi di applicazione di isolamento agli edifici e/o impiantistici è stata particolarmente laboriosa e lunga. Dall'analisi del database dei lavori pubblici sono state evidenziate le opere di rilevanza energetica, quindi, reperiti i relativi raccoglitori, sono stati controllati i documenti attestanti gli interventi realizzati ed estrapolati per farne copia. Questa operazione è stata molto importante ai fini dello svolgimento del lavoro in quanto ha permesso di fare un controllo incrociato tra quanto rilevato nei sopralluoghi e quanto documentato negli elaborati progettuali; in questo modo si sono ottenuti dei dati di calcolo affidabili e rispondenti alla realtà. In particolare sono da evidenziare le schede degli edifici redatte dall'Ing. Diego Sartorello all'interno del lavoro intitolato "Esercizio e manutenzione degli impianti termici, di produzione acqua calda e di condizionamento dell'aria negli edifici scolastici e pubblici" che forniscono indicazioni riguardo l'isolamento e la composizione delle strutture costituenti l'involucro edilizio dei fabbricati e le schede di consistenza delle centrali termiche elaborate dalla Manutencoop Facility Managemet Spa in occasione della partecipazione del bando di gara per l'affidamento del "Servizio Energia - Esercizio e Manutenzione degli impianti termici [...] negli edifici scolastici e pubblici"; laddove il sopralluogo e la ricerca in archivio siano risultate incomplete le schede suddette sono state di utile supporto per la determinazione dei dati da utilizzare nei calcoli.

4. CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA

Le fasi precedenti sono servite a definire i dati di calcolo per svolgere il calcolo del FEP. I dati reperiti sono:

- Caratteristiche dimensionali fabbricati;
- Orientamento e disposizione fabbricati;
- Caratteristiche termiche delle strutture dei fabbricati;
- Caratteristiche degli impianti termici installati con particolare riferimento ai sistemi di produzione, distribuzione, emissione e controllo.

Oltre a questi dati è stato necessario assumere altre ipotesi basate su parametri stabiliti dalla legislazione e normativa vigente; in particolare si sono valutati:

- Dati climatici del sito;
- Durata del periodo di riscaldamento;
- Tipologia di edificio trattato;
- Condizioni termiche da mantenere;
- Regime di funzionamento dell'impianto.

Da questi dati sono stati eseguiti i calcoli attraverso l'utilizzo di un apposito software.

5. ELABORAZIONE DEI RISULTATI

I risultati ottenuti dal calcolo sono stati elaborati e rappresentati attraverso un documento esemplificativo inserito come presentazione di ogni scheda di calcolo ed indicante:

- Dati morfologici e civici del fabbricato;
- Potenza termica ed installata dell'impianto;

- Certificato energetico del fabbricato;
- Ripartizione delle dispersioni.

La prima indicazione serve ad identificare il fabbricato ed a capirne l'importanza dal punto di vista dimensionale. La differenza tra la potenza installata e la potenza necessaria, derivante dal calcolo, fornisce un primo spunto di valutazione del rendimento di produzione del sistema che è, tra i quattro rendimenti fattori del rendimento globale dell'impianto, quello che maggiormente incide. Le ultime due indicazioni meritano un approfondimento maggiore in quanto rappresentano lo strumento di valutazione energetica sulla base del quale si fonda il contenuto del lavoro. Il certificato energetico fornisce il valore del fabbisogno specifico per la climatizzazione invernale dell'edificio ed ha lo scopo di rendere immediatamente individuabile, e quindi confrontabile, la situazione energetica del fabbricato; si sottolinea l'importanza di valutare il sistema edificio-impianto in quanto in alcuni metodi di calcolo si effettua la sola analisi dell'involucro edilizio calcolando il fabbisogno di energia per mantenere i locali, per il periodo di riscaldamento, ad una temperatura prefissata (20°C) senza rapportarlo con l'efficienza globale dell'impianto che aumenta tale fabbisogno tanto più marcatamente quanto minore è il rendimento globale del sistema. Il rendimento globale del sistema è il rapporto tra l'energia che effettivamente viene immessa nei locali e l'energia primaria fornita dal combustibile. Il valore è sempre minore dell'unità ed evidenzia le perdite energetiche che si ottengono per trasformare l'energia chimica del combustibile in energia termica necessaria per scaldare gli ambienti. Analiticamente il rendimento globale dell'impianto si ottiene dal prodotto di quattro rendimenti caratterizzanti il sistema:

- Rendimento di produzione;
- Rendimento di distribuzione;
- Rendimento di emissione;
- Rendimento di regolazione.

Il rendimento di produzione è definito come il rapporto tra l'energia termica fornita dal sistema di produzione ed il fabbisogno di energia primaria. Il rendimento di distribuzione è il rapporto tra il fabbisogno energetico utile reale delle zone e l'energia termica fornita dal sistema di produzione. Il rendimento di emissione è il rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con un sistema di emissione di riferimento in grado di fornire una temperatura perfettamente uniforme ed uguale nei vari ambienti ed il sistema di emissione reale nelle stesse condizioni di temperatura interna di riferimento e di temperatura esterna. Il rendimento di regolazione è il rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con una regolazione teorica perfetta e quello richiesto per il riscaldamento degli stessi ambienti con l'impianto di regolazione reale. Il valore del FEP così calcolato è quello che realmente l'impianto necessiterebbe in termini di energia chimica del combustibile se le condizioni di funzionamento fossero quelle considerate nel calcolo. Considerare il solo involucro edilizio nella valutazione energetica di un edificio si può definire quantomeno incompleto e non può dare l'idea di quanto un determinato impianto consuma mantenendolo in funzione 24 ore al giorno per 183 giorni all'anno (Zona climatica E). La differenza tra i valori del Fabbisogno dell'involucro edilizio (al netto delle perdite

impiantistiche) e i valori del Fabbisogno di Energia Primaria (comprensivo delle perdite impiantistiche) è evidenziata nel certificato energetico dai valori Peh e Peg. Per quanto riguarda lo schema sulla ripartizione delle dispersioni si è rappresentato simbolicamente un fabbricato tipo suddividendo l'involucro edilizio in quattro parti:

- Pavimento;
- Pareti;
- Serramenti;
- Copertura.

La rappresentazione evidenzia la quota parte di dispersione termica riferita al singolo gruppo di strutture rispetto la potenza totale dispersa; da notare il fatto che i valori sono presi in valore assoluto e quindi sono suscettibili della superficie disperdente che quel gruppo di strutture forma. In altre parole un gruppo di strutture può avere un'alta percentuale di dispersione sul totale non perché sia energeticamente scarsa, bensì perché occupa un'ampia superficie all'interno dell'involucro edilizio. In allegato alla presente relazione c'è il foglio di calcolo con le suddette ripartizioni.

III. INVOLUCRO EDILIZIO

Per involucro edilizio si intendono tutte le strutture che racchiudono il volume dell'edificio da riscaldare.

Dette strutture sono di due tipi:

- Opache;
- Finestrate (o trasparenti).

Le strutture opache sono quei componenti che hanno un coefficiente di trasmissione ai raggi solari basso e si identificano con i pavimenti, le pareti, i solai e le coperture. Le strutture trasparenti sono quei componenti che hanno un coefficiente di trasmissione ai raggi solari elevato (0,76 per un vetro singolo non trattato) e si identificano con le finestre, le porte finestrate ed i lucernari. Dal punto di vista energetico i punti deboli dei fabbricati sono le strutture finestrate in quanto solitamente hanno una trasmittanza termica (Potenza termica dispersa su m² per unità di grado Kelvin) che può essere anche di 6-7 volte superiore rispetto i componenti opachi. Esigenze di efficienza energetica porterebbero quindi a limitare la presenza di tali componenti nei fabbricati moderni; d'altro canto però una buona illuminazione naturale limita notevolmente l'uso dell'illuminazione artificiale diminuendo quindi i consumi energetici. Lo studio inoltre della conformazione, dell'orientamento e della posizione di locali completamente finestrati (serre) può portare addirittura a vantaggi energetici in quanto consentono lo sfruttamento degli apporti solari attraverso il cosiddetto "Effetto Serra" limitando quindi l'utilizzo dell'impianto di riscaldamento nelle ore centrali della giornata.

Questa breve descrizione dell'involucro edilizio fa intendere come uno studio approfondito di tutti i componenti di un edificio sia fondamentale per la valutazione energetica del sistema e che elementi apparentemente ininflui vanno a contribuire alla formazione del Fabbisogno Energetico dell'impianto.

IV. DESCRIZIONE METODO DI CALCOLO

Le normative tecniche di riferimento utilizzate per il calcolo sono:

- UNI 7357: Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento di edifici;
- UNI 10344: Riscaldamento degli edifici. Calcolo del fabbisogno di energia;
- UNI 10346: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Scambi di energia termica tra terreno ed edificio. Metodo di calcolo;
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati Climatici;
- UNI 10379: Riscaldamento degli edifici. Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato. Metodo di calcolo e verifica;
- UNI 10348: Riscaldamento degli edifici. Rendimenti dei sistemi di riscaldamento. Metodo di calcolo;
- UNI EN ISO 13788: Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale. Metodo di calcolo;
- UNI EN ISO 10077-1: Prestazione termica di finestre, porte e chiusure. Calcolo della trasmittanza termica. Metodo semplificato;
- UNI EN ISO 14683: Ponti termici in edilizia. Coefficiente di trasmissione termica lineica. Metodi semplificati e valori di riferimento;
- UNI EN 832: Prestazione termica degli edifici. Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento. Edifici residenziali;
- UNI EN ISO 13789:2001: Prestazione termica degli edifici - Coefficiente di perdita di calore per trasmissione - Metodo di calcolo.

La Legislazione di riferimento è:

- LEGGE N°10 del 09/01/1991: Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia;
- D.P.R. N°412 del 26/08/1993: Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10;
- D.P.R. N°551 del 21/12/1999: Regolamento recante modifiche al D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia;
- D. LGS N°192 del 27/09/2005: Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia;
- BOZZA PROVINCIA DI MILANO 24/01/2006: Certificazione energetica degli edifici - Procedura operativa.

Il metodo di calcolo utilizzato è formato da varie fasi:

1. DEFINIZIONE DELLE TRASMITTANZE TERMICHE DELLE STRUTTURE

Per ogni struttura opaca e finestrata si calcolano le trasmittanze termiche in funzione della loro composizione stratigrafica (Fig.1 e Fig.2).

2. CALCOLO DELLA POTENZA TERMICA DISPERSA

Per ogni locale od ogni zona del fabbricato si calcolano le dispersioni di calore in funzione dell'area disperdente, della differenza di temperatura tra l'ambiente interno e l'ambiente esterno (o non riscaldato), dell'esposizione, dei coefficienti di riduzione e delle trasmittanze termiche calcolate al punto 1. (Fig. 3).

3. CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO DI ZONA

Per ogni zona si eseguono i calcoli dei Fabbisogni Energetici Utili ideali in regime continuo (Q_h) ed in regime non continuo (Q_{hvs}) e dei Fabbisogni Energetici Utili reali in regime continuo (Q_{hrc}) ed in regime non continuo (Q_{hr}) (Fig. 4).

4. CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

Si eseguono i calcoli dei Fabbisogni Energetici richiesti al sistema di produzione in regime continuo (Q_{pc}) ed in regime non continuo (Q_p), e dei Fabbisogni di Energia Primaria in regime continuo ($Q_{continuo}$) ed in regime non continuo (Q) (Fig. 5).

5. CALCOLO DEL RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE E FABBISOGNO TERMICO ANNUO

Si esegue il calcolo del Rendimento Globale Medio Stagionale attraverso il rapporto tra il Fabbisogno Energetico Utile stagionale in regime non continuo ed il Fabbisogno di Energia Primaria stagionale in regime non continuo; il calcolo del Fabbisogno termico annuo si esegue attraverso il rapporto tra il Fabbisogno Convenzionale di Energia Primaria stagionale (trasformato in kWh) e la superficie netta (Fig. 6).

CARATTERISTICHE TERMICHE DEL COMPONENTE FINESTRATO							
Codice	: FIN45						
Descrizione	: FINESTRA 0.9x1.5 - 6/12/6 - L.						
	: Finestra vetrocamera 6/12/6 dim.0.9x1.5 in legno						
Tipo	: CF Componente finestrato						
	Ag	Af + Ap	Lg	Kg	Kf + Kp	Kl	Kw
Serramento							
Singolo	1,12	0,23	4,40	2,8180	1,8700	0,0400	2,7870
Conduttanza superficiale interna				W/m ² K :	7,700		
Conduttanza superficiale esterna				W/m ² K :	25,000		
Resistenza aggiuntiva per tapparelle				m ² K/W :	0,220		
Resistenza termica totale				m ² K/W :	0,443		
Trasmittanza totale				W/m ² K :	2,257		
LEGENDA							
Ag	Area del vetro						
Af	Area del telaio						
Ap	Area del pannello						
Lg	Lunghezza della superficie vetrata						
Kg	Trasmittanza termica dell'elemento vetrato			W/m ² K			
Kf	Trasmittanza termica del telaio			W/m ² K			
Kp	Trasmittanza termica del pannello			W/m ² K			
Kl	Trasmittanza lineica (nulla in caso di singolo vetro)			W/m ² K			
Kw	Trasmittanza termica totale del serramento			W/m ² K			

Fig. 1 - Componente Finestrato

CARATTERISTICHE TERMICHE DELLA STRUTTURA EDILIZIA								
Codice	: MUR11							
Descrizione	: MURO EST. LAT. SEMIPIENO ISOL.							
	: Muro esterno in mattone semipieno 25cm isolato							
Tipo	: VE Verticale verso l'esterno							
Caratteristiche degli strati (dall'esterno verso l'interno):								
Codice	Descrizione	s	l	C	r	da 10 ¹²	du 10 ¹²	R
		m	W/mK	W/m ² K	kg/m ³	kg/s m Pa	kg/s m Pa	m ² K/W
	Ambiente esterno							
	Resistenza superficiale esterna							0,0430
01	INT08 Intonaco calce e cemento	0,010000	0,900	90,000	1800	5,00	12,00	0,0110
02	MUR16 Muratura in mattoni (esterno)	0,250000	0,990	3,960	2000	24,00	24,00	0,2530
03	ISO19 Fibre min.: pann. semiarigid	0,050000	0,040	0,800	55	150,00	150,00	1,2500
04	INA06 Intercap. vert. da 60 mm	0,070000	0,380	5,429	1	187,52	187,52	0,1840
05	INT10 Intonaco di cartongesso	0,025000	0,600	24,000	750	23,00	23,00	0,0420
	Resistenza superficiale interna							0,1228
	Ambiente interno							
Totali struttura:								
Spessore totale					m :			0,405
Resistenza termica totale				m ² K/W :				1,906
Trasmittanza termica totale				W/m ² K :				0,5250
Capacità termica areica				kJ/m ² K :				3,975
Massa totale / superficiale / frontale				kg/m ² :				540 / 503 / 19

Fig. 2 - Componente Opaco

CARATTERISTICHE DEI LOCALI RISCALDATI													
Impianto termico	:	01	Impianto autonomo										
Zona	:	01	Zona Unica										
Locale	:	000003	Palestra										
Categoria dest. uso : E.6 Edifici adibiti ad attività sportive													
Temperatura interna di progetto (°C) : 20,00													
Ricambi d'aria naturali (vol/h) : 1,00													
Superficie in pianta locale (m²) : 93,60													
Volume netto locale (m³) : 308,88													
Superfici opache													
Esp.	Codice	Descrizione	Area (m²)	dt (°C)	co	C	Fs	Fer	a	A eq (m²)	Ufen (W/m²K)	Ucd (W/m²K)	Pt (W)
000001	SOL03	CONTROSOFF. ISO	93,60	21,0	1,00						0,4546	0,4640	910
E	MUR11	MURO EST. LAT. S	26,40	25,0	1,15	1,00	1,00	0,80	0,333	0,5239	0,5250	398	
N	MUR11	MURO EST. LAT. S	30,51	25,0	1,20	1,00	1,00	0,60	0,394	0,5239	0,5250	491	
NR	PAV03	PAVIM. INT. LATER	93,60	10,0	1,00					0,5078	0,4870	456	
S	MUR11	MURO EST. LAT. S	28,05	25,0	1,00	1,00	1,00	0,60	0,353	0,5239	0,5250	368	
Totali			272,16										2613
Superfici trasparenti													
Esp.	Codice	Descrizione	Area (m²)	dt (°C)	co	Fs	Fc	Ff	g	A eq (m²)	Ufen (W/m²K)	Ucd (W/m²K)	Pt (W)
N	FIN45	FINESTRA 0,8x1,5	8,10	25,0	1,20	1,00	0,80	0,83	0,67	3,604	2,2570	2,8187	685
S	PFIN39	PORTA-FIN. 1,05x2	4,84	25,0	1,00	1,00	0,80	0,86	0,67	2,231	2,2910	2,8246	342
	FIN46	FINESTRA 0,95x1,5	5,72	25,0	1,00	1,00	0,80	0,83	0,67	2,545	2,2560	2,8167	403
Totali			18,66										1430

Fig. 3 - Calcolo Potenza Termica dispersa

CALCOLO FABBISOGNO ENERGETICO DI ZONA										
Impianto termico	:	01	Impianto autonomo							
Zona termica	:	01	Zona Unica							
Sistema di regolazione : Solo di zona										
Tipologia di prodotto : Regolatore si/no a differenziale										
Terminale di erogazione : Ventilconvetori										
Rendimento di emissione : 0,98										
Regime di funzionamento impianto : Intermittente										
Ore attenuazione/spengimento fra le ore 16.00 e le 08.00 : 8										
Ore attenuazione/spengimento fra le ore 08.00 e le 16.00 : 2										
	Qt (MJ)	Qg (MJ)	Qv (MJ)	Qu (MJ)	Qa (MJ)	Ql (MJ)	Qse (MJ)	Qsi (MJ)	Qi (MJ)	g
Ottobre	2039	0	2529	876	568	6012	302	2755	2631	0,94
Novembre	3525	0	4373	1515	983	10396	181	1738	2546	0,42
Dicembre	4696	0	5825	2018	1309	13848	173	1711	2631	0,32
Gennaio	5133	0	6368	2206	1431	15138	181	1767	2631	0,29
Febbraio	4081	0	5062	1753	1138	12034	235	2191	2376	0,39
Marzo	3442	0	4269	1479	860	10149	316	2727	2831	0,54
Aprile	2202	0	2731	946	614	6492	334	2647	2546	0,84
25118 0 31157 10782 7003 74070 1721 15537 17992										
	nu	Qh (MJ)	fil	fig	k	Qhvs (MJ)	ne	nc	Qhr (MJ)	Qhrc (MJ)
Ottobre	0,7992	1406	0,8347	0,8278	1,0000	1203	0,98	0,91	1349	1577
Novembre	0,9713	6054	0,8460	0,8729	1,0000	5010	0,98	0,91	5618	6789
Dicembre	0,9874	9388	0,8534	0,9025	1,0000	7801	0,98	0,91	8748	10527
Gennaio	0,9900	10602	0,8565	0,9148	1,0000	8827	0,98	0,91	9898	11888
Febbraio	0,9772	7335	0,8522	0,8975	1,0000	6048	0,98	0,91	6782	8225
Marzo	0,9413	4790	0,8446	0,8673	1,0000	3931	0,98	0,91	4408	5371
Aprile	0,8381	1806	0,8363	0,8345	1,0000	1519	0,98	0,91	1703	2025
41381 34339 38505 46402										

Fig. 4 - Calcolo Fabbisogno Energetico di zona

FABBISOGNO ENERGETICO PER IMPIANTO DI RISCALDAMENTO					
Impianto termico	:	01	Impianto autonomo		
Regime di funzionamento:	Intermittente				
Presenza di ottimizzatore:	No				
Ore giornaliere di attivazione dell'impianto	:	14			
Rendimento di distribuzione	:	0,96			
Rendimento di regolazione (media pesata)	:	0,91			
Rendimento di emissione (media pesata)	:	0,98			
REGIME NON CONTINUO REGIME CONTINUO					
	Qhvs	Qp	Qpc		
Ottobre	1203	1405	1642		
Novembre	5010	5852	7072		
Dicembre	7801	9112	10965		
Gennaio	8827	10310	12384		
Febbraio	6048	7065	8568		
Marzo	3931	4592	5595		
Aprile	1519	1774	2110		
Totali	34339	40110	48336		
	Qhvs (MJ)	Qp (MJ)	Q (MJ)	np	Qcontinuo (MJ)
Ottobre	1203	1405	1923	0,7307	2452
Novembre	5010	5852	7107	0,8234	8924
Dicembre	7801	9112	10719	0,8501	13249
Gennaio	8827	10310	12039	0,8564	14811
Febbraio	6048	7065	8398	0,8412	10495
Marzo	3931	4592	5742	0,7998	7336
Aprile	1519	1774	2285	0,7764	2891
Totali	34339		48213		60159

Fig. 5 - Calcolo Fabbisogno Energetico Impianto

RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE (UNI 10348 9.)	
Fabbisogno energetico utile stagionale	(MJ) : 34339
Fabbisogno di energia primaria stagionale	(MJ) : 48213
Rendimento globale medio stagionale	: 0,7122
FABBISOGNO TERMICO ANNUO (D.L. 192 DEL 19/08/2005)	
Fabbisogno convenzionale di energia primaria	(MJ) : 60159
Fabbisogno termico annuo per metro quadrato	(KWh/m²anno) : 136,08

Fig. 6 - Calcolo Rendimento Globale e Fabbisogno Termico

V. PRECISAZIONI

Il calcolo del Fabbisogno di Energia Primaria svolto dipende, come evidenziato dalle schede di calcolo e dalla presente relazione, da molteplici fattori, quindi è suscettibile di variazioni rispetto il valore reale in maniera tanto più rilevante quanto più le condizioni reali si discostano da quanto assunto nei dati iniziali di

calcolo. Per prima cosa la definizione delle caratteristiche termiche dei componenti del fabbricato può essere svolto tramite quattro tecniche sostanzialmente diverse:

- Calcolo teorico sulla base della stratigrafia conosciuta da relazioni L.10/91, progetti esecutivi, ecc.;
- Calcolo teorico sulla base della stratigrafia rilevata eseguendo dei fori sulle strutture da analizzare;
- Edificio riconducibile ad una determinata tipologia edilizia di cui si conoscono le stratigrafie;
- Misura in opera attraverso l'utilizzo di un termoflussimetro.

I primi tre metodi sono teorici mentre l'ultimo è un metodo reale; questo significa che i valori definiti con i metodi teorici derivano da un calcolo matematico attraverso la seguente formula (valida per componenti opachi):

$$U = \frac{1}{(h_i^{-1} + \sum (\frac{s_i}{\lambda_i}) + h_e^{-1})}$$

dove

U = Trasmittanza o Coefficiente di scambio termico globale [W/mq K]

h_i = Coefficiente di scambio termico superficiale interno [W/mq K]

s_i = Spessore dello strato di materiale generico [m]

λ_i = Conduttività termica del materiale [W/m K]

h_e = Coefficiente di scambio termico superficiale esterno [W/mq K]

I valori definiti con il metodo reale invece derivano da un rilievo in opera e quindi, a patto che lo strumento sia affidabile, preciso ed opportunamente tarato, fornisce un valore che corrisponde alla realtà. La tecnica di misura utilizza un termoflussimetro (piastra generatrice di flusso termico), quattro sonde di temperatura e un acquisitore di dati corredato da un elaboratore. I dati che si ottengono con questa tecnica sono senza dubbio i più certi, ma richiedono tempi di esecuzione estremamente elevati; si pensi che per ottenere un valore mediamente stabile il termoflussimetro necessita di un tempo minimo di 36 ore per ogni singola struttura, il che richiederebbe, tenendo conto che per ogni fabbricato ci sono minimo 5-6 strutture da rilevare e che sono stati analizzati 28 fabbricati, tempi di esecuzione improponibili. Per questo motivo il metodo non è stato utilizzato. Si sono privilegiati quindi il primo ed il terzo metodo, lasciando come riserva il secondo laddove la prima analisi non avesse fornito dati affidabili. Il secondo motivo di attenzione nel calcolo è il fatto che il Fabbisogno di Energia Primaria calcolato secondo la legislazione e la normativa tecnica vigente è un calcolo convenzionale; questo significa che il valore del FEP non è il valore effettivo del Fabbisogno termico poiché il calcolo è condotto secondo i metodi attualmente imposti dalle leggi e dalle norme che spesso non rispecchiano perfettamente le condizioni reali di funzionamento degli impianti. In particolare si fa notare che il FEP si calcola considerando che l'impianto funzioni in regime continuo (24 ore al giorno) per tutta la durata del periodo di riscaldamento (183 giorni per la zona climatica E) mantenendo la temperatura interna dell'intero volume riscaldato costantemente a 20°C; si capisce che queste condizioni non sono quasi mai corrispondenti alla realtà nell'esercizio di un impianto quindi i consumi energetici si discosteranno dalla presente valutazione in funzione del regime reale di conduzione e funzionamento dell'impianto. Un discorso diverso invece si può fare per il Rendimento Globale Medio stagionale in quanto, pur utilizzando un metodo di calcolo teorico, è calcolato tenendo conto del regime intermittente dell'impianto, quindi indica con

condizioni più rispondenti alla realtà l'effettiva efficienza del sistema edificio-impianto; è da sottolineare comunque che il passaggio tra regime continuo a regime intermittente avviene attraverso dei coefficienti di riduzione calcolati in funzione del numero di ore di funzionamento dell'impianto e delle caratteristiche dell'edificio quindi, per la natura della formula analitica, fornisce una valutazione approssimata del rendimento.

VI. CONSIDERAZIONI FINALI

Dalla presente relazione è emerso il fatto che la valutazione energetica eseguita ed i relativi risultati derivano da un metodo di calcolo analitico che contiene delle approssimazioni (come qualsiasi algoritmo esistente); tali approssimazioni, unite a dati iniziali a volte non reali, portano a risultati convenzionali, valori cioè che possono contenere degli scostamenti rispetto i valori effettivi. Questo aspetto però non intacca l'importanza del lavoro svolto poiché attraverso le schede realizzate i fabbricati sono analizzati, schedati e classificati dal punto di vista energetico sulla base di strumenti di valutazione comune; per alcune tipologie di dati di calcolo infatti sono stati assunti valori uguali per tutti i fabbricati. La necessità di diagnosi e valutazione globale del parco edifici di proprietà comunale ha imposto di svolgere il calcolo ipotizzando condizioni comuni che sviluppasse dati confrontabili tra loro; ad esempio si è scelto di adottare modalità di funzionamento e condizioni termoisometriche dell'aria uguali per tutti gli impianti. I risultati così ottenuti hanno permesso di stabilire:

- Una classificazione dei fabbricati attraverso il confronto dei valori del FEP;
- Una classificazione sul fabbricato dei componenti a maggiore dispersione;
- Una valutazione sul fabbricato della reale potenza necessaria per il riscaldamento dei locali.

Questi aspetti possono stabilire due livelli di valutazione; il primo livello può servire a definire quali edifici necessitano di un intervento urgente di risanamento energetico e, una volta scelti i fabbricati sui quali intervenire, si possono valutare all'interno dell'edificio quali componenti hanno una maggiore dispersione percentuale dando priorità agli interventi di modifica di tali strutture. Ne deriva la possibilità di questo elaborato di diventare uno strumento molto utile alla pianificazione ed alla programmazione di interventi sui fabbricati pubblici in quanto fornisce degli elementi di valutazione indispensabili per una corretta gestione delle opere e degli impianti.

VII. ALLEGATO

PROGRESSIVO IMPIANTO	CODICE SCHEDA	FABBRICATO	DISP. TOTALI	PAVIMENTO	PARETI	SERRAMENTI	COPERTURA
1	01APM	Palestra scuola 'G. Mameli'	5302 100,00%	604 11,39%	1645 31,03%	1859 35,06%	1194 22,52%
2	01BSM	Scuola 'G. Mameli'	49407 100,00%	5842 11,82%	24363 49,31%	9387 19,00%	9815 19,87%
3	002SM	Scuola 'G. Mazzini'	48578 100,00%	6874 14,15%	25869 53,25%	10191 20,98%	5644 11,62%
4	003DC	Delegazione comunale Lugugnana	27816 100,00%	1331 4,79%	12492 44,91%	7162 25,75%	6831 24,56%
5	004SB	Scuola 'D. Bertolini' Lugugnana	82295 100,00%	16257 19,75%	23574 28,65%	27907 33,91%	14557 17,69%
6	005PL	Palestra Comunale Lugugnana	70978 100,00%	9672 13,63%	19807 27,91%	30024 42,30%	11475 16,17%
7	005PL	Palestrina Comunale Lugugnana	34778 100,00%	1181 3,40%	12676 36,45%	15224 43,77%	5697 16,38%
8	006SR	Scuola 'G. Rodari'	63297 100,00%	18405 29,08%	13885 21,94%	15983 25,25%	15024 23,74%
9	007SC	Scuola 'C. Collodi'	70562 100,00%	12073 17,11%	15835 22,44%	19731 27,96%	22923 32,49%
10	08SPP	Scuole 'J. Piaget' + 'M. Polo'	111261 100,00%	18699 16,81%	35112 31,56%	32405 29,13%	25045 22,51%
11	009SP	Scuola 'M. Polo'	108649 100,00%	12430 11,44%	30967 28,50%	28253 26,00%	36999 34,05%
12	010SN	Scuola 'IV Novembre'	168924 100,00%	32710 19,36%	41852 24,78%	41462 24,54%	52900 31,32%
13	011PB	Palestra 'D. Bertolini'	72125 100,00%	9452 13,11%	34352 47,63%	13243 18,36%	15078 20,91%
14	11SNB	Scuole 'I. Nievo' + 'D. Bertolini'	159364 100,00%	25376 15,92%	67057 42,08%	44578 27,97%	22353 14,03%
15	012SB	Scuola 'D. Bertolini'	394764 100,00%	35766 9,06%	75700 19,18%	103815 26,30%	179483 45,47%
16	013AC	Alloggi Comunali	7308 100,00%	1217 16,65%	1588 21,73%	1448 19,81%	3055 41,80%
17	014GP	Uffici Giudice di Pace Caldaia Murale	15745 100,00%	2351 14,93%	9079 57,66%	2036 12,93%	2279 14,47%
18	014GP	Uffici Giudice di Pace Teleriscaldamento	20591 100,00%	2571 12,49%	11068 53,75%	4449 21,61%	2503 12,16%
19	015MU	Municipio	69181 100,00%	10381 15,01%	31695 45,81%	21109 30,51%	5996 8,67%
20	016VC	Villa Comunale (Plessi A+B)	204143 100,00%	20623 10,10%	104890 51,38%	56686 27,77%	21944 10,75%
21	016VC	Villa Comunale (Plesso C)	37782 100,00%	4951 13,10%	22005 58,24%	7796 20,63%	3030 8,02%
22	017TR	Tribunale	105239 100,00%	9973 9,48%	52545 49,93%	19846 18,86%	22875 21,74%
23	018PS	Palestra Palazzetto dello Sport	74055 100,00%	8782 11,86%	21933 29,62%	29051 39,23%	14289 19,30%
24	018PS	Palestrina Palazzetto dello Sport	16788 100,00%	0 0,00%	3994 23,79%	8302 49,45%	4492 26,76%
25	019PM	Palestra 'P. G. Mecchia'	80428 100,00%	12540 15,59%	31845 39,59%	14316 17,80%	21727 27,01%
26	020MC	Museo della Città	13971 100,00%	2583 18,49%	6838 48,94%	1878 13,44%	2672 19,13%
27	021PM	Polizia Municipale	23359 100,00%	3445 14,75%	10823 46,33%	5259 22,51%	3832 16,40%
28	022SD	Scuola 'Don Gildo de Marco'	28391 100,00%	5440 19,16%	8103 28,54%	10189 35,89%	4659 16,41%
29	023SA	Scuola 'D. Alighieri'	44418 100,00%	5014 11,29%	23591 53,11%	7010 15,78%	8803 19,82%
30	024SB	Scuola 'C. Battisti'	57242 100,00%	7621 13,31%	37568 65,63%	9004 15,73%	3049 5,33%
31	025PS	Palestra Comunale Summaga	71733 100,00%	7119 9,92%	27994 39,03%	29327 40,88%	7293 10,17%
32	26SBP	Scuole 'D. Bertolini' + 'Padre Bernardino'	82295 100,00%	16257 19,75%	23574 28,65%	27907 33,91%	14557 17,69%

Tabella 1: Ripartizione dispersioni