

Bando CARIPLO 2008
RENDICONTAZIONE

**Audit Energetico degli edifici di proprietà dei
Comuni piccoli e medi**

Relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:

Villa di Serio (capofila)

Nembro

Pradalunga

I Il progetto presentato

1 Premessa

La presente relazione ha lo scopo di evidenziare, nell'ambito del progetto finanziato dalla Fondazione Cariplo "Audit Energetico degli edifici di proprietà dei Comuni piccoli e medi", quali sono stati, durante il tempo previsto per lo svolgimento dello stesso, gli obiettivi raggiunti, i risultati, il tempo impiegato e le spese sostenute anche in termini di risorse umane.

2 Descrizione sintetica del progetto presentato

Il progetto presentato coglie tutti gli elementi del Bando promosso dalla Fondazione CARIPLO "Audit energetici degli edifici di proprietà dei Comuni piccoli e medi".

Si divide pertanto nelle sue parti fondamentali:

Audit leggeri: consentono di effettuare una prima valutazione o censimento energetico del patrimonio edilizio esaminato. L'audit leggero produce una scheda energetico-anagrafica, per ogni edificio, contenente:

- i dati anagrafici dell'edificio;
- la sistematizzazione dei dati di consumo degli ultimi tre anni, ricavati dalla bollette;
- i risultati di un sopralluogo che individui il parco dispositivo-impiantistico, le caratteristiche termofisiche degli edifici e le inefficienze impiantistiche, strutturali e gestionali.

Per gli edifici oggetto di audit leggeri si forniscono comunque delle indicazioni qualitative su possibili interventi di riqualificazione energetica o su criteri di gestione ottimizzata degli impianti.

Audit di dettaglio: attraverso degli indicatori, o sulla base di evidenti situazioni di degrado del sistema edificio-impianto vengono selezionati edifici sui quali approfondire l'analisi per mezzo di un *audit energetico di dettaglio* che consentono di:

- ricostruire il bilancio energetico, sia termico che elettrico, negli usi finali;
- arrivare ad una valutazione del potenziale di risparmio, attraverso possibili interventi di carattere impiantistico o strutturale;
- eseguire un'analisi costi-benefici inclusiva di analisi del tempo di ritorno dell'investimento;
- una analisi sulla possibile riduzione delle emissioni di CO₂.

Formazione: scopo del bando è anche quello di trasmettere alle strutture tecniche delle Amministrazioni comunali le competenze necessarie per gestire il patrimonio edilizio oggetto degli audit. Il progetto prevede il trasferimento delle competenze in diversi modi:

- attraverso il coinvolgimento del personale, che sarà indicato nella fase di audit;
- attraverso corsi di formazione mirati rivolti al personale dell'Ufficio Tecnico Comunale;

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI - relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

- attraverso il trasferimento di strumenti per la gestione energetica del patrimonio stesso (schede, manuali e check-list di audit, semplici software di simulazione del comportamento energetico e ambientale dell'edificio, semplici software per la lettura e l'interpretazione dei dati ambientali rilevati, ecc.).

La formazione mira a fornire competenze tecniche in tematiche di efficienza e di diagnosi energetica, che il personale potrà utilizzare, al di là del progetto che ha come oggetto gli edifici di proprietà dell'Amministrazione, anche nei rapporti con i cittadini.

La gestione delle informazioni raccolte, sia negli audit leggeri che in quelli di dettaglio, è supportata da un data-base relazionale che verrà fornito alla fine del progetto.

Publicizzazione: è un elemento fondamentale di questa proposta che, oltre ad una funzione puramente tecnica ed economica diventa anche un importante veicolo di informazione verso il pubblico. Gli strumenti utilizzati per pubblicizzare il progetto mirano a raggiungere la fascia più ampia della popolazione con lo scopo evidente di promuovere il concetto stesso di efficienza energetica, dimostrare come "risparmiare si può" non solo negli edifici pubblici ma anche in quelli privati.

Monitoraggio e certificazione: i comuni di coinvolti ricadono tutti nel territorio della regione Lombardia e pertanto sono soggetti all'applicazione del DGR 8745 (ex 5773). Per tutti gli edifici scelti durante la fase di audit di dettaglio si predispone, pertanto, la certificazione energetica attraverso l'applicazione del decreto 15833 (procedura di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici), con il rilascio dell'attestato di certificazione energetica e della targa energetica da esporre in un luogo visibile dell'edificio. Su di essi è prevista l'installazione di un sistema di monitoraggio per cui sono stati acquistati dei mini-datalogger, strumenti di rilievo della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria ambientale di dimensioni ridotte. Il sistema, così come previsto dal Bando, deve produrre i dati richiesti dalla Fondazione Cariplo nella sezione Web Gis.

3 Indicazione dei costi complessivi e dell'ammontare del contributo richiesto

I costi complessivi del Progetto, come da preventivo presentato in fase di preparazione dell'offerta, sono i seguenti:

<i>Voce</i>	<i>Personale dei comuni</i>	<i>Personale gruppo audit</i>	<i>Certificatore energetico</i>	<i>Totale progetto</i>
A. Audit leggero	5100 €	14760 €	-	19860 €
B. Audit dettagliato	3000 €	8400 €	-	11400 €
C. Formazione	2400 €	5500 €	-	7900 €
D. Publicizzazione	2100 €	6240 €	-	8340 €
E. Certificazione energetica	-	-	4000 €	4000 €
F. Sistema di monitoraggio	2700 €	9804 €	-	12504 €
TOTALE	15300 €	44704 €	4000 €	64004 €

Costo complessivo progetto € **64.004,00**
Costo certificazione energetica € 4.000,00 (a carico dei comuni)

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI - relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

Totale netto	€	57.470,00 (la formazione è esclusa da IVA)
IVA (20%)	€	6.534,00
Contributo richiesto (max 70%)	€	44.704,00
Autofinanziamento (max 30%)	€	15.300,00
Costo software di monitoraggio	€	1.920,00 (< 5% del totale)
Costo sistema di monitoraggio	€	12.504,00 (< 25% del totale)

Il progetto ha subito le seguenti modifiche:

1. Il contributo finale deliberato dal Consiglio di Amministrazione della Fondazione Cariplo nella seduta del 22 luglio 2008 è stato di 43.800 €
2. I certificatori energetici sono stati interni al Comune (personale strutturato) per cui i 4.000 euro sono stati conteggiati in ore uomo.
3. Il costo dei datalogger e del software (ma non di tutti i software utilizzati per questa fase) sono stati inferiori a causa di uno sconto che la ditta ha realizzato al momento dell'acquisto per il gran numero di strumenti acquistati.

Si riporta un estratto del piano economico ridefinito.

PIANO DI SPESA	Preventivo	Consuntivo	differenza
01 - Acquisto di IMMOBILI			
02 - Ristrutturaz., Manutenz. e Restauro di IMMOBILI			
03 - Acquisto di arredi e attrezzature	4.210	1.727	2.771
04 - Altre spese per INVEST.AMMORT.			
06 - Personale strutturato	15.300	19.500	-4.200
07 - Personale non strutturato			
08 - Prestazioni professionali di terzi	44.494	42.073	2.133
09 - Spese correnti			
10 - Materiale di consumo			
11 - Altre spese GESTIONALI			
12 - IVA (non detraibile)			
TOTALE	64.004	63.300	704

4 Elenco degli edifici coinvolti nel progetto

cod	VILLA DI SERIO	
VDS01	Municipio	Via Papa Giovanni XXIII 60
VDS02	Biblioteca Comunale	Via Papa Giovanni XXIII 60

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI - relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

VDS03	Scuola Elementare Primaria	Piazza Europa
VDS04	Scuola Media	Via Dosie, 4
VDS05	Palestra Comunale	Via Europa
VDS06	Centro Sportivo	Via Cavalli
VDS07	Campo da tennis	Via Cavalli
VDS08	Centro Sociale	Via Dosie, 2
VDS09	Centro Diurno	Piazza Europa
cod	NEMBRO	
NMB01	Municipio	Via Roma 13
NMB02	Biblioteca	Via Ronchetti 25
NMB03	Sede centro anziani	Via Papa Giovanni XXII 10
NMB04	Centro Sportivo	Via Nembrini
NMB05	Scuola d'infanzia	Via San Jesus
NMB06	Scuola Primaria	Via Moscheni
NMB07	Palestra	Via Moscheni
NMB08	Scuola Primaria M Capelli	Via Ronchetti
NMB09	Palestra	Via Ronchetti
NMB10	Scuola S. Faustino e Palestrina	Via San Faustino
NMB11	Palestra	Via San Faustino
NMB12	Scuola Secondaria E Talpino	Via Carso
NMB13	Palestra	Via Carso
NMB14	Scuola Primaria	Via Garvano
NMB15	Palestra	Via Garvano
NMB16	Magazzino Comunale	Via Marconi
NMB17	Biblioteca comunale	Piazza Italia
NMB18	Casa Bonorandi	Via Ronchetti
NMB19	Villa Pelliccioli	Via Buonarroto
cod	PRADALUNGA	
PRL01	Scuola Primaria G.Rodari Cornale	Via Luigi Carrara
PRL02	Scuola Primaria Ghislanzoni	Via Vittorio Veneto 6
PRL03	Scuola Secondaria Papa Paolo VI	Via Aldo Moro 10
PRL04	Palestra Scuola Primaria Ghislanzoni	Via San Martino 24/A
PRL05	Centro Sociale	Via Aldo Moro 3
PRL06	Centro Sportivo	Via 1 Maggio
PRL07	Municipio	Via San Martino 24
PRL08	Palestra della scuola secondaria Papa paolo VI	Via San Martino 24

II Comparazione obiettivi-risultati

5 Premessa

La relazione si articolerà dividendosi nelle 6 fasi principali e per ognuna di esse sarà analizzata l'attività realizzata, gli obiettivi raggiunti, il tempo impiegato e le spese affrontate.

6 Diagnosi leggera

L'Audit leggero non è un semplice studio della consistenza, dal punto di vista energetico, del patrimonio, ma una analisi che contiene informazioni utili per fornire all'Amministrazione strumenti decisionali oggettivi per effettuare determinate scelte riguardo:

- approfondimenti (audit di dettaglio);
- miglioramento gestionale;
- interventi di riqualificazione.

Il metodo di analisi proposto per individuare i consumi energetici degli edifici in esame è di rapida e facile esecuzione; richiede pochi dati di base e tutti facilmente reperibili: volumetria lorda riscaldata, superficie lorda calpestabile, superficie disperdente dell'edificio, consumi annui di combustibile e di energia elettrica degli ultimi tre anni, gradi-giorno della località del comune di ubicazione dell'edificio.

La procedura di diagnosi prevede la raccolta di tutti i dati attraverso delle schede di diagnosi leggera, completate con una relazione descrittiva per ogni singolo edificio (si allega in coda un esempio di schede di diagnosi e relazione di audit).

In sintesi i dati disponibili attraverso la diagnosi energetica sono i seguenti:

- ubicazione dell'edificio;
- inquadramento urbanistico dell'edificio;
- documentazione fotografica dell'edificio;
- dati che caratterizzano la geometria dell'edificio (Superfici, volumi, ecc.);
- dati relativi ai consumi di energia termica ed elettrica negli ultimi tre anni (tagliati potranno essere mantenuti aggiornati, attraverso il data-base, anche per gli anni successivi);
- dati relativi ai contratti energetici;
- valutazione della consistenza impiantistica;
- valutazione dello stato di degrado dell'edificio;
- dati gestionali.

1 La partenza del progetto

Una volta ricevuta la comunicazione dalla Fondazione relativa all'assegnazione del contributo, la squadra dei tecnici diagnostici ha previsto un incontro con i tecnici comunali dei tre comuni coinvolti per stabilire un piano d'azione per la realizzazione prima di tutto degli audit energetici. Durante l'incontro

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI- relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

sono state esposte anche le successive fasi previste dal progetto, dando maggior rilievo alla formazione ed alla pubblicizzazione perché maggiormente coinvolgenti i tecnici stessi. La partecipazione durante gli incontri e durante le diverse fasi di audit, formazione, pubblicizzazione è stata attiva e ricercata. I tecnici comunali hanno considerato quest'esperienza una buona occasione per poter trarre informazione sullo sviluppo della normativa italiana in tema di efficienza energetica. Così come i tecnici diagnostici, sono stati sempre disposti a venire incontro ai tecnici comunali, nei tempi e nella trasparenza delle informazioni.

Parte delle ore dei tecnici sono state impiegate per il reperimento del materiale di sostegno all'attività di diagnosi, così come parte è stata impiegata per accompagnare la squadra di diagnostici durante i rilievi, velocizzare gli accessi, informare il personale occupante gli edifici, permettere l'accesso al locale caldaia.

I tecnici comunali maggiormente coinvolti durante la fase di audit e formazione sono stati:

Comune di Villa di Serio:

Arch. Silvio Cerea
Pianificatore Territoriale Lilliana Pezzoni
Geom. Fabio Conti

Comune di Nembro:

Geom. Elia Deretti
Arch. Domenico Leo

Comune di Pradalunga:

Sig.ra Monica Perani
Geom. Amleto Chiodelli

Il gruppo di lavoro dei tecnici diagnostici, organizzato dal prof Giuliano Dall'O', professore associato al dipartimento BEST del Politecnico di Milano, che si è occupato della realizzazione degli audit energetici e di dettaglio, della parte di formazione, pubblicizzazione e monitoraggio si è composto dalle seguenti persone:

arch Elena Lucchi, dottore di ricerca in Tecnologia e Progetto per la Qualità Ambientale a scala Edilizia e Urbana presso il dipartimento BEST del Politecnico di Milano. Assegnista di ricerca dal 2006 ad oggi con un progetto dedicato all'architettura a efficienza energetica e ambientale. Docente in master e corsi di formazione post lauream e dal 2006 docente a contratto presso il Politecnico di Milano;

arch Arianna Palano, specializzata in progettazione ad efficienza energetica attraverso il Master internazionale di bioarchitettura, è assegnista di ricerca dal 2006 ad oggi con un progetto dedicato all'architettura a efficienza energetica e ambientale. Docente in corsi di formazione post lauream per certificatori energetici degli edifici e tecnico esperto in certificazione e diagnosi energetica;

ing Maria Elisabetta Pili, ha frequentato il master ABITA presso l'Università degli studi di Firenze, attualmente si occupa di efficienza energetica con particolare attenzione ai software di modellazione e simulazione del comportamento energetico statico e dinamico degli edifici.

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI - relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

ing Guido Poliseo, ha frequentato il master RIDEF presso il Politecnico di Milano, attualmente si occupa di efficienza energetica con particolare attenzione agli aspetti tecnico-economici. Svolge attività di docenza all'interno di corsi di formazione per certificatori energetici.

2 Rilevazione dei consumi di energia

Il primo step ha riguardato il rilievo dei consumi, attraverso le bollette o fatture della centrale o delle centrali termiche dell'edificio in esame, relative ai 3 anni antecedenti a quello della diagnosi. Si sommano i consumi di combustibile dei tre anni e si dividono per 3 ottenendo così il consumo annuo medio di combustibile. Si prosegue analogamente per l'energia elettrica, ottenendo anche in questo caso il consumo medio annuo.

Per il comune di Pradalunga i tecnici comunali si sono impegnati a fornire le bollette interessate, mentre per i comuni di Villa di Serio e Nembro la gestione degli impianti energetici è regolata con un contratto di servizio energia e i dati di consumo sono stati forniti dal gestore del servizio, rilevati dal libretto di centrale.

3 Rilievo della volumetria lorda riscaldata, la superficie lorda ai piani e la superficie disperdente degli edifici

Le principali informazioni reperite durante la fase di rilievo degli edifici sono state:

Volumetria lorda riscaldata: ricavata dai disegni, quando possibile, oppure attraverso un rilievo geometrico dell'edificio. Sono escluse quelle parti dell'edificio non riscaldate (interrati, mansarde, magazzini, garage, etc.), ma sono state rilevate comunque poiché ambienti confinanti con diversa temperatura corrispondente.

Superficie lorda ai piani: analogamente alla volumetria, la superficie ai piani viene ricavata dalle planimetrie degli edifici o, in mancanza di queste, con rilievi diretti comprendendo nelle misure anche i muri divisorii, esclusi i muri perimetrali.

Superficie disperdente: la superficie disperdente è data dalla somma delle singole superfici che avvolgono il volume lordo riscaldato V (pareti perimetrali, tetti, solai di piano terra).



Fig. 1 Momenti di rilievo geometrico dell'edificio.

4 Rilievo delle componenti meccaniche

Per quanto riguarda gli impianti meccanici (climatizzazione, produzione di acqua calda, ecc.), sono stati effettuati i rilievi per acquisire informazioni riguardanti:

- caratteristiche tecniche dei principali componenti impiantistici (generatori di calore, sistemi di regolazione, elettropompe di circolazione, ecc.);
- caratteristiche tecniche dei terminali scaldanti (radiatori, pannelli radianti, ventilconvettori, ecc.);
- caratteristiche degli impianti per la produzione di acqua calda ad usi sanitari;
- caratteristiche tecniche di eventuali altri impianti presenti.

Per quanto riguarda gli *impianti elettrici*, sono stati effettuati i rilievi per valutare le caratteristiche di tutti i dispositivi e le apparecchiature, sono state raccolte le informazioni relative alle modalità d'uso dell'edificio o delle diverse zone climatiche (ore/giorno di funzionamento, giorni/anno di funzionamento, numero delle persone presenti, temperature ambientali, illuminamento, ecc.).



Fig. 2 Momenti di rilievo in centrale termica.

5 Analisi termografica

Nei tre comuni del raggruppamento è stata effettuata un'analisi termografica di tipo qualitativo su tutti gli edifici. L'analisi termografica è stata effettuata nelle condizioni ideali, che prevedono la presenza di un dislivello termico pari a 15 °C, l'assenza di radiazione infrarossa e di ventilazione naturale. Inoltre, nei tre giorni antecedenti all'analisi è stata verificata la mancanza di pioggia, nebbia o di altri fenomeni atmosferici che alterna i livelli termici della termografia IR. Gli impianti termici sono rimasti accesi per 24 ore prima dell'analisi, in modo da arrivare a un regime termico standard che consentisse di effettuare analisi attendibili.

Le operazioni hanno previsto il rilievo termografico in ambiente esterno ed interno. In ambiente esterno è stata valutata la presenza di ponti termici, di discontinuità termiche e materiche, di caduta e distacco degli intonaci, la prestazione energetica delle finestre e di problemi termoigrometrici. In ambiente interno ha valutato la presenza di ponti termici di forma e struttura, di condense superficiali e interstiziali, di muffa e di problemi igrometrici.

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI- relazione sui risultati raggiunti per i comuni di: Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

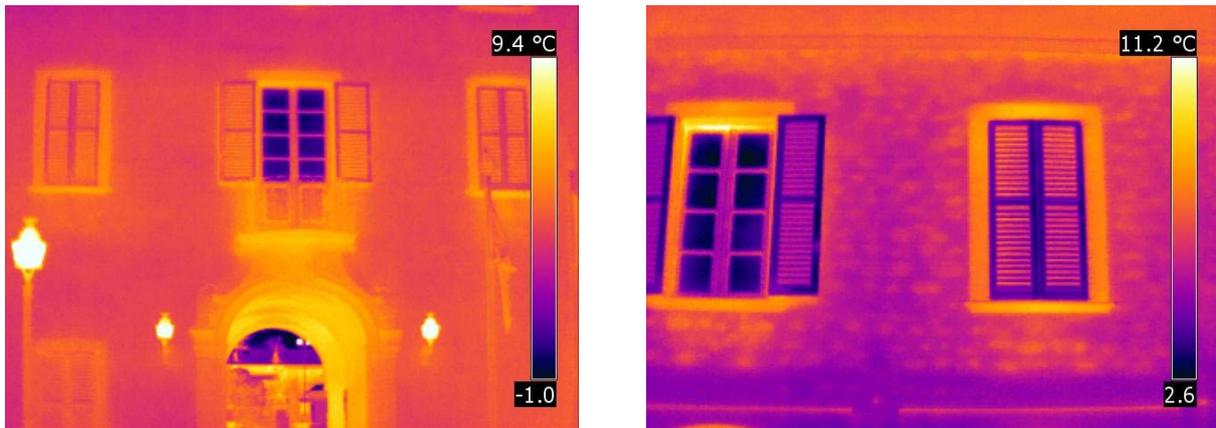


Fig. 3 Termografie del Municipio di Villa di Serio

Risultati dell'analisi termografica: L'elaborazione dei dati relativi all'analisi termografica effettuata sui comuni di Villa di Serio, Nembro e Pradalunga ha permesso di effettuare una serie di valutazioni comparate sul patrimonio immobiliare sottoposto al Bando Cariplo. Per ogni comune è stata valutata la percentuale con cui si manifesta il problema rispetto all'intero comparto edilizio.

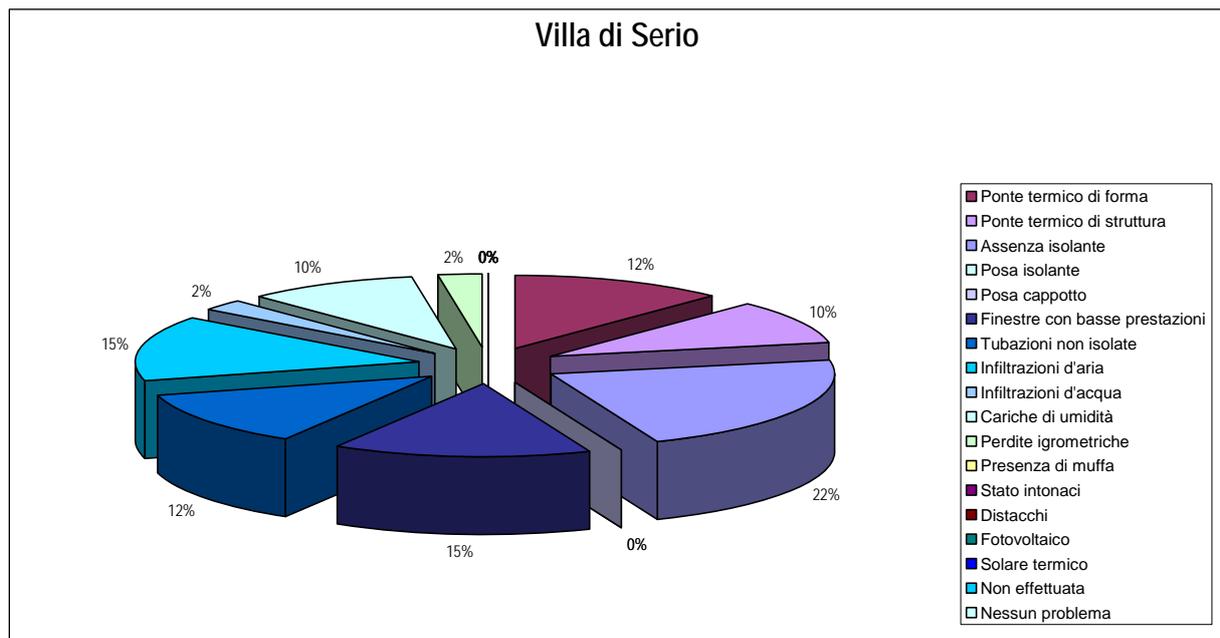


Grafico 1

L'analisi effettuata sul comparto edilizio di **Villa di Serio** ha dimostrato che le problematiche riscontrate nel Comune riguardano (Grafico 1):

- Presenza di ponti termici di forma (12%);
- Presenza di ponti termici di struttura (10%);
- Assenza di isolamento termico dell'involucro opaco (22%);
- Presenza di vetri e telai dotati di scarse prestazioni termiche (15%);
- Presenza di tubazioni non isolate termicamente (12%);

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI - relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

- Presenza di infiltrazioni di aria sull'involucro edilizio o nelle giunzioni strutturali dell'edificio (15%);
- Presenza di infiltrazioni o di perdite di acqua nelle pareti esterne e interne, nei tetti, nei solai di copertura (2%);
- Individuazione di aree cariche di umidità all'interno dell'isolamento delle coperture (10%);
- Localizzazione di perdite igrometriche su impianti idrici, fognari e di riscaldamento (2%).

Non sono state riscontrate le seguenti problematiche:

- Problemi nella posa in opera del materiale isolante;
- Problemi nella posa in opera del cappotto termico;
- Formazione di muffe per la presenza di condensa e funghi;
- Individuazione di distacchi o fessurazioni degli intonaci interni ed esterni;
- Localizzazione di cellule non funzionanti su impianti fotovoltaici o solari termici.

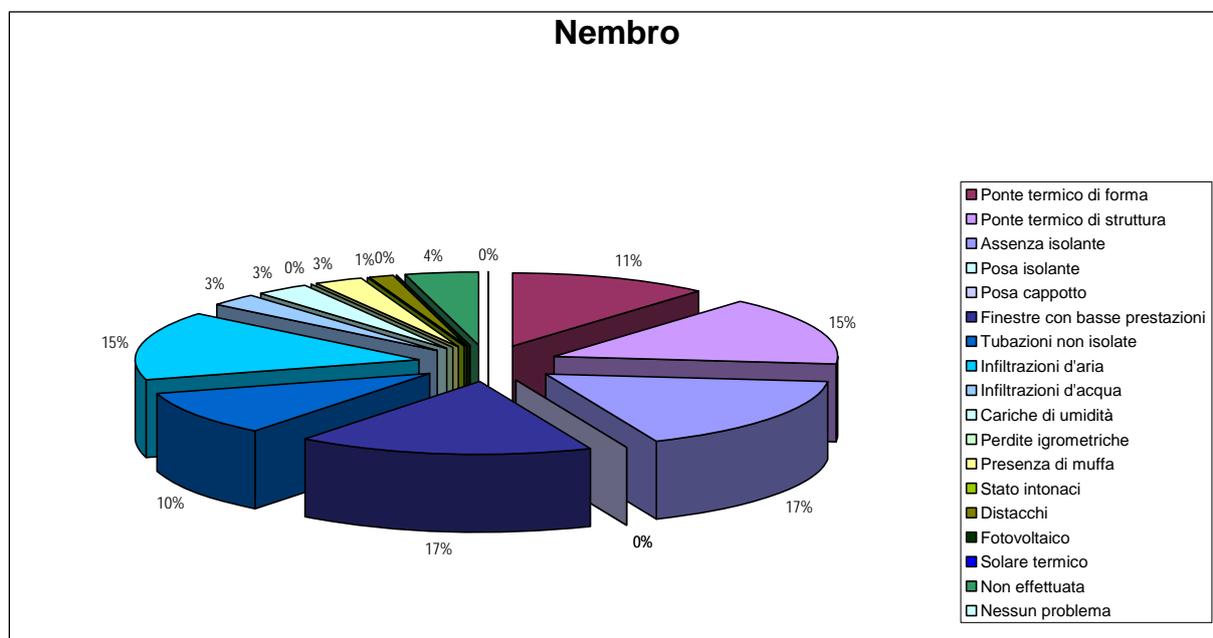


Grafico 2

L'analisi effettuata sul comparto edilizio di **Nembro** ha dimostrato che le problematiche riscontrate nel Comune riguardano (Grafico 2):

- Presenza di ponti termici di forma (11%);
- Presenza di ponti termici di struttura (15%);
- Assenza di isolamento termico dell'involucro opaco (17%);
- Presenza di vetri e telai dotati di scarse prestazioni termiche (17%);
- Presenza di tubazioni non isolate termicamente (10%);
- Presenza di infiltrazioni di aria sull'involucro edilizio o nelle giunzioni strutturali dell'edificio (15%);
- Presenza di infiltrazioni o di perdite di acqua nelle pareti esterne e interne, nei tetti, nei solai di copertura (3%);
- Individuazione di aree cariche di umidità all'interno dell'isolamento delle coperture (3%);
- Formazione di muffe per la presenza di condensa e funghi (3%);

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI- relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

- Individuazione di distacchi o fessurazioni degli intonaci interni ed esterni (1%);
- Localizzazione di cellule non funzionanti su impianti fotovoltaici o solari termici.

Non sono state riscontrate le seguenti problematiche:

- Problemi nella posa in opera del materiale isolante;
- Problemi nella posa in opera del cappotto termico;
- Localizzazione di perdite igrometriche su impianti idrici, fognari e di riscaldamento;
- Localizzazione di cellule non funzionanti su impianti fotovoltaici o solari termici.

Sul 4% di edifici non è stato possibile effettuare l'analisi termografica.

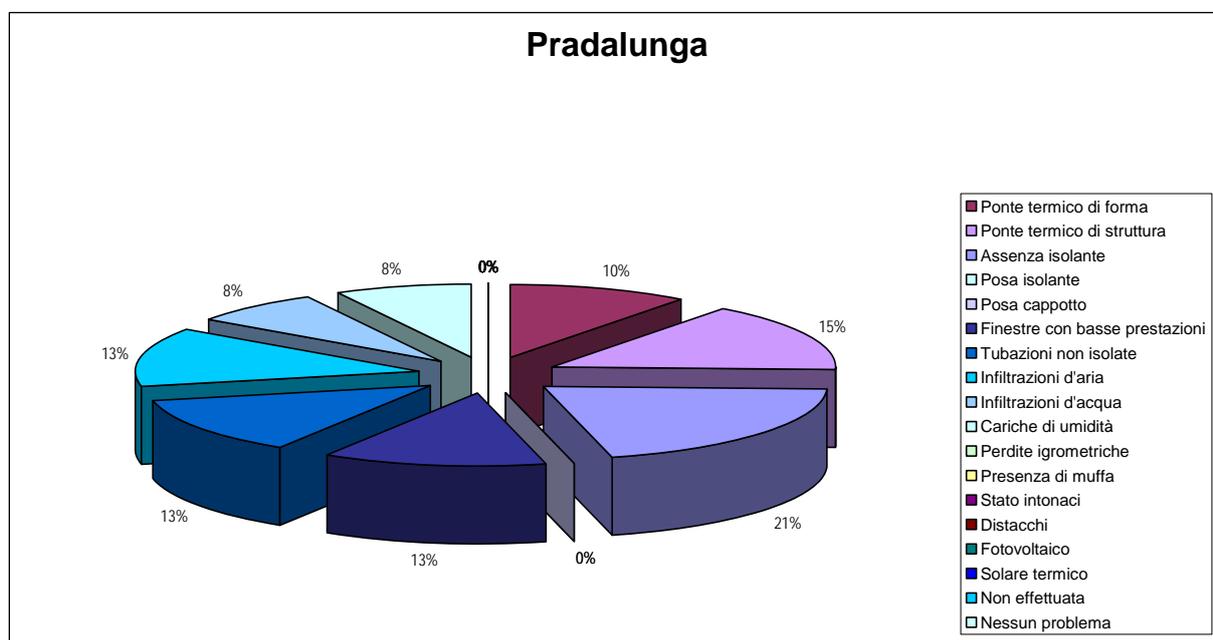


Grafico 3

L'analisi effettuata sul comparto edilizio di **Pradalunga** ha dimostrato che le problematiche riscontrate nel Comune riguardano (Grafico 3):

- Presenza di ponti termici di forma (10%);
- Presenza di ponti termici di struttura (15%);
- Assenza di isolamento termico dell'involucro opaco (21%);
- Presenza di vetri e telai dotati di scarse prestazioni termiche (13%);
- Presenza di tubazioni non isolate termicamente (13%);
- Presenza di infiltrazioni di aria sull'involucro edilizio o nelle giunzioni strutturali dell'edificio (13%);
- Presenza di infiltrazioni o di perdite di acqua nelle pareti esterne e interne, nei tetti, nei solai di copertura (8%);
- Individuazione di aree cariche di umidità all'interno dell'isolamento delle coperture (8%).

Non sono state riscontrate le seguenti problematiche:

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI - relazione sui risultati raggiunti per i comuni di: Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

- Problemi nella posa in opera del materiale isolante;
- Problemi nella posa in opera del cappotto termico;
- Formazione di muffe per la presenza di condensa e funghi;
- Individuazione di distacchi o fessurazioni degli intonaci interni ed esterni;
- Localizzazione di perdite igrometriche su impianti idrici, fognari e di riscaldamento;
- Localizzazione di cellule non funzionanti su impianti fotovoltaici o solari termici.

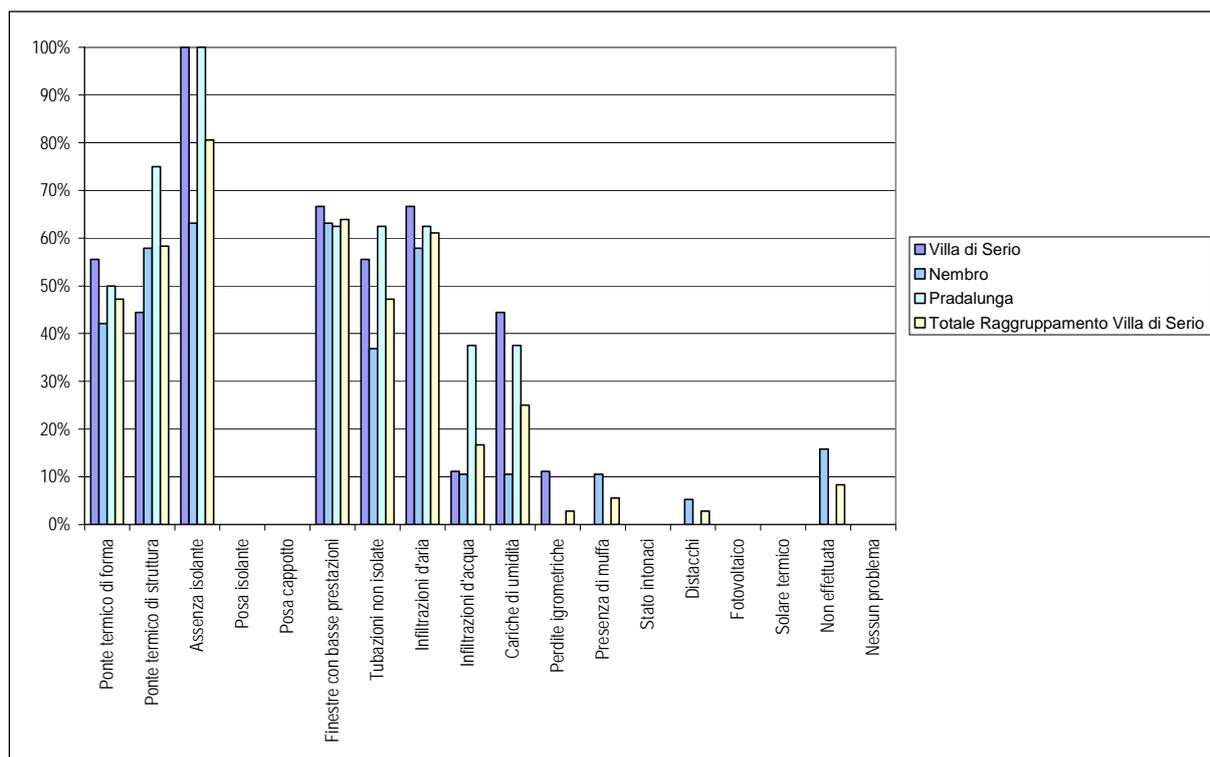


Grafico 4

Il confronto tra i dati rilevati nei tre comuni ha messo in evidenza le diverse problematiche riscontrate. I problemi principali riguardano l'involucro edilizio opaco e trasparente. Nel complesso si nota l'assenza di materiale isolante e, contemporaneamente, la presenza di vetri dotati di elevate dispersioni termiche. Vi è anche la presenza di ponti termici di forma e di struttura e di tubazioni non isolate termicamente. Altri problemi abbastanza diffusi riguardano le infiltrazioni d'aria. I problemi idrici e legati alla presenza di muffe, condense e di distacchi di intonaci sono meno rilevanti.

6 Individuazione dei Gradi-Giorno della località in cui è situato l'edificio

Per i confronti tra i consumi di combustibile per riscaldamento, occorre tener conto delle differenze climatiche delle località in cui sono situate le scuole. A tale scopo, i consumi specifici sono stati "destagionalizzati" attraverso i Gradi-Giorno (GG), che sono ottenuti come sommatoria delle differenze tra la temperatura interna di progetto (20 °C) e la temperatura media giornaliera esterna, per tutti i giorni di riscaldamento della stagione invernale di una determinata località.

In fase di diagnosi energetica sono stati confrontati i GG di legge (All. A del DPR 412/93), calcolati su base pluriennale, con i GG effettivi, forniti anno per anno, misurati dalla stazione di rilevamento di Orio

al Serio. Per tali valori si è assunto il valore medio dei GG reali degli ultimi tre anni, in analogia a quanto fatto per i consumi di combustibile.

7 Fattori di normalizzazione elaborati durante la fase di audit leggero

Fabbisogno stimato di Energia Primaria totale per il riscaldamento: è il risultato restituito dalla simulazione eseguita con il software CENED. Poiché il bando prevedeva anche la fase di certificazione energetica (estesa però agli edifici oggetto di audit pesante), da realizzarsi attraverso il software della Regione Lombardia, si è pensato di ricavare un indicatore stimato dei consumi ed inseguito specifico, utilizzando il modello di calcolo CENED. Per l'imputazione dei dati nel software è stato creato un foglio di calcolo che ha velocizzato la raccolta dati in fase di rilievo.

Fabbisogno stimato specifico di Energia Primaria totale per il riscaldamento: indica comunemente la classe energetica dell'edificio. Si calcola dividendo il Fabbisogno stimato di Energia Primaria totale per il riscaldamento per il volume o la superficie riscaldata.

Fabbisogno modificato di Energia Primaria totale per il riscaldamento: è il risultato dell'indicatore restituito dal software CENED modificato per tener conto dell'effettive condizioni di esercizio dell'edificio. In particolare sono stati considerati: i Gradi Giorni effettivi, l'effettivo tempo di utilizzo dell'edificio, il numero effettivo di occupanti e la temperatura di Set Point misurata durante i sopralluoghi. (da confrontare con il Fabbisogno reale di Energia Primaria totale per il riscaldamento).

Fabbisogno reale di Energia Primaria totale per il riscaldamento: si sommano i consumi di combustibile forniti dalle bollette dei tre anni precedenti e si dividono per 3 ottenendo così il consumo annuo medio di combustibile.

Indicatore Energetico Normalizzato per il Riscaldamento (IEN_r): è il consumo di combustibile riferito all'unità di volume lordo riscaldato, ai Gradi Giorno, e in base alle ore giornaliere di funzionamento e alla forma dell'edificio (fonte Enea "Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole"). A parità di volume riscaldato di due edifici, quello che ha una maggiore superficie disperdente consuma necessariamente più energia per il riscaldamento. L'incidenza di questo elemento è notevole per cui il consumo specifico della scuole in esame, perché sia comparabile con i consumi di riferimento delle scuole campioni, deve essere normalizzato, rispetto alla forma media di queste ultime, con un fattore che tenga conto della sua forma. Quest'ultima viene espressa dal rapporto tra la superficie disperdente dell'edificio e il suo volume lordo riscaldato (S/V).

Il volume riscaldato (V) e la superficie disperdente (S) sono già noti. Si calcola quindi il rapporto S/V. In corrispondenza di questo rapporto e della tipologia di scuola in esame si ricava, dalla tabella 2, il fattore di normalizzazione Fe. Il fattore Fe sarà moltiplicato successivamente per il consumo specifico per riscaldamento.

Indicatore Energetico Normalizzato per l'Energia Elettrica (IEN_e): è il rapporto tra il consumo medio annuo e la superficie utile normalizzato all'orario di funzionamento della scuola (fonte Enea "Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole"). In questo caso il fattore di normalizzazione vale sia per i consumi di energia termica che per quelli di elettricità, in quanto entrambi dipendono dalle ore di funzionamento dell'edificio. Il fattore Fh, trovato per l'edificio in esame, sarà successivamente

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI - relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

moltiplicato per il consumo specifico, per riscaldamento e per il consumo specifico di energia elettrica della stessa scuola.

I fattori di normalizzazione utilizzati nel metodo di diagnosi sono riportati nelle tabelle 1 e 2

Materne		Elementari		Altre Scuole, Uffici	
S/V m ² /m ³	Fe	S/V m ² /m ³	Fe	S/V m ² /m ³	Fe
sino a 0,40	1,2	sino a 0,30	1,2	sino a 0,25	1,1
da 0,41 a 0,50	1,1	da 0,31 a 0,35	1,1	da 0,26 a 0,30	1,0
da 0,51 a 0,60	1,0	da 0,36 a 0,40	1,0	da 0,31 a 0,40	0,9
oltre 0,60	0,9	da 0,41 a 0,45	0,9	oltre 0,40	0,8
		oltre 0,45	0,8		

Tab. 1 Fattori di normalizzazione Fe da utilizzare in funzione della tipologia dell'edificio e del rapporto tra superficie disperdente e volume lordo riscaldato (fonte: ENEA-FIRE, Guida per il contenimento energetico delle scuole)

Ore/giorno	Fh
sino a 6	1,2
7	1,1
8 - 9	1,0
10 - 11	0,9
oltre 11	0,8

Tab. 2 Fattori di normalizzazione Fh da utilizzare in funzione delle ore di funzionamento dell'impianto (fonte: ENEA-FIRE, Guida per il contenimento energetico delle scuole)

Per la parte consumo di energia elettrica, gli Indicatori Energetici Normalizzati IEN_E sono stati più semplicemente ricavati dal rapporto tra il consumo medio annuo e la superficie ai piani, normalizzato unicamente rispetto all'orario di funzionamento dell'edificio.

Consumi annui medi di combustibile per riscaldamento			
Gas Metano		m ³ x 9,59 =	kWh _t
Gasolio		l x 11,86 =	kWh _t
GPL		l x 12,79 =	kWh _t
Legna		kg x 2,91 =	kWh _t
Calore di rete		MJ x 0,37 =	kWh _t
Totale consumi annui			kWh _t [A]
Volumetria lorda riscaldata [V]			m ³ [B]

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI - relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

Gradi-Giorno convenzionali della località [GG]			[C]
Fattore di normalizzazione dovuto alla forma dell'edificio (S/V) [Fe]			[D]
Fattore di normalizzazione dovuto all'orario di funzionamento [Fh]			[C]
Calcolo dell'indicatore energetico normalizzato per riscaldamento IEN _R			
$IEN_R = \frac{[A] \times [D] \times [E] \times 1000}{[B] \times [C]}$			Wh _t /m ³ GG a

Tab. 3 Metodologia di calcolo degli Indicatori Energetici Normalizzati per gli usi termici IEN_T (fonte: ENEA-FIRE, Guida per il contenimento energetico delle scuole)

Consumi annui medi di energia elettrica			
Contratto (contatore) n°		kWh _e	
Contratto (contatore) n°		kWh _e	
Contratto (contatore) n°		kWh _e	
Contratto (contatore) n°		kWh _e	
Totale consumo annuo edificio		kWh _e [A]	
Superficie lorda ai piani dell'edifici [Ap]			m ² [B]
Fattore di normalizzazione rispetto alle ore di funzionamento [Fh]			[C]
Calcolo dell'indicatore energetico normalizzato per usi elettrici IEN _E			
$IEN_E = \frac{[A] \times [C]}{[B]}$			Wh _e /m ² a

Tab. 4 Metodologia di calcolo degli Indicatori Energetici Normalizzati per gli usi termici IEN_E (fonte: ENEA-FIRE, Guida per il contenimento energetico delle scuole)

Nello schema della tabella 3 è illustrata la metodologia per il calcolo degli Indicatori Energetici Normalizzati per gli usi termici IEN_T, mentre in tabella 4 è illustrata la metodologia per il calcolo degli Indicatori Energetici Normalizzati per gli usi elettrici IEN_E.

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI - relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

NOME EDIFICIO							
DATI GENERALI	piano	lorda (m ²)	spessore (m)	netta (m ²)	volume L (m ³)	volume N (m ³)	h lorda (m)
	Interrato	178,83	0,2	162,7353	733,203	513,2421	4,1
	Terra	1430	0,2	1301,30	5434,00	3803,80	3,8
	Primo	1193	0,2	1085,91	4534,58	3174,20	3,8
	Secondo	905,37	0,2	823,89	3440,41	2408,28	3,8
	Terzo	0	0,5	0	0	0	0
	Quarto	0	0,5	0	0	0	0
	TOT	3708		3374	14142	9900	
PARETI OPACHE VERTICALI ESTERNE	piano	perim. T1 (m)	SL T1 (m ²)	SN T1 (m ²)	perim. T2 (m)	SL T2 (m ²)	SN T2 (m ²)
	Interrato	0	0		0	0	
	Terra	207,7	789,26		0	0	
	Primo	261,06	992,028		0	0	
	Secondo	158,61	602,718		0	0	
	Terzo	0	0		0	0	
	Quarto	0	0		0	0	
	TOT		2384	1847		0	0
PARETI VERTICALI DISPERDENTI SU SCALA E ANDRONE	piano	n° porte	Area 1 porta	Area porte	P parete	A parete lorda	A parete netta
	Interrato	0	0	0	0	0	0
	Terra	0	0	0	0	0	0
	Primo	0	0	0	0	0	0
	Secondo	0	0	0	0	0	0
	Terzo	0	0	0	0	0	0
	Quarto	0	0	0	0	0	0
	TOT	0		0			0
ALTRE SUPERFICI DISPERDENTI	tipologia	amb.confinante		superficie			
	Solai basamentali tipo 1	Terreno		1442			
	Solai basamentali tipo 2	Esterno		80			
	Solai basamentali tipo 3	Vespaio areato		0			
	Solai di copertura tipo 1	Esterno/Cave		905			
	Solai di copertura tipo 2	Esterno/Cave		613			
	Solai di copertura tipo 3	Esterno/Cave		0			
	tipologia	amb.confinante	P parete	piano	superficie		
	Pareti interne tipo 1	Terreno	49,14	Interrato	201,47		
	Pareti interne tipo 2	Esterno/Cave	23,38	Terra	88,84		
	Pareti interne tipo 3	Garage	0	Terra	0,00		
Pareti interne tipo 4	Garage	0	Terra	0,00			
Pareti interne tipo 5	Garage	0	Terra	0,00			

Fig. 4 Interfaccia del foglio di calcolo in ausilio alla stima dei fattori normalizzati

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI- relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

consumi (kW)						
Anni riferim.	2005	2006	2007	Sup disper.	Media (kW)	Media (kWh)
Cons. termici	83.894	80.867	82.434	5714	82398	790198
Cons. elettrici	49.171	40.295	43.260		44242,1	44242

DATI								
Comune	n. occupanti	g risc reali	tipologia	h/g funzion.	GG	S/V	Fe	Fh
Seriate	350	140	Medie	13	2530	0,404	0,8	0,8

INDICATORE	Unità di misura	valore
Energia termica per unità di superficie	(kWh/m ² anno)	0
Energia termica per unità di volume	(kWh/m ³ anno)	55,88
Energia termica per numero di occupanti	(kWh/nr. pers.*anno)	2257,71
Energia elettrica per unità di superficie	(kWh/m ² anno)	0
Energia elettrica per unità di volume	(kWh/m ³ anno)	3,13
Energia elettrica per numero di occupanti	(kWh/ nr. pers.*anno)	126,41
Fabbisogno stimato di Energia Primaria totale per il riscaldamento	(kWh)	1801125,1
Fabbisogno modificato di Energia Primaria totale per il riscaldamento	(kWh)	614843,89
Fabbisogno reale di Energia Primaria totale per il riscaldamento	(kWh)	790198
Indicatore Energetico Normalizzato per il Riscaldamento (IENr)	(kWh/m ² *GG*anno)	14,13
Indicatore Energetico Normalizzato per l'Energia Elettrica (IENE)	(kWh/m ² *anno)	9,55
Potenza termica al focolare nominale dei generatori di calore	(kWth)	700,44
Potenza termica al focolare di progetto dei generatori di calore	(kWth)	387,8
Sovrastima potenza di progetto	(%)	181

Fig. 5 Interfaccia del foglio di calcolo in ausilio alla stima dei fattori normalizzati

8 Stesura della relazione di audit energetico leggero

I dati ricavati descritti nei paragrafi precedenti sono stati rielaborati in una relazione finale riguardante l'audit leggero, una per ogni edificio. Oltre ai dati catastali e geometrici dell'edificio, sono state riportate tutte le informazioni riguardanti l'epoca costruttiva, la tipologia di struttura portante, le caratteristiche principali riguardanti i tamponamenti, l'involucro opaco disperdente, i serramenti e gli impianti. A sostegno della relazione sono state prodotte delle schede di audit:

- Scheda 1.0 – Dati Amministrativi e generali
- Scheda 2.0 – Dati di consumo termico ed elettrico
- Scheda 3.0 – Modalità di funzionamento dell'edificio
- Schede 4.0 – Caratteristiche geometriche edificio
- Scheda 4.1 – Caratteristiche dell'involucro edilizio
- Scheda 4.4 – Rilievo fotografico
- Scheda 5.0 – Caratteristiche degli impianti

- **Scheda 6.0 – Check List interventi retrofit**
- **Schede 8.0 – Rilievo termografico**

La relazione rielabora i dati contenuti in queste schede e aggiunge indicazioni riguardanti i possibili interventi retrofit realizzabili per l'edificio analizzato. Essendo un audit leggero ci si è limitati a indicare solo gli interventi più appropriati.

9 Tempi di realizzazione

Il lavoro di diagnosi leggera ha coinvolto i tecnici comunali e i diagnostici fin dall'inizio, dal mese di settembre 2008. Nei mesi di settembre, ottobre e novembre sono stati realizzati tutti i sopralluoghi relativi agli edifici in elenco. I dati raccolti sono stati catalogati e rielaborati man mano producendo le relazioni di audit, concludendo la fase nel mese di novembre. I tecnici comunali hanno impiegato le ore uomo a disposizione nella ricerca del materiale, nella catalogazione dei file, nell'organizzazione dei rilievi, nel coinvolgimento del personale scolastico, nella raccolta dei questionari di comfort distribuiti durante i rilievi. La squadra di diagnostici ha rilevato gli edifici, geometricamente e con reportage fotografici, ha raccolto i dati d'impianto e visitato le centrali termiche di tutti gli edifici, raccogliendo i dati richiesti descritti prima. La fase successiva di rielaborazione è stata più lunga e si è protratta fino a novembre.

7 Diagnosi di dettaglio

I tecnici comunali con la squadra di diagnostici, hanno individuato gli edifici che sarebbero stati poi oggetto di diagnosi più approfondita, basandosi sulla possibilità che essa offre di entrare in dettaglio nell'analisi dell'edificio e ipotizzare concretamente le proposte migliorative di retrofit.

Questi gli edifici oggetto di audit dettagliato per il raggruppamento con capofila Villa di Serio:

cod	VILLA DI SERIO	
VDS03	Scuola Elementare Primaria	Piazza Europa
cod	NEMBRO	
NMB01	Municipio	Via Roma 13
NMB12	Scuola Secondaria E Talpino	Via Carso
cod	PRADALUNGA	
PRL01	Scuola Primaria G.Rodari Cornale	Via Luigi Carrara

1 La procedura utilizzata

L'audit energetico di dettaglio integra dati raccolti sul campo (a seguito di sopralluoghi), con strumenti di calcolo (elaborazione di un modello matematico dell'edificio/impianti), attraverso cui individuare e analizzare interventi di riqualificazione energetica dell'edificio. L'edificio viene suddiviso in *zone termiche*, intendendo con questo termine una parte dell'edificio servita da un impianto di climatizzazione o da un sistema di distribuzione o regolazione della temperatura indipendente. In alcuni edifici dotati di impianti che non sono in grado di gestire una zona termica in modo indipendente è opportuno

comunque, già in fase di indagine sul campo, individuare quelle zone che di fatto sono caratterizzate da esigenze di utilizzo differenti, allo scopo di valutare l'opportunità di proporre degli interventi impiantistici che consentano di gestire in modo autonomo le diverse parti dell'edificio.

La procedura di audit proposta segue lo schema classico, che prevede la suddivisione dell'intero lavoro in diverse fasi:

1. Acquisizione delle informazioni
2. Elaborazione delle informazioni
3. Definizione e valutazione tecnico-economica degli interventi
4. Certificazione energetica

Elaborazione delle informazioni

Le informazioni raccolte attraverso la documentazione tecnica, i rilievi sul campo e le interviste sono stati utilizzati, come visto prima, per costruire il bilancio termico di riferimento, ossia il modello che rappresenta l'edificio nella situazione attuale.

2 Definizione e valutazione tecnico-economica degli interventi

Acquisite le informazioni sullo stato di fatto dell'edificio attraverso l'analisi di dettaglio dei singoli componenti, è stato possibile definire una serie di interventi allo scopo di ridurre i consumi energetici e di migliorare le condizioni di comfort.

Gli interventi proposti hanno previsto:

- Modifiche delle modalità di gestione;
- Modifiche dell'assetto impiantistico;
- Sostituzione di componenti impiantistici;
- Interventi di riqualificazione dell'involucro.

La definizione degli interventi comporta una parallela valutazione economica degli stessi. Una volta riconosciuta l'opportunità di intervenire, il metodo più semplice per attribuire le priorità ai provvedimenti è quello dell'analisi costi-benefici.

La valutazione della convenienza economica si effettua calcolando il Valore Attuale Netto (VAN). Definito il Valore Attuale come valore che si ottiene riducendo i valori futuri di entrate e uscite attraverso il tasso di attualizzazione (attribuendo ad ogni n-esimo anno un tasso di sconto e calcolando l'effetto di composizione di questi tassi), il Valore Attuale Netto (VAN) è dato dalla differenza tra i benefici (espressi in termini monetari) ed i costi, tutti riportati ad una stessa data (quella di avvio del programma).

Il VAN si ottiene moltiplicando i flussi di cassa annui per un fattore di annualità (che esprime il tasso del calcolo e la vita su cui è calcolato l'investimento), e sottraendo ai benefici così calcolati il valore dell'investimento iniziale.

I benefici, e quindi i flussi di cassa, saranno proporzionali ai risparmi energetici, per cui sarà importante la quantificazione dei consumi prima e dopo l'investimento.

Gli anni di vita saranno dati dal valore più basso tra anni di vita fisica degli impianti, anni di vita del complesso e anni per i quali l'investitore è disposto a sostenere l'alea dell'investimento. La vita fisica degli interventi sarà dedotta da indicazioni riportate in letteratura, solitamente prudenziali per tener conto anche dell'onere della manutenzione.

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI - relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

In tabella sono riportati, gli esempi di interventi utilizzati negli edifici oggetto di audit pesante:

	<i>CODICE</i>	<i>Descrizione intervento</i>
INVOLUCRO		
<i>COPERTURA A FALDE</i>	CF01.00	Isolamento estradosso con isolante sottotegola (10 cm)
	CF02.00	Isolamento intradosso copertura a falde e controprete in cartongesso (non tetto in legno a vista)
	CF03.00	Isolamento del sottotetto (posa di 10 cm di isolante a pavimento)
	CF04.00	Isolamento intradosso copertura a falde e controprete in cartongesso (non tetto in legno a vista)
<i>COPERTURA PIANA</i>	CP01.00	Isolamento intradosso copertura a falde e controparete in cartongesso
	CP02.00	Isolamento intradosso con intonaco isolante
	CP03.00	Isolamento estradosso tetto rovescio con isolante generico idoneo
	CP04.00	Isolamento estradosso con tetto verde
<i>BASAMENTI SU CANTINE O PILOTIS</i>	BP01.00	Isolamento estradosso con intonaco isolante (termointonaco fino a 4 cm)
	BP02.00	Isolamento estradosso con pannelli isolanti (10 cm di spessore)
<i>MURATURE ESTERNE</i>	ME01.00	Isolamento esterno con cappotto
	ME02.00	Isolamento esterno con parete ventilata con isolante in lana minerale
	ME03.00	Isolamento esterno con parete ventilata con isolante in polistirene
	ME04.00	Isolamento esterno con intonaco isolante (termointonaco fino a 4 cm)
	ME05.00	Isolamento in cassa vuota con materiale sfuso
	ME06.00	Isolamento all'interno contro-parete isolata
<i>SERRAMENTI</i>	SE01.00	Sostituzione serramento con doppio vetro basso emissivo
	SE02.00	Aggiunta serramento esterno doppio vetro basso emissivo
	SE03.00	Aggiunta serramento interno doppio vetro basso emissivo
	SE04.00	Isolamento cassonetto
	SE05.00	Isolamento del sottofinestra
IMPIANTI		
<i>CENTRALE TERMICA</i>	CT01.00	Sostituzione generatore con caldaia a condensazione (CC) tutto incluso, con mano d'opera
	CT02.00	Installatore sequenziatore caldaie
	CT03.00	Installazione generatore autonomo acqua calda (caldaia a condensazione)
	CT04.00	Sostituzione canna fumaria
	CT05.00	Coibentazione tubazioni e collettori
	CT06.00	Coibentazione serbatoi di accumulo
	CT07.00	Sostituzione generatore di calore con modulo pompa di calore a gas aria-acqua (PC) e caldaia a condensazione (CC) incluso mano d'opera.

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI - relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

	CT08.00	Integrazione impianto esistente con pompa di calore a gas aria-acqua (PC) incluso mano d'opera
	CT09.00	Sostituzione generatore di calore con modulo pompa di calore elettrica aria-acqua (PC) con accumulo e pompa alta prevalenza, incluso mano d'opera
RETE DI DISTRIBUZIONE		
	RT01.00	Installazione elettropompe con motori efficienti
	RT02.00	Coibentazione tubazioni rete distribuzione
	RT03.00	Modifica circuito distribuzione
SISTEMA DI REGOLAZIONE		
	SR01.00	Sostituzione sistema di regolazione centrale
	SR02.00	Installazione valvole termostatiche
	SR03.00	Installazione sistema di telecontrollo
SISTEMA DI EMISSIONE		
	EM01.00	Inserimento di pannelli radianti a soffitto (senza isolante)
	EM02.00	Inserimento di pannelli radianti a pavimento (senza isolante ed escluso opere murarie)
	EM03.00	Inserimento di pannelli radianti a parete
FONTI RINNOVABILI		
<i>FONTI RINNOVABILI</i>	FR01.00	Impianto solare termico (prezzo inclusivo di mano d'opera, sostegno e accumulo)
	FR02.00	Impianto solare fotovoltaico

3 Tempi di realizzazione

Il lavoro di diagnosi di dettaglio ha coinvolto i tecnici comunali e i diagnostici, dal mese di dicembre 2008. Per gli edifici oggetto di audit i parametri da rilevare e gli indicatori da estrapolare sono stati numerosi. L'attività di valutazione degli interventi retrofit (applicabilità, valutazione economica, ecc.) ha necessitato di ulteriori sopralluoghi e analisi di mercato. L'attività si è protratta sostanzialmente fino al mese di febbraio 2009. Sia per la fase di audit leggero che per quello pesante le attività si sono concluse secondo i tempi previsti in fase di definizione del progetto, ma hanno comunque interessato i tecnici fino al mese finale di consegna luglio 2009, per successive revisioni delle relazioni.

9 Fase di formazione

1 Coinvolgimento del personale nella fase di audit

Il personale coinvolto ha fatto parte dello staff che ha eseguito sia gli audit leggeri che quelli di dettaglio. In particolare ha fornito un contributo nelle seguenti fasi operative:

- raccolta della documentazione grafica disponibile (piante, sezioni, prospetti, ecc.);
- raccolta della documentazione tecnica relativa agli impianti (NOP, libretti di centrale, schemi, ecc.);

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI - relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

- raccolta della eventuale documentazione relativa a progetti di riqualificazione eseguiti;
- raccolta della documentazione relativa ai consumi energetici (termici ed elettrici);
- rilievi e organizzazione degli stessi.

2 Fase formativa

La fase formativa ha previsto un corso frontale, della durata di 16 ore, che ha affrontato le seguenti tematiche:

- 1 Quadro legislativo di riferimento in materia di efficienza energetica (Direttiva 2002-91-CE, Dlgs 192/06, DGR VIII/5773, DGR 15833); presentazione del quadro normativo nazionale e regionale in tema di efficienza energetica (individuazione delle modifiche normative introdotte dall'ultimo decreto regionale (8745 del 22 dic 2008) e presentazione della norme nazionali UNI TS 11300);
- 2 Requisiti prestazionali (termoigrometrici, illuminotecnici e acustici) degli edifici pubblici;
- 3 Efficienza energetica dell'involucro e degli impianti;
- 4 Innovazione tecnologica e fonti rinnovabili per la gestione degli edifici pubblici;
- 5 Diagnosi energetica e certificazione degli edifici pubblici;
- 6 Procedure di gestione energetica degli edifici;
- 7 presentazione del *software nazionale Best Class UNI TS*;
- 8 presentazione del *software regionale CENED* per la certificazione energetica degli edifici;
- 9 presentazione del software SOLAR-T per il dimensionamento degli impianti solari termici;
- 10 presentazione del software PAN-S per il calcolo della trasmittanza;
- 11 *Esercitazione pratica* con l'utilizzo del PC, per l'elaborazione di una certificazione energetica (possibilmente su un edificio pubblico in modo tale da "certificare" un edificio con obbligo entro il 2010).
- 12 Procedure di monitoraggio delle prestazioni energetiche degli edifici finalizzate all'implementazione della piattaforma GIS.

Durante il corso sono inoltre stati illustrati gli obiettivi generali del progetto, le singole fasi ed i risultati emersi dall'applicazione delle procedure di audit leggeri e di dettaglio. La fase formativa prevede inoltre l'assistenza ai Comuni allo scopo di trasferire gli strumenti di gestione per l'aggiornamento ed il monitoraggio delle informazioni (vedi paragrafo successivo).

3 Fase formativa ai fini dell'implementazione della piattaforma AUDIT GIS

Al fine di una corretta implementazione dei dati restituiti dalla campagna di audit sulla piattaforma GIS predisposta dalla Fondazione Cariplo, è stato ritenuto utile prevedere un incontro frontale con i tecnici di tutto il raggruppamento.

L'incontro ha previsto la descrizione della procedura relativa all'inserimento delle seguenti informazioni per ciascun edificio investigato:

- 1 Dati anagrafici;
- 2 Edizione del Bando Cariplo;
- 3 Caratteristiche dell'edificio;
- 4 immagini e delle mappe;

- 5 Impianti;
- 6 Consumi energetici;
- 7 Interventi di retrofit;
- 8 Eventuali documenti integrativi.

4 Tempi di realizzazione

Le lezioni di formazione presso la sala riunioni del Municipio di Villa di Serio si sono svolte il 23 aprile e il 25 maggio. La lezione per l'implementazione dati nel web GIS è stata svolta il giorno 10 giugno presso la stessa sede.

10 Descrizione delle modalità con si è pubblicizzato il progetto presso la popolazione

La pubblicizzazione del progetto presso la popolazione è un elemento fondamentale di questa proposta che, come già detto, oltre ad una funzione puramente tecnica ed economica diventa anche un importante veicolo di informazione verso il pubblico. Gli strumenti utilizzati per pubblicizzare il progetto mirano a raggiungere la fascia più ampia della popolazione con lo scopo evidente di promuovere il concetto stesso di efficienza energetica, dimostrare come "risparmiare si può" non solo negli edifici pubblici ma anche in quelli privati e valorizzare le azioni virtuose della Fondazione Cariplo che promuove il progetto.

1 Presentazione pubblica del progetto

Il progetto sarà presentato alla cittadinanza il giorno 21 ottobre 2009 alle ore 20 e 30 presso il Comune di Villa di Serio attraverso una conferenza pubblica, momento in cui ci sarà occasione di affrontare più in generale la tematica dell'efficienza energetica negli edifici.

I relatori saranno:

- gli amministratori comunali (ad esempio Assessore o Sindaco);
- i dirigenti dell'ufficio tecnico;
- i tecnici esperti coinvolti nel progetto (prof. Giuliano Dall'O')

La presentazione pubblica, affronterà le seguenti tematiche:

- l'efficienza energetica, intesa non solo come necessità ma anche come opportunità da sfruttare;
- le tecniche per risparmiare energia, da quelle più semplici (caldaia ad alta efficienza, valvole termostatiche, sistemi di contabilizzazione, ecc.) ma non per questo non efficaci, a quelle più complesse (impianti solari termici, impianti fotovoltaici, pompe di calore, ecc.);
- l'audit energetico come strumento conoscitivo efficace per promuovere strategie all'interno d una logica costi-benefici;
- la certificazione energetica degli edifici.

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI - relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

Sottolineando l'importanza, non sempre scontata, che l'Amministrazione comunale si muova in questo senso:

- per ridurre i consumi di energia e quindi migliorare il bilancio;
- per ridurre l'impatto ambientale;
- per dare un esempio che i cittadini potranno seguire

ma soprattutto:

- perché investire in efficienza energetica è opportuno, fattibile e conveniente.

2 Coinvolgimento delle scuole

L'attività formativa è stata realizzata presso le scuole primarie dei comuni coinvolti. Le lezioni sono state svolte nell'auditorium della scuola e hanno riguardato tre classi di terza media. Il programma formativo ha previsto un'attività di educazione tecnico-scientifica sull'energia, sulla sostenibilità ambientale e sull'efficienza energetica degli edifici. L'attività ha riguardato una lezione ex-cathedra di 4 ore dedicata ai temi di surriscaldamento globale, efficienza energetica, materiali ad alta efficienza, tecniche e procedure per la diagnosi energetica, analisi termografica degli edifici, singoli prodotti e sistemi per aumentare l'efficienza energetica degli edifici (materiali isolanti, vetri, lampadine a efficienza energetica, rompi-getto, valvole termostatiche, ...). È stata data particolare attenzione allo sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili e sono stati mostrati i metodi per ridurre i consumi energetici nelle abitazioni e nelle scuole, non rinunciando alla qualità della vita. In questa occasione sono stati presentati anche due filmati relativi all'energia, alla sostenibilità ambientale e alle tecniche costruttive ad alta efficienza realizzati appositamente per l'occasione. I filmati hanno riguardato: surriscaldamento globale del Pianeta, Fonti rinnovabili e non rinnovabili. Il coinvolgimento degli insegnanti è avvenuto all'inizio dell'anno scolastico, come una presentazione del programma didattico ai Presidi delle Scuole. In questo modo, le insegnanti avevano previsto un programma didattico già dedicato all'efficienza energetica nella materie di Educazione Tecnica e di Matematica e Fisica.

Le Scuole interessate sono:

Villa di Serio:

Scuola Media di Via Dosie 4

Nembro:

Scuola Secondaria Talpino

Pradalunga:

Scuola Secondaria Papa Paolo VI

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI- relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro



Fig. 6 Momenti di formazione scolastica nel comune di Nembro

3 Materiale di divulgazione

In occasione della conferenza pubblica verrà distribuito del materiale informativo riguardante prevalentemente il lavoro svolto durante il progetto finanziato dalla Fondazione.

4 Pubblicazioni su riviste di settore

Nel numero di novembre 2009 della rivista Progetto Energia (BE-MA editrice) è stato previsto il primo articolo della Campagna informativa specifica che prevede la pubblicazione di alcuni articoli, così come fatto per il precedente bando, che evidenzino i risultati raggiunti anche tra i tecnici ed i certificatori energetici degli edifici. Nell'articolo sarà pubblicizzata l'azione della Fondazione Cariplo, saranno pubblicati i nominativi e le azioni di sostegno intraprese dai comuni in occasione dell'esecuzione del progetto e saranno pubblicati i risultati, comparando gli indicatori descritti prima e descrivendo le varie azioni, dalla formazione alla termografia al monitoraggio degli edifici.

5 Web Page

Nel sito web dei Comuni coinvolti nel progetto si sta predisponendo una pagina web contenente tutte le informazioni relative al progetto, evidenziandone gli obiettivi iniziali, documentando la struttura del progetto, ed riassumendo i risultati ottenuti in un report finale di facile comprensione per tutti, volto a sottolineare l'importanza di un investimento volto alla diagnosi energetica e alla corretta gestione degli edifici. Dalla web page si potranno inoltre scaricare i file in formato pdf dei materiali di divulgazione prodotti.

6 Tempi di realizzazione

La pubblicizzazione si è svolta nei tempi indicati nel bando.

9 Certificazione energetica e monitoraggio delle prestazioni energetiche

I Comuni di Villa di Serio, Pradalunga e Nembro ricadono tutti nel territorio della regione Lombardia e pertanto sono soggetti all'applicazione del DGR 8745 (ex. 5773). Per i seguenti edifici si è predisposta la certificazione energetica attraverso l'applicazione del decreto 15833 (procedura di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici), con il rilascio dell'attestato di certificazione energetica e della targa energetica da esporre in un luogo visibile dell'edificio:

cod	VILLA DI SERIO	
VDS03	Scuola Elementare Primaria	Piazza Europa
cod	NEMBRO	
NMB01	Municipio	Via Roma 13
NMB12	Scuola Secondaria E Talpino	Via Carso
cod	PRADALUNGA	
PRL01	Scuola Primaria G.Rodari Cornale	Via Luigi Carrara

I documenti sono stati redatti da un Soggetto Certificatore iscritto nell' "Elenco certificatori abilitati" indipendente rispetto al soggetto incaricato dello svolgimento degli audit.

Come concordato con la Fondazione Cariplo, si è proceduto alla sostituzione del nominativo del certificatore energetico, precedentemente indicato nell'arch. Sandro Scansani, con due nominativi diversi, di due tecnici comunali sempre accreditati all'elenco della Regione Lombardia. In particolare:

Arch. Domenico Leo per gli edifici di Villa di Serio e Pradalunga,
Arch Silvio Cerea per gli edifici di Nembro.

Tale sostituzione è avvenuta principalmente per il fatto che i tecnici comunali hanno partecipato attivamente a tutte le fasi di audit e hanno voluto mettere in pratica una certificazione energetica completa, in seguito alla fase di formazione dove hanno seguito anche una esercitazione pratica su queste tematiche.

1 Descrizione del sistema di monitoraggio delle prestazioni energetiche degli edifici

La diagnosi energetica ha lo scopo di individuare le cause degli sprechi energetici, il malfunzionamento impiantistico e l'inefficienza dell'edificio, al fine di proporre soluzioni che consentano di migliorare le prestazioni globali e di raggiungere un livello del sistema edificio-impianto più sostenibile dal punto di vista dei consumi energetici. Infine, l'ultimo obiettivo della diagnosi è legato alla valorizzazione economica attraverso un miglioramento della classe energetica di appartenenza e una riqualificazione delle caratteristiche architettoniche dell'immobile. Per questa ragione, l'auditor deve prevedere una serie di interventi di riqualificazione capaci di coniugare le variabili ambientali, energetiche ed economiche. In particolare, gli interventi di retrofit devono prevedere la riduzione dei consumi energetici e il miglioramento del comfort ambientale degli utenti. Durante una diagnosi energetica, infatti, è possibile scoprire che un edificio efficiente dal punto di vista energetico è inefficiente dal punto di vista del comfort ambientale e, viceversa, che un immobile energivoro garantisce buone condizioni microclimatiche.

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI - relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

L'audit energetico si basa sull'analisi approfondita delle caratteristiche tecniche dell'edificio e degli impianti. Questa analisi viene realizzata mediante sopralluoghi condotti presso l'immobile e attraverso l'esame dei documenti tecnici che descrivono le prestazioni dell'impianto e dell'involucro edilizio (quali ad esempio la relazione della ex Legge 10, il libretto di centrale, il progetto esecutivo dell'intervento, con particolari costruttivi).

Devono poi essere raccolti i dati di consumo, i costi per l'energia, i dati sulle utenze elettriche, termiche, frigorifere e dell'acqua, quali potenze, fabbisogni o consumi orari, fattore di utilizzo, ore di lavoro, ... Su questa base si procede nella ricostruzione dei modelli energetici, dai quali è possibile stabilire la ripartizione delle potenze e dei consumi in base al tipo di utilizzo (energia per l'illuminazione, per il condizionamento, per la refrigerazione, per l'aria compressa, per altri servizi e per aree di processo), al centro di costo, alla cabina elettrica, alla fascia oraria e alla stagione di interesse. La situazione energetica, così inquadrata, viene confrontata con parametri medi di consumo, al fine di individuare interventi migliorativi per la riduzione dei consumi e dei costi per l'energia e per la valutazione preliminare della fattibilità tecnico-economica.

Il monitoraggio dei dati climatici ed energetici riveste un ruolo di fondamentale importanza nella diagnosi energetica degli edifici, in quanto permette di conoscere le condizioni di utilizzo dell'ambiente e i reali consumi energetici degli utenti. Il monitoraggio ambientale in particolare consente di avere una regolare ed efficiente gestione degli impianti di generazione calore e raffrescamento per garantire i livelli ottimali di comfort. Confrontando i dati rilevati prima e dopo avere effettuato interventi di efficienza energetica, politiche di gestione degli impianti o comportamenti individuali, è possibile anche valutare l'effettiva riduzione dei consumi. Infine, è possibile imputare correttamente eventuali variazioni dei consumi (migliori condizioni climatiche o riduzione dei consumi dovute a interventi di efficienza).

Parametri da monitorare

Per conoscere le reali condizioni microclimatiche di un ambiente, ai fini della diagnosi energetica, sono stati monitorati almeno i seguenti parametri:

- Temperatura dell'aria dell'ambiente interno ed esterno;
- Umidità relativa dell'aria dell'ambiente interno ed esterno.

Il manuale americano "Handbook of Energy Audits" ritiene anche che sia importante analizzare i dati relativi alla concentrazione di anidride carbonica, al livello di illuminamento del locale e alla luminanza. In questo modo, infatti, si possono conoscere pienamente le condizioni microclimatiche dell'ambiente interno, sotto tutte le variabili legate al benessere olfattivo, visivo e termoigrometrico, oltre che i consumi energetici e la riduzione delle emissioni di anidride carbonica.

Data-logger

A questo scopo, sono in commercio i data-logger, ovvero degli strumenti di raccolta e di registrazione delle variabili ambientali secondo un intervallo di tempo programmabile che non richiedono la presenza costante dell'operatore. Il sistema di misura si compone dei seguenti elementi:

- Strumento di misura e di memorizzazione dei dati;
- Sonde per la misura dei parametri microclimatici;
- Supporto per le sonde;
- Treppiede e flight-case di trasporto.

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI- relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

Il data-logger è un'apparecchiatura automatica per la raccolta centralizzata di dati e per il monitoraggio in continuo. La strumentazione portatile comprende una rete di sensori che si differenziano per numero di ingressi, capacità di memoria, modalità di trasferimento dati. La scelta dei sensori è stata effettuata considerando i seguenti requisiti:

- Caratteristiche della misura (precisione, sensibilità, affidabilità);
- Tipo di collegamento della centralina;
- Dimensioni del sensore.

In commercio vi sono sensori che misurano le principali grandezze fisiche e ambientali, quali livello di illuminamento, luminanza, radianza ultravioletta, temperatura a bulbo umido o secco, temperatura dell'aria, umidità relativa dell'aria, velocità dell'aria, pressione assoluta e differenziale, flusso termico, concentrazione di inquinanti atmosferici (anidride carbonica, ossidi di azoto, ammoniaca, acido solforico, ...). Non si è ritenuto opportuno utilizzare questo tipo di sensori poiché questo tipo di analisi non è prevista dal Bando Cariplo.

Si è deciso di utilizzare i mini data-logger, ovvero strumenti pensati esplicitamente per monitoraggi microclimatici di ambienti di ridotte dimensioni, come sale museali, bacheche, ambienti per la conservazione del cibo, ambienti di stoccaggio dei materiali, ... Questi strumenti sono particolarmente adatti, per precisione nella rilevazione dei dati e per i costi contenuti, all'attività di diagnosi energetica. L'utilizzo dei mini data-logger è semplice: basta posizionarli su un interfaccia collegata al PC e programmarli tramite un software specifico. Le variabili programmabili sono le seguenti:

- Avviamento del data-logger impostando il tempo d'inizio e di fine delle misure;
- Avviamento manuale del data-logger mediante chiave magnetica;
- Intervallo di campionamento dei dati;
- Unità di misura utilizzata nel rilevamento;
- Range di misura con indicazione dei valori massimi e minimi ammissibili;
- Attivazione led e/o del segnale acustico di allarme.

Per scaricare i dati a PC è sufficiente riposizionare lo strumento sull'interfaccia e tramite il software si ottiene un sommario riassuntivo con tutte le informazioni riguardanti il data-logger (numero di serie e tipo di sensore) e le condizioni di misura (inizio, fine, intervallo di tempo e numero di letture effettuate). Infine, si ottiene una lista completa dei dati monitorati durante tutte le letture memorizzate. Molto spesso, i dati ottenuti sono visualizzati come tabella o come grafico, con varie opzioni possibili di zoom, indicazione del valore massimo, minimo e medio.

Caratteristiche dello strumento

Le caratteristiche fondamentali degli strumenti di monitoraggio scelti per la diagnosi energetica sono la leggerezza, le dimensioni ridotte, la maneggevolezza, la resistenza agli urti e agli agenti atmosferici, la semplicità di utilizzo e il grado di precisione abbastanza elevato nella rilevazione e nella restituzione dei dati climatici.

Trasportabilità e semplicità

La trasportabilità e la facile usabilità dello strumento sono due caratteristiche fondamentali del kit di audit energetico. La leggerezza, le dimensioni ridotte e la maneggevolezza, infatti, sono requisiti molto importanti per consentire un agevole trasporto e un utilizzo degli strumenti in edifici distanti tra loro. Le

dimensioni ridotte li rendono particolarmente utili nella diagnosi di edifici pubblici, poiché sono poco visibili e invasivi. In questo modo possono essere facilmente inseriti su cornicioni, paraste, armadi e bacheche posti ad altezza media, lontani dagli utenti e al tempo stesso facilmente controllabili dall'auditor energetico.

Lo strumento deve garantire anche una sicura installazione: per questa ragione in alcuni casi è possibile fissarli direttamente al muro attraverso chiodi o viti. Questa caratteristica è particolarmente importante negli edifici pubblici o caratterizzati dal libero accesso delle persone, come nelle scuole, nelle biblioteche e negli uffici comunali. In questi casi, normalmente, lo strumento viene messo in una posizione inaccessibile per l'utente, ma non sempre la precauzione è sufficiente per evitare problemi di furti, atti vandalici, manomissioni o spostamenti del data-logger. Analogamente, deve essere installato in modo tale da poter essere rimosso o spostato con facilità, limitando gli interventi invasivi sull'edificio.

Sicurezza e resistenza

Lo strumento per potere essere applicato in ambiente esterno deve essere anche resistente all'acqua e agli agenti atmosferici. In termini prestazionali, queste caratteristiche corrispondono al grado di protezione elettrica (IP) e alla resistenza agli agenti chimici. Tutti i mini data-logger hanno un grado di protezione elettrica che varia tra 54 e 67, caratteristica che li rende idonei per il monitoraggio dei dati ambientali in esterno. Al contrario, non tutti hanno una buona resistenza chimica e, pertanto, per avere un corretto monitoraggio dei dati in ambiente esterno è necessario verificare questa prestazione. In caso contrario, infatti, lo strumento non resiste ai contaminanti acidi presenti nelle piogge e nell'inquinamento urbano, nel senso che la precisione di monitoraggio e di restituzione dei parametri ambientali non è certificata. In ogni caso è opportuno non esporre direttamente lo strumento alle precipitazioni e alle condizioni atmosferiche più aggressive, schermandolo con una piccola tettoia.

Indicatore di rilievo

È opportuno anche che il data-logger sia dotato di una spia che indichi il funzionamento dello strumento. La spia, generalmente, è costituita da un led che lampeggia a intervalli regolari per indicare che è in corso un monitoraggio ambientale di tipo continuo. Pertanto, un corretto approccio metodologico al monitoraggio richiede il controllo periodico del funzionamento degli strumenti. In alcuni casi è presente anche un segnalatore acustico che indica il malfunzionamento dello strumento o la cessata misurazione dei dati ambientali. Quest'ultima caratteristica è particolarmente utile per verificare in modo rapido la normalità di funzionamento oppure la presenza di problemi dovuti a manomissioni, guasti o malfunzionamenti. I data-logger più sofisticati hanno anche un segnalatore acustico o luminoso che indica lo stato di alert, ovvero il superamento delle soglie di attenzione che sono fissate in relazione alle esigenze di comfort ambientale dell'utente.

Autonomia di rilievo

Infine, lo strumento deve avere una buona autonomia di rilievo. Questa caratteristica è garantita dalla presenza di batterie al litio interne. Tutti gli strumenti in commercio hanno la duplice possibilità di utilizzo con batterie al litio e con adattatore da attaccare alla presa elettrica. In alcuni casi, lo strumento indica la situazione di allarme, intesa come superamento delle soglie massime ammissibili pre-fissate dall'utente, tramite un indicatore luminoso. Per agevolare il rilevamento ed evitare le problematiche connesse con l'avaria dell'impianto elettrico, lo strumento funziona tramite l'ausilio di batterie al litio interne. L'autonomia di funzionamento del sistema varia da 1 a 5 anni.

Prestazioni dello strumento

Dal punto di vista prestazionale gli strumenti di monitoraggio ambientale scelti sono l'affidabilità, la precisione e il semplice utilizzo.

Affidabilità

L'affidabilità dello strumento si legge in termini di accuratezza di rilievo e di risoluzione nella restituzione dei dati. L'accuratezza indica la precisione con cui avviene il rilievo dei dati microclimatici ed è indicata nelle schede tecniche dello strumento per la temperatura e per l'umidità relativa dell'aria.

Esistono due tipologie di strumenti: uno che consente solo il rilievo della temperatura dell'aria e uno che rileva la temperatura e l'umidità relativa dell'aria. In entrambi i casi il costo dello strumento si attesta rispettivamente su 80-150€. Il campo di misura termometrico è compreso tra -35/+80°C e tra 0÷100%. L'accuratezza di rilevazione è estremamente variabile in relazione al modello, alla marca e al costo dello strumento. Nel caso della temperatura dell'aria varia da 0.1 a 0.5 °C mentre per l'umidità relativa la variazione è contenuta tra 0.2-0.13%.

Nel rilievo termico possono essere considerati affidabili gli intervalli compresi tra 0.1-0.4°C mentre nel rilievo igrometrico si considerano buoni gli intervalli compresi tra 2-5%. La precisione di risoluzione indica il modo in cui gli strumenti restituiscono i dati rilevati. Buone risoluzioni termiche e igrometriche si attestano rispettivamente su valori inferiori a 0.2°C e a 0.5%.

Certificazioni e taratura

È anche opportuno che le prestazioni dello strumento siano certificate secondo la normativa europea e, pertanto, che lo strumento venga tarato dopo un certo numero di anni o di cicli di utilizzo. È necessario sottolineare che la maggior parte di mini data-logger attualmente in commercio non hanno prestazioni certificate.

Capacità di memorizzazione

Un altro elemento da valutare riguarda la capacità di memorizzazione dei dati nello strumento, prima di doverli scaricare su un computer fisso o in una banca-dati. La prestazione è estremamente variabile in relazione alla tipologia, e spesso al costo, del data-logger. Per risultati ottimali lo strumento va scelto in base alle esigenze dell'attività di audit, in particolare in relazione all'intervallo di monitoraggio che può variare da 1 secondo fino a 1 ora.

Programmazione e restituzione dei dati

La semplicità di programmazione e di utilizzo dello strumento è un elemento centrale per facilitarne la funzionalità. In particolare, è opportuno che sia programmabile attraverso un software o uno schermo LCD dotato di un'interfaccia grafica agevole e facilmente gestibile attraverso l'immissione di dati semplici. Nella maggior parte dei mini data-logger la programmazione include la definizione delle unità di misura delle grandezze monitorate, gli intervalli temporali di rilievo, la data e l'ora di partenza per il monitoraggio, lo status delle batterie e le modalità di accensione dello strumento. Le prestazioni sono abbastanza simili nei diversi mini data-logger.

Compatibilità

Lo strumento è dotato di un software compatibile con gli strumenti di analisi e di interpretazione dei dati. I dati rilevati vengono registrati direttamente dal sensore che è posizionato all'interno dell'apparecchio. Successivamente, attraverso un software che viene fornito direttamente dal produttore, possono essere scaricati e memorizzati su un Personal Computer. Generalmente, il software dedicato permette di

elaborare grafici e istogrammi e di esportare i dati in ambiente Word, Excel e GIS. In particolare, deve essere possibile importare i dati nei più comuni fogli di calcolo, come ad esempio Microsoft Excel, al fine di poter elaborare e restituire in forma grafica risultati del calcolo. I dati devono essere esportabili nei formati .xls e .csv. Le informazioni acquisite e memorizzate dallo strumento possono essere poi elaborate da un software grafico che consente di calcolare direttamente gli indici microclimatici (PMV, PPD), di elaborare grafici automatici dell'andamento delle grandezze misurate e di generare statistiche (massimo, minimo, media, deviazione standard) delle grandezze misurate.

Metodi e procedure di rilievo ambientali

Le modalità di monitoraggio microclimatico si distinguono in due tipologie:

- Rilievo puntuale;
- Rilievo continuo.

Il primo tipo di monitoraggio si effettua su tutto l'edificio e prevede la rilevazione dei parametri ambientali in un istante preciso. Secondo la normativa nazionale, il rilievo deve essere effettuato ponendo il data-logger nei punti nodali di una griglia immaginaria che permette di restituire le condizioni climatiche dell'intero edificio. La griglia di rilievo è pensata come una struttura tridimensionale dotata di un orientamento orizzontale e verticale: la doppia strutturazione permette di verificare l'esistenza di gradienti termoigrometrici spaziali. Per avere una restituzione precisa delle condizioni ambientali, la griglia deve avere i lati orizzontali e verticali inferiori rispettivamente a 5 e a 1,5 metri. Entro queste distanze si rileva il valore termoigrometrico istantaneo e si osserva il suo scostamento dai valori ottimali per la conservazione delle diverse categorie di manufatti. Lo stesso discorso può essere traslato all'analisi del comfort degli utenti. In questo modo è possibile definire le zone che richiedono l'approfondimento del monitoraggio con un'analisi continuativa delle variabili ambientali. Questo tipo di monitoraggio, normalmente, non è utilizzato per la diagnosi energetica degli edifici, poiché si arriva a un livello di approfondimento della variabilità ambientale superiore rispetto a quanto richiesto. Inoltre, in edifici di grandi dimensioni, il rilievo puntuale può richiedere anche alcune ore, rendendo vano il principio di confronto immediato tra i parametri monitorati che è alla base di questa procedura. Per chiarire questo concetto, basta pensare al naturale scostamento tra le variabili termiche (e conseguentemente igrometriche) specie se supportato da condizioni particolari di piovosità, di malfunzionamento impiantistico o di grandi afflussi di persone) in un edificio tra l'inizio di rilievi alle ore 8.00 e il termine alle 12.00 della mattina.

2 Procedure di monitoraggio

Nella diagnosi energetica degli edifici è stato effettuato un rilievo in continuo nei locali a potenziale rischio. I sistemi di monitoraggio ambientale sono stati installati i sistemi di monitoraggio ambientale presso i seguenti edifici:

- Scuola Elementare Primaria di Piazza Europa di Villa di Serio;
- Scuola Secondaria E. Talpino di Nembro;
- Scuola Elementare Gianni Rodari di Pradalunga.

Scelta dei locali

La scelta degli ambienti è stata fatta in base a considerazioni legate alle diverse zone termiche, al tipo di attività svolte (in una scuola ad esempio è opportuno distinguere tra le aule, i laboratori, la palestra, la mensa e i corridoi) e all'orientamento prevalente (ad esempio a nord e a sud). Inoltre, sono state valutate anche le condizioni al contorno, legate alla presenza di elementi che possono fare modificare le condizioni ambientali interne, come presenza di alberi, di specchi d'acqua, di locali ad alta concentrazione di persone, di ambienti limitrofi dotati di funzioni particolari (come centrali termiche addossate all'edificio, zone di cottura del cibo, ...). Infine, le rilevazioni sono state effettuate dove si sono manifestati malfunzionamenti impiantistici, patologie di degrado dell'edificio (ad esempio formazione di muffe o di condense). In questo modo si può capire se le cause delle patologie sono attribuibili a fattori ambientali o meno.

I locali da monitorare sono stati definiti in base ai problemi di discomfort dell'utente. Per valutare il comfort dell'utente è possibile verificare lo scostamento delle grandezze rilevate rispetto ai livelli di benessere individuati dalla normativa tecnica, compilando poi una "mappa delle zone di discomfort". L'analisi diretta del comfort è stata effettuata tramite dei questionari da far compilare agli utenti. Gli utenti devono essere suddivisi in gruppi omogenei di persone che fruiscono della struttura. In una scuola, ad esempio, i gruppi sono costituiti dal personale tecnico-amministrativo, dal personale didattico (differenziato per le aule, i laboratori e la palestra), il personale ausiliario e i bidelli. In un museo, invece, gli utenti possono essere classificati in personale museale e visitatori; questi ultimi devono essere suddivisi in base alle classi di età, alla provenienza italiana o estera, ai livelli di conoscenza e di interesse nei confronti della collezione esposta. Una volta definito il campione d'indagine, sono stati somministrati loro i questionari e/o fare delle interviste dirette. I questionari restituiscono un'analisi precisa, anche se guidata, delle condizioni di comfort e discomfort, rilevando i problemi più evidenti e i locali maggiormente a rischio.

Parametri rilevati

I controlli strumentali minimi sono stati effettuati sulle seguenti grandezze:

- Temperatura dell'aria;
- Gradiente termico giornaliero e stagionale;
- Umidità relativa dell'aria;
- Gradiente igrometrico giornaliero e stagionale.

L'intervallo di misurazione massimo utilizzato è orario, mentre è possibile stabilire intervalli di tempo ridotti per analisi più accurate. È possibile monitorare anche la velocità dell'aria e il livello di illuminamento medio del locale. Per facilitare la lettura dei dati, è stato rappresentato graficamente l'andamento giornaliero, settimanale e stagionale dei parametri con gli istogrammi e calcolare la "frequenza cumulata", che determina la percentuale di tempo in cui ciascun parametro assume valori esterni al campo ritenuto accettabile.

Per raggiungere una sufficiente comprensione dei fenomeni termoigrometrici sono stati controllati anche altri parametri significativi, come, per esempio, l'orario di apertura al pubblico, il numero dei visitatori, l'orario di funzionamento dell'eventuale impianto di climatizzazione, le modalità di ricambio d'aria, oltre alle grandezze illuminotecniche.

Posizionamento degli strumenti

Il corretto monitoraggio micro-ambientale ha richiesto il rispetto di alcuni principi fisici, che esigono la presenza di condizioni climatiche omogenee e costanti.

Per avere una misurazione corretta dal punto di vista termico, il sensore non deve essere posto a contatto diretto con alcuna superficie poiché, come è noto, la conduzione tra due corpi solidi modifica la temperatura effettiva dell'aria. In condizioni di monitoraggio continuo, le sonde non devono essere posizionate in prossimità di aperture, infiltrazioni o spifferi d'aria, zone con circolazione delle persone, terminali scaldanti (radiatori, fan-coil, pavimenti, soffitti e pareti radianti, bocchette di impianti di climatizzazione e condizionamento), apparecchi per ufficio, fonti luminose naturali e artificiali, al fine di avere condizioni microclimatiche uniformi. È opportuno evitare anche le zone in cui vi è un ponte termico di forma o di materia. Questi elementi, infatti, causano un turbamento temporaneo (spesso anche ciclico) del microclima intero, inficiando la validità della misurazione. Analisi di questo tipo possono essere fatte solo quando si vuole verificare la sussistenza di un rischio particolare. In questo caso, è necessario individuare i flussi d'aria dovuti alle varie sorgenti in termini di causa (finestre aperte/apribili, termosifoni, fonti luminose artificiali e naturali, pubblico) e di frequenze caratteristiche (giornaliera, stagionale, occasionale). Per valutare la stratificazione dell'aria dovuta agli impianti di condizionamento o alla presenza umana è opportuno effettuare le rilevazioni ad almeno tre livelli di altezza fra pavimento e soffitto interno.

Per avere una misurazione corretta dal punto di vista igrometrico, valgono regole simili al monitoraggio termico, a causa della correlazione diretta che sussiste tra temperatura e umidità relativa dell'aria. Anche in questo caso, è necessario evitare le zone in cui vi sono flussi continui di persone, la presenza di terminali scaldanti (come fan-coil, termosifoni, bocchette di impianti di climatizzazione o di ventilazione meccanica controllata), di apparecchi di umidificazione o di deumidificazione degli ambienti, di illuminazione naturale o artificiale diretta o di apparecchiature per ufficio (computer, stampanti, ...). Inoltre è opportuno anche evitare le zone che hanno problemi di umidità, di risalita capillare di acqua o i locali a diretto contatto con ambienti in cui si hanno elevate produzioni igrometriche (cucine, bagno, ...). Infine è necessario anche evitare locali con grandi apporti di pubblico. Le variabili che influenzano l'umidità assoluta, invece, sono essenzialmente le persone e le infiltrazioni o i ricambi d'aria. I fan-coil, in particolare, d'inverno influiscono solo sull'umidità relativa mentre in estate anche su quella assoluta.

La posizione dei sensori luminosi deriva dalla norma UNI 10380/1994 relativa alle condizioni di illuminamento negli ambienti interni che prevede la misurazione del livello di illuminamento e di luminanza secondo un orientamento orizzontale e ad altezza del piano del tavolo. Anche in questo caso, il sensore deve essere posizionato distante dalle fonti che possono modificare le condizioni di illuminamento e di luminanza, legati alla presenza di illuminazione naturale diretta e di apparecchi di illuminazione artificiale.

Durata dei monitoraggi

La scelta degli intervalli di tempo da adottare dipende dagli obiettivi che ci si è posti nelle analisi. In particolare, se si intende eseguire una diagnosi del comportamento termoigrometrico complessivo del locale, il programma di misurazione deve essere condotto lungo l'arco di un anno intero. In climi caratterizzati da variazioni delle condizioni ambientali esterne non particolarmente rapide, il programma di misurazione può essere limitato a quattro mesi, ciascuno scelto nel periodo centrale di ogni stagione. Per verificare l'andamento delle grandezze ambientali in un periodo specifico in cui si manifestano particolari problemi, le misurazioni devono essere eseguite per almeno 15 giorni consecutivi. L'intervallo realizzato ha previsto una durata annuale e un intervallo di misurazione di 1 ora.

Verifiche energetiche e ambientali

L'elaborazione dei dati rilevati mediante il monitoraggio termoigrometrico consente di analizzare in modo approfondito le condizioni energetiche e ambientali di un edificio. In particolare, è possibile effettuare le seguenti analisi:

- Restituzione dell'andamento dei parametri termoigrometrici interni ed esterni;
- Verifica della sussistenza di condizioni di comfort termoigrometrico per gli utenti nei diversi ambienti interni (uffici, aule scolastiche, palestre, musei, archivi, ...);
- Verifica della presenza di zone termiche diverse all'interno dell'edificio;
- Verifica della differenza termica tra gli ambienti esposti a nord e a sud nelle diverse stagioni dell'anno;
- Verifica delle prestazioni di isolamento termico dell'involucro opaco (in questo caso è possibile approfondire le analisi con l'ausilio di una termocamera che permette di capire se l'edificio è isolato in modo uniforme, se vi sono dei ponti termici, ...);
- Verifica interrelata delle condizioni termiche e igrometriche per capire le cause di eventuali formazioni di muffe;
- Verifica della presenza di ambienti con surriscaldamento estivo (in questo caso, è possibile approfondire le analisi con il rilievo della luminanza per verificare anche se sussistono problemi di abbagliamento luminoso diretto);
- Verifica dei periodi di accensione e di spegnimento degli impianti di riscaldamento invernale e di climatizzazione estiva;
- Verifica delle prestazioni e dell'efficienza degli impianti di riscaldamento invernale e di climatizzazione estiva;
- Verifica del malfunzionamento dei terminali impiantistici.

Nel caso in cui siano monitorati anche i parametri luminosi e aerobiologici è possibile effettuare anche le seguenti analisi:

- Verifica della sussistenza di condizioni di comfort luminoso nei diversi ambienti in funzione dei singoli compiti visivi degli utenti (uffici, aule scolastiche, aule informatiche, biblioteche, archivi, ...);
- Verifica della presenza di fenomeni di abbagliamento diretto o riflesso nei locali;
- Verifica della correttezza progettuale dell'involucro trasparente in termini di trasmissione, assorbimento e riflessione luminosa dei vetri e di rapporto aero-illuminante del locale;
- Verifica delle prestazioni e dell'efficienza degli impianti di illuminazione artificiale;
- Verifica del malfunzionamento o del deprezzamento degli apparecchi luminosi;
- Analisi della concentrazione di inquinanti atmosferici;
- Verifica della sussistenza di comfort aerobiologico;
- Verifica della presenza di correnti, di spifferi d'aria indesiderati;
- Verifica del funzionamento degli impianti di ventilazione meccanica controllata o dell'impianto di condizionamento dell'aria.

La metodologia proposta suggerisce un approccio concreto di valutazione delle condizioni microclimatiche di un edificio, in funzione del benessere dell'utente e del contenimento dei consumi energetici. Inoltre, propone un approccio di individuazione preliminare delle alternative progettuali validando, la compatibilità, la convenienza o la criticità dell'intervento.



Fig. 7 Posizionamento dei datalogger negli edifici

3 Implementazione Audit Gis

Alla fine delle campagne di audit che hanno interessato gli edifici dei Comuni del presente raggruppamento si è proceduto alla compilazione on line del "Audit GIS" predisposto dalla Fondazione Cariplo. Fondazione Cariplo ha infatti deciso di avviare il progetto "Audit GIS" mirato a creare un data base delle informazioni raccolte con gli audit e renderle fruibili al pubblico mediante un sistema di rappresentazione georeferenziata (GIS, Geographical Information System), ovvero mediante mappe interattive. Ulteriore obiettivo è poi la diffusione dei risultati presso la cittadinanza e le scuole, per coinvolgere anche i cittadini nell'adozione di buone pratiche di risparmio energetico.

Le principali finalità del progetto Audit GIS sono quindi:

- Monitoraggio dei consumi energetici;
- Descrizione degli eventuali interventi di miglioramento proposti;
- Posizionamento su una base cartografica comune tramite la quale visualizzare caratteristiche ed eventuali statistiche.

L'inserimento di ciascun edificio prevede che vengano fornite le seguenti informazioni suddivise in varie sezioni, ovvero:

Dati Anagrafici:

- Nome;
- ID edificio;
- Indirizzo;
- Nr. civico e barrato;
- Frazione del comune;
- Foglio catastale di riferimento;
- Particella catastale;
- Subalterno.

Bando Fondazione Cariplo:

- Anno in cui il comune ha aderito al bando;

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI- relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

- Tipo di audit energetico realizzato per l'edificio in fase di inserimento;
- Data di realizzazione dell'audit energetico.

Caratteristiche dell'edificio

- Tipologia costruttiva;
- Destinazione d'uso,
- Anno costruzione;
- Anno ristrutturazione;
- Descrizione ristrutturazione.

Caratteristiche dell'edificio;

- Superficie utile riscaldata;
- Volume lordo riscaldato;
- Superficie vetrata;
- Classe energetica dell'edificio;
- Eventuali ulteriori testi descrittivi dell'edificio.

Immagini e mappa:

- Foto dell'edificio, in formato GIF, JPG o PNG;
- Immagine della targa energetica (rif. regione Lombardia) in formato GIF, JPG o PNG;
- Termografia in formato GIF, JPG o PNG.

Inserimento cartografico dell'edificio:

in questo caso, visto che la cartografia della Lombardia è stata fornita in formato raster, gli utenti dei Comuni lombardi devono disegnare gli edifici sulla base di un'immagine.

Sezione riscaldamento:

- Tipo impianto;
- Anno installazione;
- Anno fine esercizio;
- Potenza dell'impianto espresso in kW;
- Servizio energia;
- Alimentazione (in base al valore viene caricato il menu di "U.d.m. consumo a quantità");
- Consumo specifico dell'impianto espresso in kWh/m²*anno;
- CO2 emessa espressa in t/anno e CO2 emessa espressa in t/anno*m².

Sezione elettricità

- Tipo utenza;
- Potenza dell'utenza espresso in kW;
- Numero utenze;
- Alimentazione;
- U.d.m. consumo;
- Consumo specifico dell'utenza espresso in kWh/m²*anno;
- CO2 emessa espressa in t/anno e CO2 emessa espressa in t/anno*m².

RENDICONTAZIONE BANDO AUDIT ENERGETICI - relazione sui risultati raggiunti per i comuni di:
Villa di Serio (capofila) - Pradalunga – Nembro

Consumi energetici:

- Bolletta singola;
- Calcolo mensile;
- Calcolo annuale;
- Tep (visualizzazione del consumo convertito in tep);
- Spesa indicata nella bolletta espressa in €/periodo.

Sezione interventi (SOLO per audit di dettaglio):

- Nr. intervento;
- Stato (proposto, in corso di realizzazione, realizzato);
- Tipologia di intervento;
- Descrizione;
- Data inizio di inizio di realizzazione dell'intervento;
- Data di fine realizzazione intervento;
- Costo d'investimento stimato;
- Costo d'investimento effettivo;
- Descrizione del tipo di finanziamento;
- Consumo di energia primaria;
- Alimentazione;
- Unità di misura;
- Valore in tep;
- Consumo di energia elettrica;
- Alimentazione;
- Unità di misura;
- Valore in tep;
- CO2 evitata;
- Valore attuale netto espresso in €;
- Classe energetica stimata;
- Tempo di ritorno dell'investimento in anni;
- Tasso interno di ritorno investimento.