

**M.A. SEGRETO, M. ARTIOLI, S. BEOZZO  
A. DI MICCO, A. GUGLIANDOLO, R. GUIDA  
S. TAMBURRINO**

Unità Tecnica Efficienza Energetica  
Analisi e Valutazione di sistemi per l'Efficienza Energetica  
Centro Ricerche Bologna

# **DIAGNOSI ENERGETICA DELLA SCUOLA MEDIA DEL COMUNE DI CASTROCARO TERME E TERRA DEL SOLE (FC)**

RT/2016/38/ENEA



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

M.A. SEGRETO, M. ARTIOLI, S. BEOZZO  
A. DI MICCO, A. GUGLIANDOLO, R. GUIDA  
S. TAMBURRINO

Unità Tecnica Efficienza Energetica  
Analisi e Valutazione di sistemi per l'Efficienza Energetica  
Centro Ricerche Bologna

# DIAGNOSI ENERGETICA DELLA SCUOLA MEDIA DEL COMUNE DI CASTROCARO TERME E TERRA DEL SOLE (FC)

RT/2016/38/ENEA



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

I rapporti tecnici sono scaricabili in formato pdf dal sito web ENEA alla pagina <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/rapporti-tecnici>

I contenuti tecnico-scientifici dei rapporti tecnici dell'ENEA rispecchiano l'opinione degli autori e non necessariamente quella dell'Agenzia

The technical and scientific contents of these reports express the opinion of the authors but not necessarily the opinion of ENEA.

## **DIAGNOSI ENERGETICA DELLA SCUOLA MEDIA DEL COMUNE DI CASTROCARO TERME E TERRA DEL SOLE (FC)**

M.A. Segreto, M. Artioli, S. Beozzo, A. Di Micco, A. Gugliandolo, R. Guida, S. Tamburrino

### **Riassunto**

Oggetto del presente Report è la diagnosi energetica del Comprensorio scolastico di Castrocaro Terme. Il contesto in cui si svolge tale attività è strettamente legato alla sostenibilità del territorio emiliano-romagnolo. La diagnosi energetica oggetto del presente report fa parte di un progetto molto più ampio coordinato da ERVET (società in house della Regione Emilia-Romagna che opera come agenzia di sviluppo territoriale a supporto delle politiche regionali). Il progetto, denominato Alterenergy, è stato cofinanziato dal programma IPA Adriatico, mira a definire una strategia comune territoriale in campo energetico, che possa affrontare la sfida dei cambiamenti climatici ricercando un equilibrio tra gli obiettivi della protezione ambientale, della competitività e della sicurezza dell'approvvigionamento nell'area Adriatica. Grazie al progetto è stata possibile l'applicazione e sperimentazione di modelli sostenibili di gestione e di utilizzo delle risorse energetiche in alcuni Comuni e che si sono resi disponibili come casi pilota. Il Comune di Castrocaro Terme ha messo a disposizione il proprio Polo scolastico ai fini di una diagnosi energetica che ne definisse le eventuali carenze energetiche ed individuasse i possibili interventi di miglioramento energetico. Il presente report tratta la prima parte del lavoro svolto: la diagnosi energetica dello stato di fatto.

**Parole chiave:** Diagnosi energetica, efficienza energetica, riqualificazione

### **Abstract**

*Object of the present Report is a school district energy audit in Castrocaro Terme. The context in which it is developed the activity is tightly tied to the sustainability of the Emiliano-Romagnolo territory. The energy audit of the present report is part of a much larger project coordinated by ERVET (in house society of the Emilia-Romagna Region that operates as agency of territorial development to support the regional politics). The project, known as Alterenergy, has been cofinanced by IPA Adriatic program, and it aims to define a common territorial strategy in energetic field, that can tackle the challenge of the climatic changes seeking an equilibrium among the objectives of the environmental protection, competitiveness and safety of the provisioning in the Adriatic area. Thanks to the project it has been possible the application and experimentation of sustainable models of management and the use of the energy resources in some Municipality used as study cases. The Municipality of Castrocaro terme has made available its school district for an energy audit to define energy lacks and to identify possible energy improvements. The present report treats the first part of the developed job: the energy audit of the school district.*

**Keywords:** Energy audit, energy efficiency, restoration



# INDICE

1. Introduzione	9
2. Centrale termica	10
3. Consumi Elettrici	13
Biblioteca	13
4. Oggetto dell'audit	13
5. Dati climatici	14
6. Rilievo	15
6.1. Struttura ed involucro	15
6.2. Produzione acs e sistema di emissione del calore	18
6.3. L'impianto di illuminazione	18
6.4. Funzionamento	19
7. Misurazioni e monitoraggio	19
7.1. Umidità relativa	19
7.2. Temperatura interna	20
7.3. Temperatura superficiale degli elementi di emissione	20
7.4. Illuminamento	20
7.5. Infiltrazioni/Esfiltrazioni d'aria e presenza di ponti termici	22
7.6. Fonti rinnovabili	23
8. Conclusioni	24
Palestra	25
9. Oggetto dell'audit	25
10. Dati climatici	27
11. Rilievo	28
11.1. Struttura ed involucro	28
12. Produzione Acs e sistema di emissione del calore	29
13. L'impianto di illuminazione	29
14. MISURAZIONI E MONITORAGGIO	30
14.1. Umidità relativa	30
14.2. Temperatura interna	30
14.3. Temperatura superficiale degli elementi di emissione	30
14.4. Illuminamento	30
14.5. Infiltrazioni/esfiltrazioni d'aria e presenza di ponti termici	32
14.6. Fonti rinnovabili	32

15. CONCLUSIONI	33
ASILO NIDO E SCUOLA MATERNA	34
16. OGGETTO DELL'AUDIT	34
17. Dati climatici	35
18. Rilievo	36
18.1. Struttura ed involucro	36
18.2. Produzione acs e sistema di emissione del calore	37
18.3. L'impianto di illuminazione	38
19. Misurazioni e monitoraggio	39
19.1. Umidità relativa	39
19.2. Temperatura interna	39
19.3. Temperatura superficiale degli elementi di emissione	39
19.4. Illuminamento	39
19.5. Infiltrazioni/esfiltrazioni d'aria e presenza di ponti termici	40
19.6. Fonti rinnovabili	42
20. CONCLUSIONI	43
SCUOLA ELEMENTARE	44
21. Oggetto dell'audit	44
22. Dati climatici	47
23. Rilievo	48
23.1. Struttura ed involucro	48
23.2. Produzione acs e sistema di emissione del calore	52
23.3. L'impianto di illuminazione	53
24. Misurazioni e monitoraggio	53
24.1. Umidità relativa	53
24.2. Temperatura interna	54
24.3. Temperatura superficiale degli elementi di emissione	54
24.4. Illuminamento	54
24.5. Infiltrazioni/esfiltrazioni d'aria e presenza di ponti termici	54
24.6. Fonti rinnovabili	54
CONCLUSIONI	59

SCUOLA MEDIA	60
25. Oggetto dell'audit	60
26. Dati climatici	63
27. Rilievo	64
27.1. Struttura ed involucro	64
27.2. Produzione acs e sistema di emissione del calore	65
27.3. L'impianto di illuminazione	65
28. Misurazioni e monitoraggio	65
28.1. Umidità relativa	66
28.2. Temperatura interna	66
28.3. Temperatura superficiale degli elementi di emissione	66
28.4. Illuminamento	66
28.5. Infiltrazioni/esfiltrazioni d'aria e presenza di ponti termici	66
28.6. Fonti rinnovabili	66
CONCLUSIONI	69
Indice delle figure	70
Ringraziamenti	73



## 1. INTRODUZIONE

Oggetto del presente Report è l'audit energetico della Scuola Media del Comune di Castrocaro Terme e Terra del Sole.

Il Referente della Diagnosi Energetica (REDE) è l'Ing. Maria-Anna Segreto, Responsabile Scientifico del Laboratorio LAERTE. Il gruppo di lavoro è, inoltre, costituito da: Ing. Marcello Artioli, Simone Beozzo, Ing. Antonio Di Micco, Ing. Alessandra Gugliandolo, Roberto Guida, Ing. Salvatore Tamburrino.

Il laboratorio di ricerca industriale LAERTE, fa parte del Progetto Tecnopolo finanziato dalla Regione Emilia-Romagna, cui ENEA ha aderito sottoscrivendo una Convenzione che definisce i contenuti operativi dei laboratori di ricerca industriale, ne disciplina i tempi e i modi di realizzazione nonché i tempi e i modi di erogazione dei finanziamenti regionali.

Il Laboratorio LAERTE si occupa di efficienza energetica in edifici e sistemi complessi sia in termini d'involucro che in termini d'impianto; afferisce funzionalmente alla Unità Tecnica Efficienza Energetica (UTEE) ed è organizzato in tre unità operative :

EDI: Efficientamento energetico degli edifici mediante l'adozione di materiali innovativi ed energie rinnovabili

SAFE: Sicurezza e sostenibilità di infrastrutture, impianti ed edifici con approccio multirischio (sismico, incendio, impatto, etc.).

RSR: Utilizzo del calore e riconversione dei sistemi di riscaldamento (e raffrescamento) per opere civili, loro aggregati e impianti industriali ed uso razionale dell'energia.

Il presente audit fa riferimento all'unità operativa EDI.

In fase preliminare è stato eseguito un sopralluogo presso l'edificio oggetto di analisi ai fini della raccolta dati necessaria per una valutazione energetica dello stato di fatto della struttura e per l'esecuzione dei monitoraggi e l'acquisizione dei dati in situ per la realizzazione dell'audit completo.

Durante questa fase sono stati forniti dal Comune su supporto informatico i seguenti dati:

- Planimetrie della struttura;
- Consumi termici degli ultimi cinque anni;
- Consumi elettrici degli ultimi cinque anni.

## 2. CENTRALE TERMICA

L'intero Polo Scolastico è servito da un'unica centrale le cui caratteristiche sono di seguito riportate.

Ad un primo esame visivo la centrale, ubicata al di sotto del piano di campagna, risulta ben mantenuta, le tubazioni appaiono in buono stato così come le pompe di circolazione presenti.

Il libretto riporta l'indicazione riscaldamento + produzione ACS: effettivamente la dicitura non rispecchia il vero poiché negli edifici analizzati l'ACS viene prodotta attraverso l'utilizzo di boiler elettrici. In ognuno degli edifici analizzati di seguito viene riportato il numero dei boiler presenti e la rispettiva capacità.

La centrale è costituita da 3 generatori di calore marca UNICAL mod. PREXAL 300. I tre generatori identici hanno potenza termica al focolare nominale massima pari a 329 kW e potenza termica utile nominale massima pari a 300 kW.

I 3 bruciatori presenti sono di marca RIELLO mod. RS 38, sono alimentati a metano. Anch'essi identici hanno portata termica minima nominale pari a 105 kW e portata termica massima nominale pari a 440 kW.

Le pompe di circolazione presenti sono 13 di cui:

- n° 2 marca Wilo mod. Ipn 65/180-1.5/4 con potenza di 1.5 kW e prevalenza 98.06 – 53.933
- n° 4 marca Wilo mod. Ipn 65/180-1.5/41 con potenza di 1.5 kW e prevalenza 127.478 – 98.06
- n° 2 marca Wilo mod. TOP-S 50/7 con potenza di 0.41 kW e prevalenza 75.545 – 24.515
- n° 2 marca KSB mod. ETALINE hya-Drive 50-160/114 con potenza di 1.1 kW e prevalenza 137.284 – 53.933
- n° 3 marca Wilo mod. TOP-D 40 con potenza di 0.07 kW e prevalenza 7.8448 – 0.9806

Si precisa che una delle tre pompe Wilo mod. TOP-D 40 è stata sostituita in data 20/01/2006 causa guasto.

Le valvole di regolazione presenti sono di marca HONEYWELL e LANDIS.

Anche il sistema di controllo è marcato HONEYWELL.

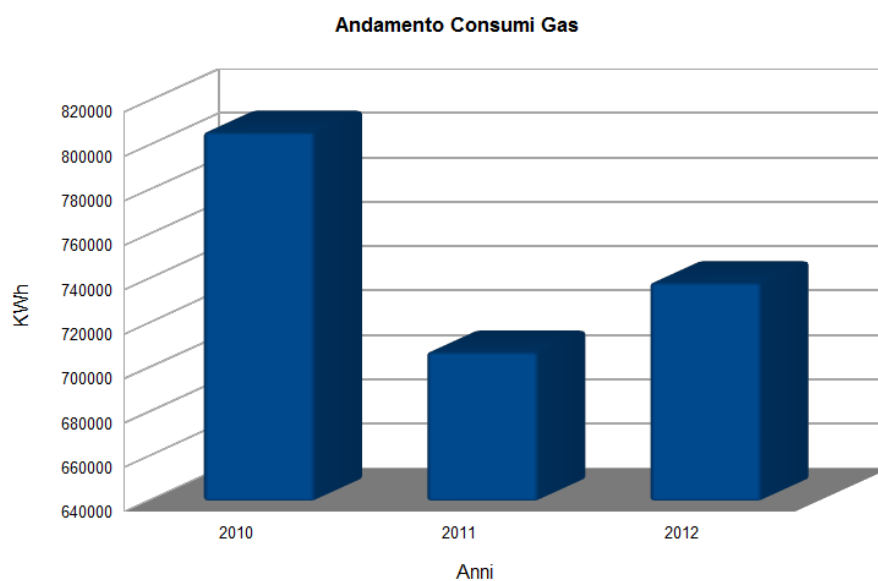
Alla data del sopralluogo le temperature di mandata e ritorno in centrale risultavano essere:

Tmandata = 75°C

Tritorno = 55°C

All'interno del libretto di centrale, fornito dalla committenza, sono rilevabili anche i risultati delle verifiche periodiche effettuate per la manutenzione. L'ultima verifica è stata effettuata l'8/2/2013 ed il rendimento di combustione minimo delle tre caldaie è stato pari al  $93.2 \pm 2\%$  (valore calcolato).

Per quanto riguarda i dati relativi al consumo di gas per uso riscaldamento, sono stati forniti i consumi complessivi della centrale che serve l'intero Polo scolastico per gli ultimi tre anni:



**Fig. 1 – Andamento dei consumi di gas per riscaldamento**

Anno 2010 : mc. 84061

Anno 2011 : mc. 73734

Anno 2012 : mc. 76989



**Fig. 2 – Accesso alla sottocentrale**



**Fig. 3 – Sottocentrale della scuola media**

Si precisa, inoltre, che per la scuola media esiste una sottocentrale. All'interno della sottocentrale sono presenti due pompe WILO. Le tubazioni appaiono in buono stato così come le valvole e i vasi presenti.



**Fig. 4 – Pompa per riscaldamento WILO**



**Fig. 5 - Particolare della rete di distribuzione della sottocentrale**

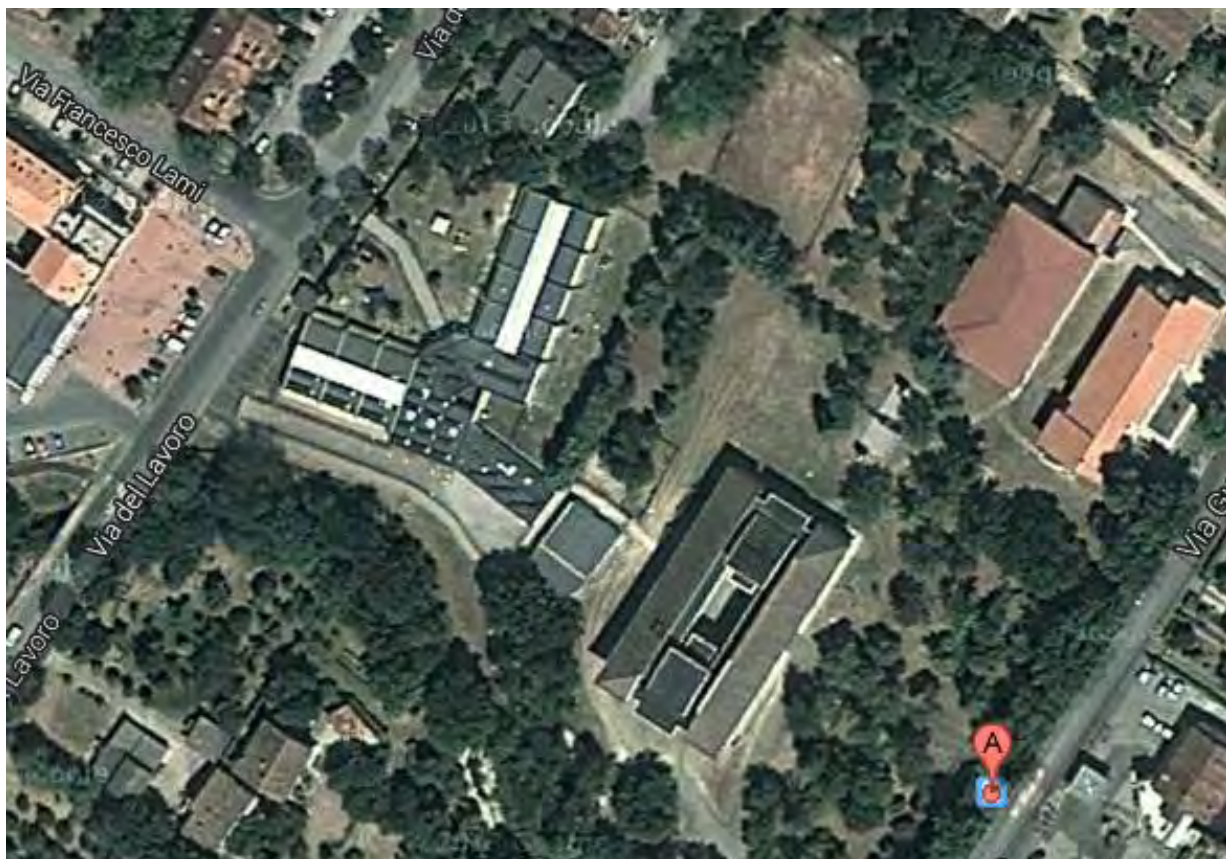
### 3. CONSUMI ELETTRICI

Per quanto riguarda i consumi elettrici sono state allegate le bollette dei consumi degli ultimi anni. Si precisa che i consumi della palestra sono accorpati con i consumi della scuola media, invece, i consumi della biblioteca sono accorpati a quelli dell'asilo nido-scuola materna. Non risulta possibile fare un'analisi dei consumi elettrici per edificio proprio a causa dell'accorpamento che non consente di differenziare i consumi, per esempio, tra asilo e biblioteca, tenuto conto anche del fatto che la fruizione è completamente diversa sia per orari di funzionamento che per tipologia di utilizzo e di pubblico presente.

### BIBLIOTECA

#### 4. OGGETTO DELL'AUDIT

L'edificio adibito a biblioteca si sviluppa su un unico piano fuori terra ed è isolato da altre strutture. Ad una prima analisi visiva l'edificio appare di recente costruzione e non mostra uno stato di cattiva manutenzione esterna anche se risulta evidente che la quota zero della struttura non si eleva rispetto al terreno circostante con conseguente rischio in caso di piogge.



**Fig. 6 - Inquadramento territoriale**

## 5. DATI CLIMATICI

<b>Parametri climatici della località</b>													
<b>Gradi giorno</b>	2131 °C												
<b>Temperatura minima di progetto</b>	-5,0 °C												
<b>Altitudine</b>	68 m												
<b>Zona climatica</b>	E												
<b>Giorni di riscaldamento</b>	183												
<b>Velocità del vento</b>	2,3 m/s												
<b>Zona di vento</b>	1												
<b>Province di riferimento</b>	Forlì-Cesena Ravenna												
<b>Temperature medie mensili (°C)</b>	<b>GEN</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>APR</b>	<b>MAG</b>	<b>GIU</b>	<b>LUG</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OTT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	
	2,8	4,4	8,8	13,5	17,6	22,4	25,1	24,6	20,9	14,9	9,1	4,2	
<b>Irradiazioni medie mensili (MJ/m<sup>2</sup>)</b>		<b>GEN</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>APR</b>	<b>MAG</b>	<b>GIU</b>	<b>LUG</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OTT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
	Orizz.	4,8	7,9	12,6	17,7	22,2	25,3	26,6	22,2	16,6	10,3	5,5	4,1
	S	8,2	10,7	12,1	11,5	10,7	10,4	11,3	12,6	14,1	13,0	8,7	7,1
	SE/SO	6,5	9,0	11,5	12,9	13,5	13,9	15,2	15,1	14,3	11,2	7,0	5,6
	E/O	3,8	6,1	9,2	12,2	14,7	16,4	17,5	15,2	12,1	7,9	4,3	3,3
	NE/NO	1,9	3,2	5,6	8,7	11,7	13,7	14,0	11,0	7,4	4,2	2,2	1,6
	N	1,7	2,6	3,8	5,6	8,1	10,1	9,6	6,7	4,3	3,0	1,9	1,5

La temperatura esterna il giorno in cui è stato eseguito il sopralluogo era di 8-10°C.

## 6. RILIEVO

### 6.1. STRUTTURA ED INVOLUCRO

La struttura è realizzata in c.a ed i tamponamenti sono in laterizio senza alcuna presenza di isolamento termico.

La tamponatura esterna è costituita da mattone forato intonacato dai due lati e la struttura del solaio è realizzata in latero-cemento anch'essa non isolata termicamente.

Sulle facciate verticali è presente, all'altezza della copertura un elemento coprente in lamiera che si estende sino alla parte superiore degli elementi finestrati.



**Fig. 7 - Involucro**

Si precisa che non è stata fornita legge 10/91 né alcuna stratigrafia. I dati presenti in relazione sono stati reperiti effettuando interviste ai tecnici comunali ed ai manutentori.

Per quanto riguarda la struttura del solaio, anch'esso in latero-cemento, si rilevano numerose infiltrazioni d'acqua e presenza di umidità ai nodi parete-solaio.



**Fig. 8 – Infiltrazioni d’acqua e conseguente sfogliatura dell’intonaco per umidità**



**Fig. 9 – Imbibimento soletta di interpiano**

Gli infissi sono realizzati in PVC con vetro camera 4-20-4 senza trattamento. La parte curva della struttura è interamente finestrata.

Tutti gli infissi hanno una buona tenuta e non si rilevano particolari fenomeni d'infiltrazioni/esfiltrazioni. Le guarnizioni sono integre e assolvono le loro funzioni.



**Fig. 10 – Telaio infisso**



**Fig. 11 – Aperture finestrate**

## 6.2. PRODUZIONE ACS E SISTEMA DI EMISSIONE DEL CALORE

Il sistema di produzione ACS è costituito da 2 boiler elettrici Bluker da 80 litri di potenza elettrica pari a 1,2 kW ciascuno installati nei due bagni.



**Fig. 12 – Boiler Bluker**

Il sistema di emissione è costituito da radiatori del tipo a tubi verticali non dotati di valvole termostatiche.



**Fig. 13 – Radiatori a tubi verticali**

## 6.3. L'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è del tipo manuale con lampade a bulbo non a risparmio energetico.

## 6.4. FUNZIONAMENTO

La struttura viene utilizzata per circa 3-3.5 h giornaliere per 5 giorni la settimana.

La struttura non è fruita il sabato. Dalle informazioni raccolte risulta che la struttura non venga frequentata da un alto numero di fruitori.



ORARIO BIBLIOTECA COMUNALE		
LUNEDI'	14.45	18.00
MARTEDI'	14.30	18.00
MERCOLEDI'	09.30	12.30
GIOVEDI'	14.45	18.00
VENERDI'	14.45	18.00
SABATO	-	-

**Fig. 14 – Orari di funzionamento**

## 7. MISURAZIONI E MONITORAGGIO

La seconda parte dell'analisi effettuata ha previsto misurazioni e monitoraggi specifici, locale per locale.

I dati acquisiti sono stati i seguenti:

- valori di umidità relativa interna
- valori di temperatura interna
- valori relativi all'illuminamento
- verifica di infiltrazioni/esfiltrazioni d'aria

### 7.1. UMIDITÀ RELATIVA

Per le strutture a destinazione d'uso biblioteca i valori ottimali di umidità relativa interna agli ambienti si attestano tra il 40% ed il 60%.

E' necessaria la verifica del suddetto indice poiché all'aumentare del valore effettivo, oltre ad esserci rischi per la salute dovuti allo sviluppo di microorganismi e muffe, si amplificano le sensazioni termiche dell'utente creando delle condizioni di discomfort.

Attraverso appropriata strumentazione è stato verificato il valore dell'umidità relativa degli ambienti e con l'ausilio di un software è stato graficato lo stato di fatto.

Dall'analisi effettuata è emerso che i valori di umidità relativa interna risultano essere poco più alti rispetto ai valori ottimali con punte del massime del 63.6%.

#### 7.2. TEMPERATURA INTERNA

I valori ottimali di temperatura interna dovrebbero oscillare da un minimo di 18°C ad un massimo di 22°C.

Anche in questo caso è stato effettuato un ciclo di misurazioni ambiente per ambiente da cui è emerso che le temperature interne sono in media con i valori ottimali con punte massime misurate di 21.5°C. Si precisa, comunque, che la struttura, al momento dei monitoraggi, non ospitava alcun fruitore.

#### 7.3. TEMPERATURA SUPERFICIALE DEGLI ELEMENTI DI EMISSIONE

Attraverso l'utilizzo di un termometro per contatto sono state monitorate le temperature degli elementi di emissione media rilevata sui radiatori è di 37.3 °C.

#### 7.4. ILLUMINAMENTO

Il monitoraggio eseguito ha previsto il rilievo dei lux presenti nei diversi ambienti (sale lettura, uffici e ambienti comuni). I dati rilevati sono indicati nell'immagine sottostante.

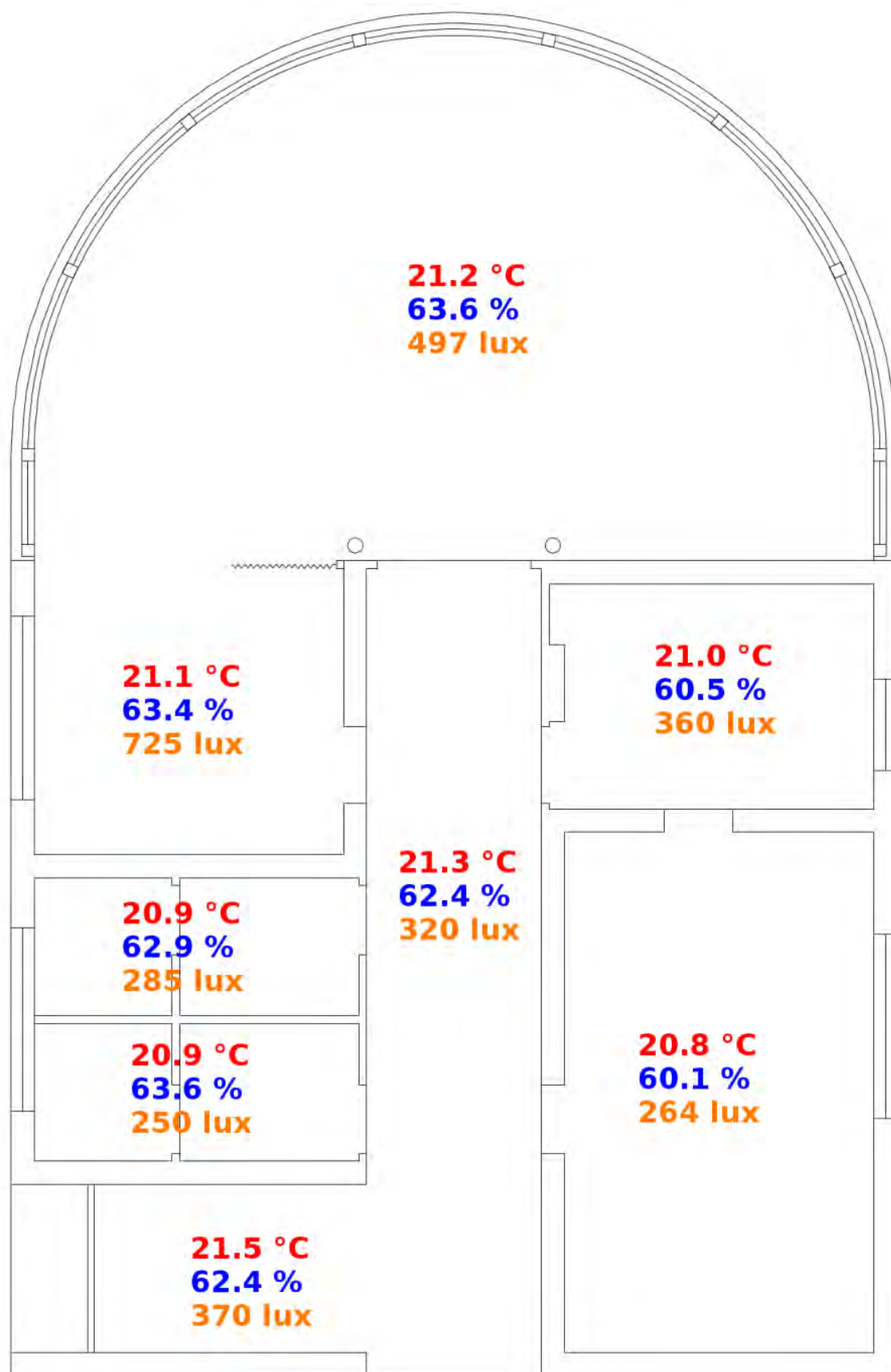


Fig. 15 – Schema rappresentativo dei dati rilevati

## 7.5. INFILTRAZIONI/ESFILTRAZIONI D'ARIA E PRESENZA DI PONTI TERMICI

Dall'analisi relativa all'umidità relativa e alla temperatura è stata verificata una ottimale efficacia della tenuta all'aria degli infissi.

La termografia ci ha, inoltre, consentito di rilevare una massiccia presenza di ponti termici e di problemi di umidità soprattutto ai nodi soffitto-parete e al basamento.



Fig. 16 – Particolare muro esterno

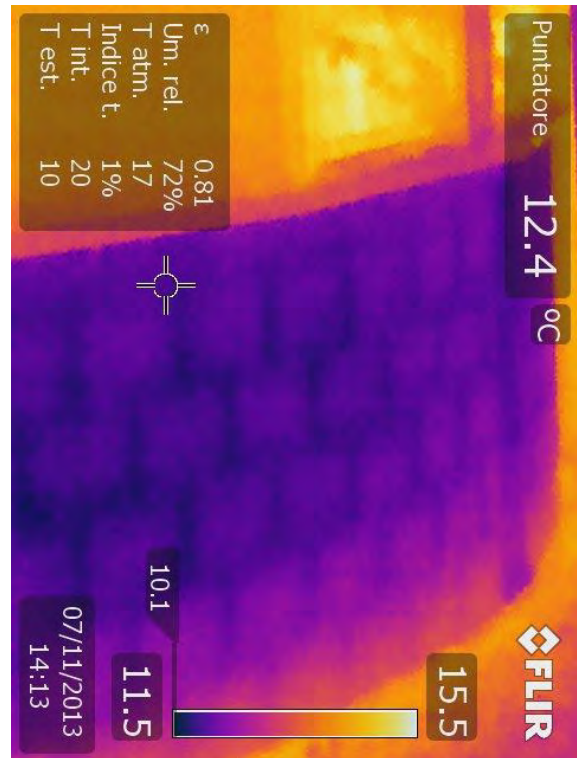


Fig. 17 – Termografia infisso - muro



Fig. 18 – Visione d'insieme



Fig. 19 - Termografia esterno



**Fig. 20 – Termografia infissi-muratura**



**Fig. 21 – Muro esterno biblioteca**

#### 7.6. FONTI RINNOVABILI

Non è presente alcun impianto a fonti rinnovabili collegato alla struttura.

## 8. CONCLUSIONI

La modellazione effettuata ha restituito valori di EPI pari a 68,35 kWh/m<sup>3</sup>\*anno ed un valore di EPacs pari a 3,32 kWh/m<sup>3</sup>\*anno.

Entrambi i valori risultano eccedere i valori di sufficienza.

Anche il calcolo in regime estivo restituisce valori mediocri della prestazione energetica dell'involucro (EPE = 47,16 kWh/m<sup>2</sup>\*anno - Classe V).

A conclusione dell'audit si può affermare che la struttura ha consumi molto elevati dovuti principalmente alle pessime prestazioni dell'involucro.

Si rendono perciò indispensabili interventi migliorativi al fine di riportare i consumi della Biblioteca almeno all'interno dei parametri di sufficienza.

## PALESTRA

### 9. OGGETTO DELL'AUDIT

L'edificio adibito ad uso palestra si sviluppa su un unico piano fuori terra ed è isolato da altre strutture. Ad una prima analisi visiva l'edificio appare non di recentissima costruzione mostra un carente stato di manutenzione. Sulle pareti esterne sono evidenti lesioni dell'intonaco, scrostature dei muri, segni di umidità dovuta ad infiltrazione di pioggia. Il basamento, rialzato di circa 70-80 cm rispetto al piano di campagna, presenta una zoccolatura di marmo larga circa 40 cm interrotta in alcuni punti della struttura. Sono altresì evidenti numerose risarciture e riprese dell'intonaco che costituiscono evidenti ponti termici in facciata.



Fig. 222 - Appoggio copertura

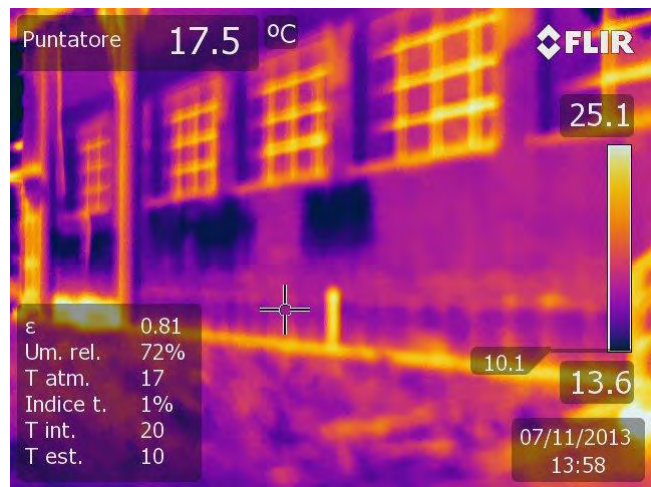


Fig. 23 - Termografia muro esterno

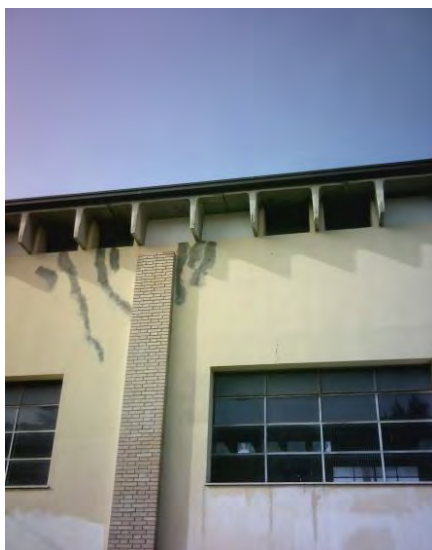


Fig. 23 - Lesioni sulla muratura



Fig. 24 - Muro esterno Palestra



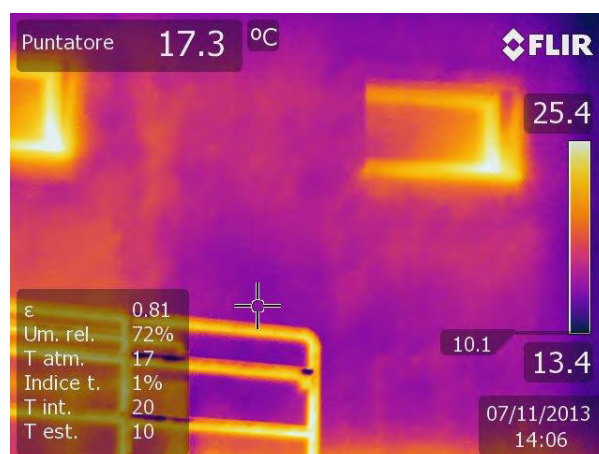
**Fig. 26 – Dettaglio muro esterno Palestra**



**Fig.27 – Presenza di umidità in facciata**



**Fig. 25 – Presenza di umidità in facciata**



**Fig. 29 – Particolare muro esterno**

Il funzionamento della palestra non è costante nel tempo poiché, oltre all'utilizzo per le lezioni di educazione fisica viene utilizzata per eventi sportivi quali ad esempio partite di pallavolo.

Dalle interviste fatte si evince che, dopo le lezioni di educazione fisica, difficilmente i ragazzi fanno la doccia. Si precisa, però, che al momento del sopralluogo era appena finita una lezione ed effettivamente all'interno del locale docce dedicate alle ragazze era presente la classica umidità rilevabile dopo l'utilizzo di acqua calda per un tempo prolungato.

## 10. DATI CLIMATICI

<b>Parametri climatici della località</b>													
<b>Gradi giorno</b>	2131 °C												
<b>Temperatura minima di progetto</b>	-5,0 °C												
<b>Altitudine</b>	68 m												
<b>Zona climatica</b>	E												
<b>Giorni di riscaldamento</b>	183												
<b>Velocità del vento</b>	2,3 m/s												
<b>Zona di vento</b>	1												
<b>Province di riferimento</b>	Forlì-Cesena Ravenna												
<b>Temperature medie mensili (°C)</b>	<b>GEN</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>APR</b>	<b>MAG</b>	<b>GIU</b>	<b>LUG</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OTT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	
	2,8	4,4	8,8	13,5	17,6	22,4	25,1	24,6	20,9	14,9	9,1	4,2	
<b>Irradiazioni medie mensili (MJ/m<sup>2</sup>)</b>		<b>GEN</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>APR</b>	<b>MAG</b>	<b>GIU</b>	<b>LUG</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OTT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
	Orizz.	4,8	7,9	12,6	17,7	22,2	25,3	26,6	22,2	16,6	10,3	5,5	4,1
	S	8,2	10,7	12,1	11,5	10,7	10,4	11,3	12,6	14,1	13,0	8,7	7,1
	SE/SO	6,5	9,0	11,5	12,9	13,5	13,9	15,2	15,1	14,3	11,2	7,0	5,6
	E/O	3,8	6,1	9,2	12,2	14,7	16,4	17,5	15,2	12,1	7,9	4,3	3,3
	NE/NO	1,9	3,2	5,6	8,7	11,7	13,7	14,0	11,0	7,4	4,2	2,2	1,6
	N	1,7	2,6	3,8	5,6	8,1	10,1	9,6	6,7	4,3	3,0	1,9	1,5

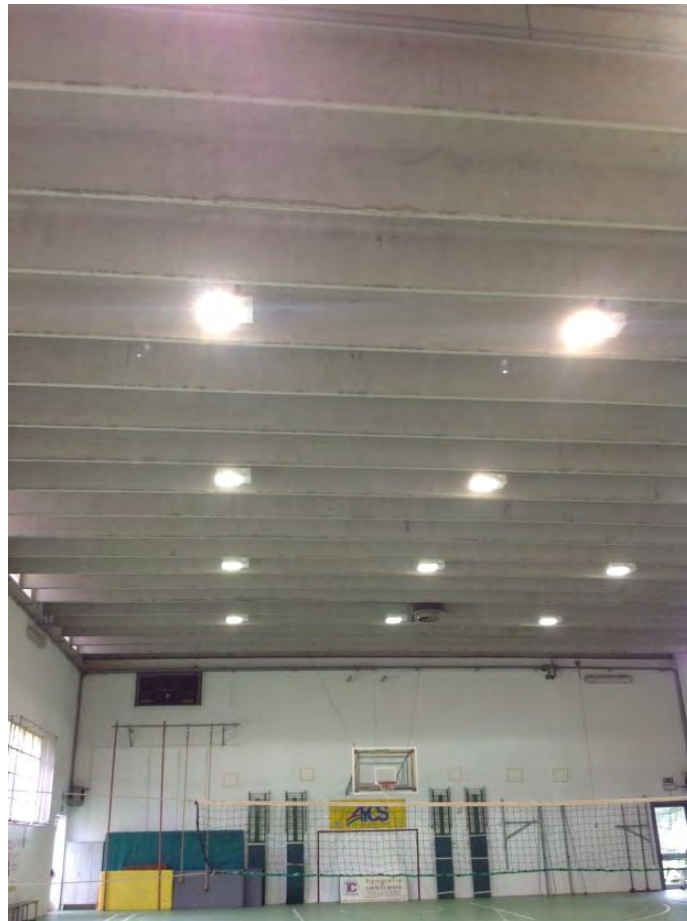
La temperatura esterna il giorno in cui è stato eseguito il sopralluogo era di **8-10°C**.

## 11. RILIEVO

### 11.1. STRUTTURA ED INVOLUCRO

La struttura è realizzata in c.a ed i tamponamenti sono in laterizio senza alcuna presenza di isolamento termico.

La tamponatura esterna è costituita da mattone forato intonacato dai due lati e la struttura del solaio è realizzata predalles in c.a.p. e anch'essa non risulta isolata termicamente.



**Fig. 26 – Particolare soffitto Palestra**

Si precisa che non è stata fornita legge 10/91 né alcuna stratigrafia. I dati presenti in relazione sono stati reperiti effettuando interviste ai tecnici comunali ed ai manutentori.

Gli infissi sono realizzati in metallo con vetro singolo ed evidenziano una pessima tenuta all'aria.



**Fig. 27 – Risarcitura muro esterno**

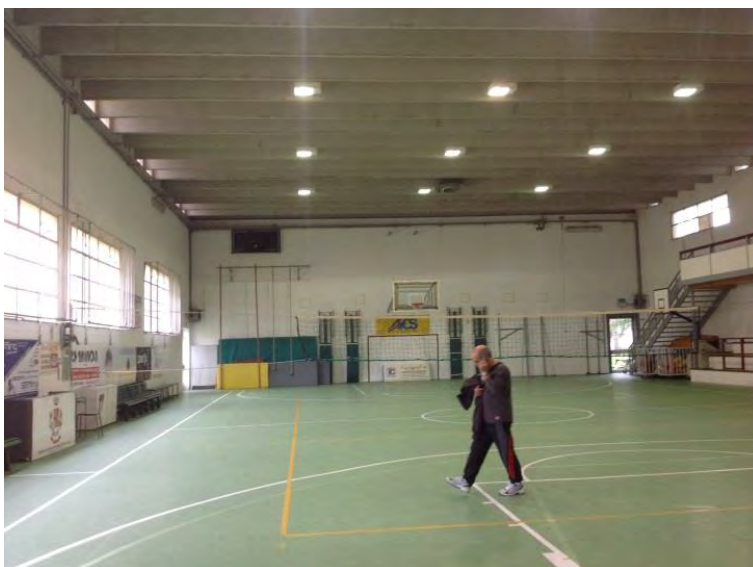
## **12. PRODUZIONE ACS E SISTEMA DI EMISSIONE DEL CALORE**

Il sistema di produzione acs è costituito da 1 boiler elettrico da 80 litri di potenza elettrica pari a 1,2 kW.

Il sistema di emissione è costituito da aerotermi a soffitto per i quali non è stato possibile ottenere informazioni aggiuntive. In fase di modellazione sono stati ipotizzati aerotermi pensili con rendimento di emissione pari al 95%. Il software utilizzato, in fase di calcolo, corregge automaticamente il dato in funzione del carico termico.

## **13. L'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE**

L'impianto di illuminazione è del tipo manuale con lampade tipo faretti non a risparmio energetico.



**Fig. 28 – Vista interna Palestra**

## 14. MISURAZIONI E MONITORAGGIO

La seconda parte dell'analisi effettuata ha previsto misurazioni e monitoraggi specifici, locale per locale.

I dati acquisiti sono stati i seguenti:

- valori di umidità relativa interna
- valori di temperatura interna
- valori relativi all'illuminamento
- verifica di infiltrazioni/esfiltrazioni d'aria

### 14.1. UMIDITÀ RELATIVA

Attraverso appropriata strumentazione è stato verificato il valore dell'umidità relativa degli ambienti e con l'ausilio di un software è stato graficato lo stato di fatto.

Dall'analisi effettuata è emerso che i valori di umidità relativa interna risultano essere più alti rispetto ai valori ottimali con punte del massime del 74.8%.

### 14.2. TEMPERATURA INTERNA

I valori ottimali di temperatura interna dovrebbero oscillare da un minimo di 18°C ad un massimo di 22°C. Anche in questo caso è stato effettuato un ciclo di misurazioni ambiente per ambiente da cui è emerso che le temperature interne sono in media con i valori ottimali con punte massime misurate di 21.9°C.

### 14.3. TEMPERATURA SUPERFICIALE DEGLI ELEMENTI DI EMISSIONE

Non è stato possibile rilevare la temperatura dei terminali di emissione.

### 14.4. ILLUMINAMENTO

Il monitoraggio eseguito ha previsto il rilievo dei lux presenti nei diversi ambienti. I dati rilevati sono indicati nell'immagine sottostante.

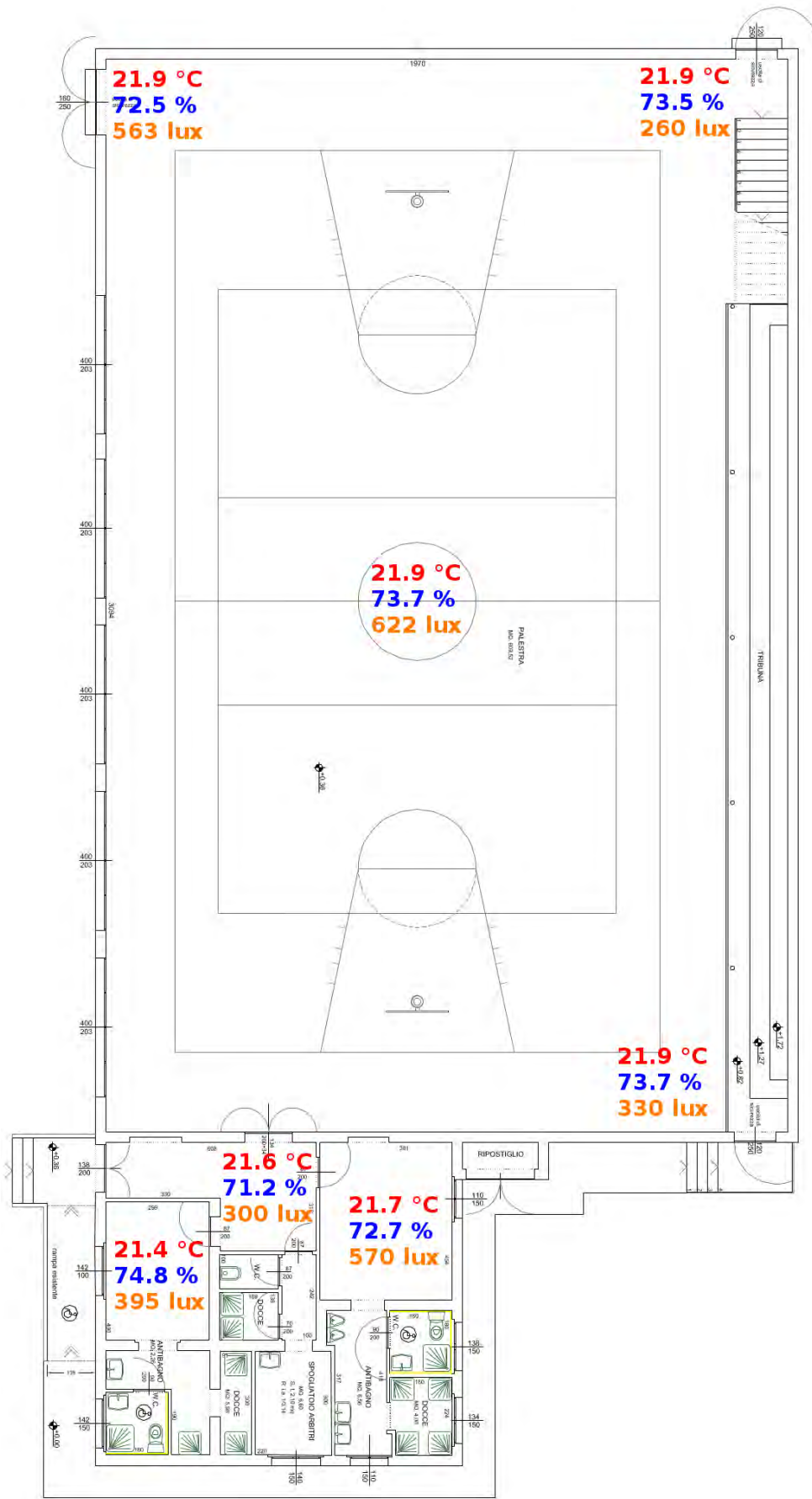
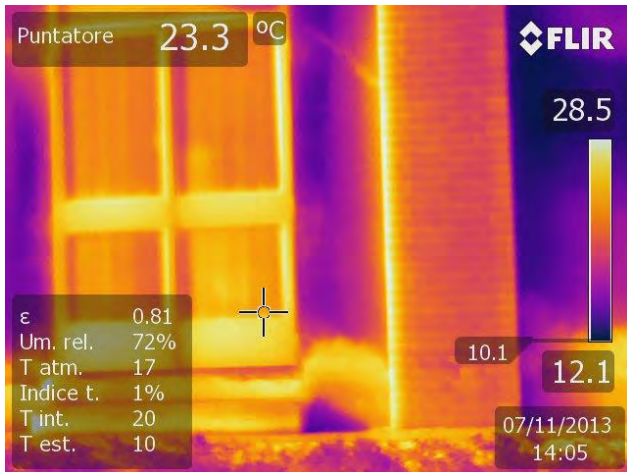


Fig. 29 – Schema rappresentativo dei dati rilevati

#### 14.5. INFILTRAZIONI/ESFILTRAZIONI D'ARIA E PRESENZA DI PONTI TERMICI

Dall'analisi relativa all'umidità relativa e alla temperatura è stata verificata una pessima efficacia della tenuta all'aria degli infissi.

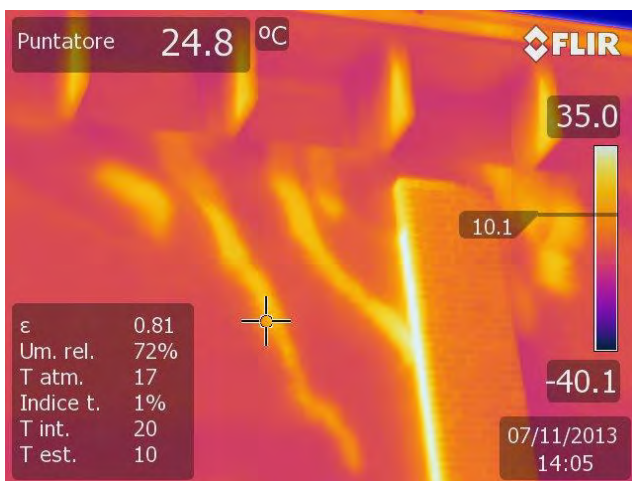
La termografia ci ha, inoltre, consentito di rilevare una massiccia presenza di ponti termici e di problemi di umidità soprattutto ai nodi soffitto-parete e al basamento.



**Fig. 31 – Ponte termico infisso-muratura**



**Fig. 30 – Parete esterna Palestra**



**Fig. 33 – Termografia lesioni in facciata**



**Fig. 32 – Lesioni in facciata**

#### 14.6. FONTI RINNOVABILI

Non è presente alcun impianto a fonti rinnovabili collegato alla struttura.

## 15. CONCLUSIONI

La modellazione effettuata ha restituito valori di EPI pari a 46,20 kWh/m<sup>3</sup>\*anno ed un valore di EPacs pari a 4,90 kWh/m<sup>3</sup>\*anno.

Entrambi i valori risultano eccedere i valori di sufficienza.

A conclusione dell'audit si può affermare che la struttura ha consumi molto elevati dovuti principalmente alle pessime prestazioni dell'involucro.

Si evidenzia, inoltre, che l'utilizzo di un boiler elettrico per una palestra appare poco adeguato.

Si rendono perciò indispensabili interventi migliorativi al fine di riportare i consumi della Palestra almeno all'interno dei parametri di sufficienza.

## **ASILO NIDO E SCUOLA MATERNA**

### **16. OGGETTO DELL'AUDIT**

L'edificio adibito ad uso asilo nido e scuola materna si sviluppa su un unico piano fuori terra ed è isolato da altre strutture. Ad una prima analisi visiva l'edificio appare di costruzione recente, è ben mantenuto sia all'interno che all'esterno della struttura. Gli interni appaiono ben curati anche se in alcune zone (soprattutto nei sottofinestra) si notano lesioni e scrostature all'intonaco dovute ad umidità di risalita.



**Fig. 34 – Asilo nido e scuola materna**

## 17. DATI CLIMATICI

<b>Parametri climatici della località</b>													
<b>Gradi giorno</b>	2131 °C												
<b>Temperatura minima di progetto</b>	-5,0 °C												
<b>Altitudine</b>	68 m												
<b>Zona climatica</b>	E												
<b>Giorni di riscaldamento</b>	183												
<b>Velocità del vento</b>	2,3 m/s												
<b>Zona di vento</b>	1												
<b>Province di riferimento</b>	Forlì-Cesena Ravenna												
<b>Temperature medie mensili (°C)</b>	<b>GEN</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>APR</b>	<b>MAG</b>	<b>GIU</b>	<b>LUG</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OTT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	
	2,8	4,4	8,8	13,5	17,6	22,4	25,1	24,6	20,9	14,9	9,1	4,2	
<b>Irradiazioni medie mensili (MJ/m<sup>2</sup>)</b>		<b>GEN</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>APR</b>	<b>MAG</b>	<b>GIU</b>	<b>LUG</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OTT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
	Orizz.	4,8	7,9	12,6	17,7	22,2	25,3	26,6	22,2	16,6	10,3	5,5	4,1
	S	8,2	10,7	12,1	11,5	10,7	10,4	11,3	12,6	14,1	13,0	8,7	7,1
	SE/SO	6,5	9,0	11,5	12,9	13,5	13,9	15,2	15,1	14,3	11,2	7,0	5,6
	E/O	3,8	6,1	9,2	12,2	14,7	16,4	17,5	15,2	12,1	7,9	4,3	3,3
	NE/NO	1,9	3,2	5,6	8,7	11,7	13,7	14,0	11,0	7,4	4,2	2,2	1,6
	N	1,7	2,6	3,8	5,6	8,1	10,1	9,6	6,7	4,3	3,0	1,9	1,5

La temperatura esterna il giorno in cui è stato eseguito il sopralluogo era di **8-10°C**.

## 18. RILIEVO

### 18.1. STRUTTURA ED INVOLUCRO

La struttura è realizzata in c.a ed i tamponamenti sono in laterizio senza alcuna presenza di isolamento termico.

La tamponatura esterna è costituita da mattone forato intonacato dai due lati e la struttura del solaio è realizzata c.a e anch'essa non risulta isolata termicamente. Sulla copertura è presente un impianto fotovoltaico.

Sono presenti grandi finestrate che coprono quasi per intero la facciata.



**Fig. 36 – Struttura in c.a.**



**Fig. 35 – Interni di un ambiente tipo**

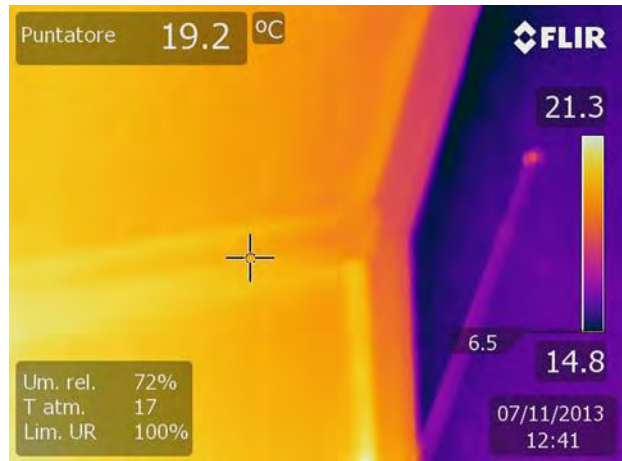
Si precisa che non è stata fornita legge 10/91 né alcuna stratigrafia. I dati presenti in relazione sono stati reperiti effettuando interviste ai tecnici comunali ed ai manutentori.

Gli infissi sono realizzati in metallo con vetro doppio 4-20-4 non trattato ed evidenziano una buona tenuta all'aria.

Il corridoio centrale della struttura è coperto da un lunghissimo lucernaio costituito da una lastra singola opaca con telaio in metallo.



**Fig. 38 - Lucernario**



**Fig. 37 – Termografia lucernario**

## 18.2. PRODUZIONE ACS E SISTEMA DI EMISSIONE DEL CALORE

Il sistema di produzione acs è costituito da 8 boiler elettrici di potenza elettrica pari a 1,2 kW ciascuno. Ovviamente, nell'allegata bozza di APE, si evidenzia un EPacs pari a zero poiché l'intero fabbisogno elettrico richiesto dai boiler viene coperto dall'impianto fotovoltaico.

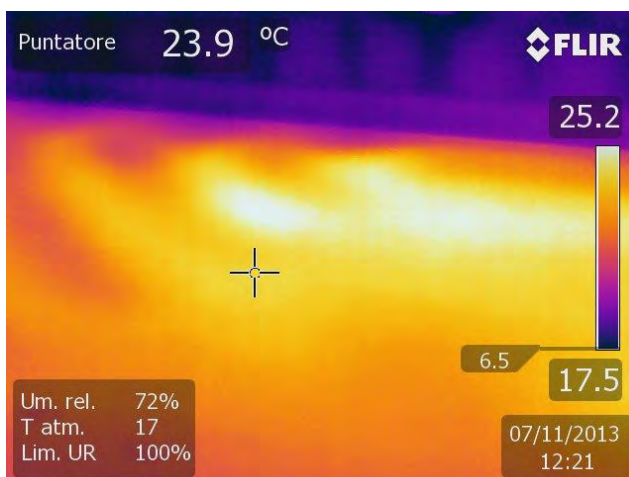


**Fig. 39 – Boiler Ariston**

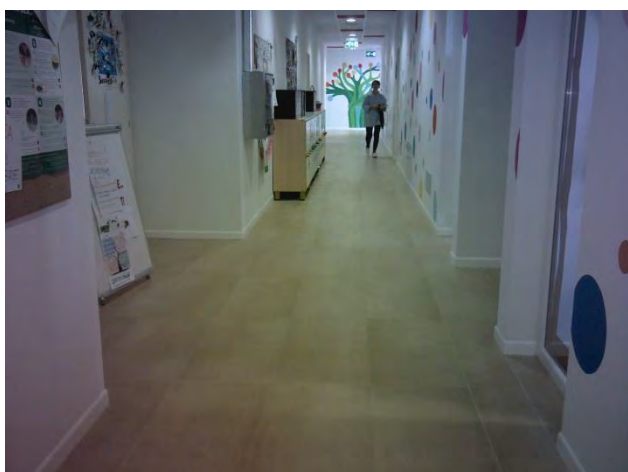
Il sistema di emissione per il riscaldamento è costituito da pannelli radianti a pavimento.



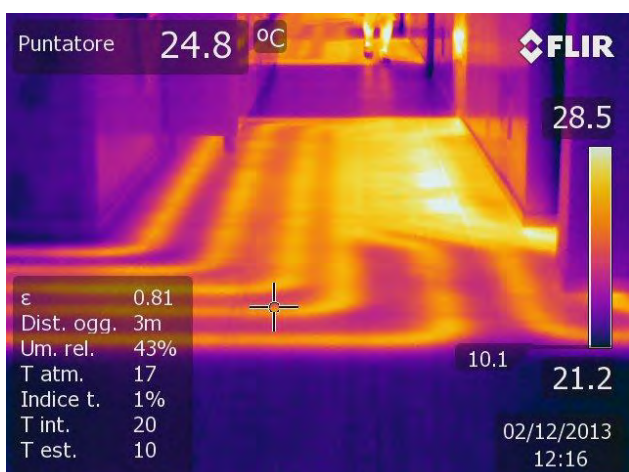
**Fig. 42 – Particolare porzione di pavimento**



**Fig. 43 – Termografia pavimento**



**Fig. 40 – Corridoio**



**Fig. 41 – Termografia rete impiantistica a pavimento**

### 18.3. L'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è del tipo manuale con lampade al neon non a risparmio energetico.

## 19. MISURAZIONI E MONITORAGGIO

La seconda parte dell'analisi effettuata ha previsto misurazioni e monitoraggi specifici locale per locale.

I dati acquisiti sono stati i seguenti:

- valori di umidità relativa interna
- valori di temperatura interna
- valori relativi all'illuminamento
- verifica di infiltrazioni/esfiltrazioni d'aria

### 19.1. UMIDITÀ RELATIVA

Attraverso appropriata strumentazione è stato verificato il valore dell'umidità relativa degli ambienti e con l'ausilio di un software è stato graficato lo stato di fatto.

Dall'analisi effettuata è emerso che i valori di umidità relativa interna risultano essere più alti rispetto ai valori ottimali con punte del massime del 72%.

### 19.2. TEMPERATURA INTERNA

I valori ottimali di temperatura interna dovrebbero oscillare da un minimo di 18°C ad un massimo di 22°C.

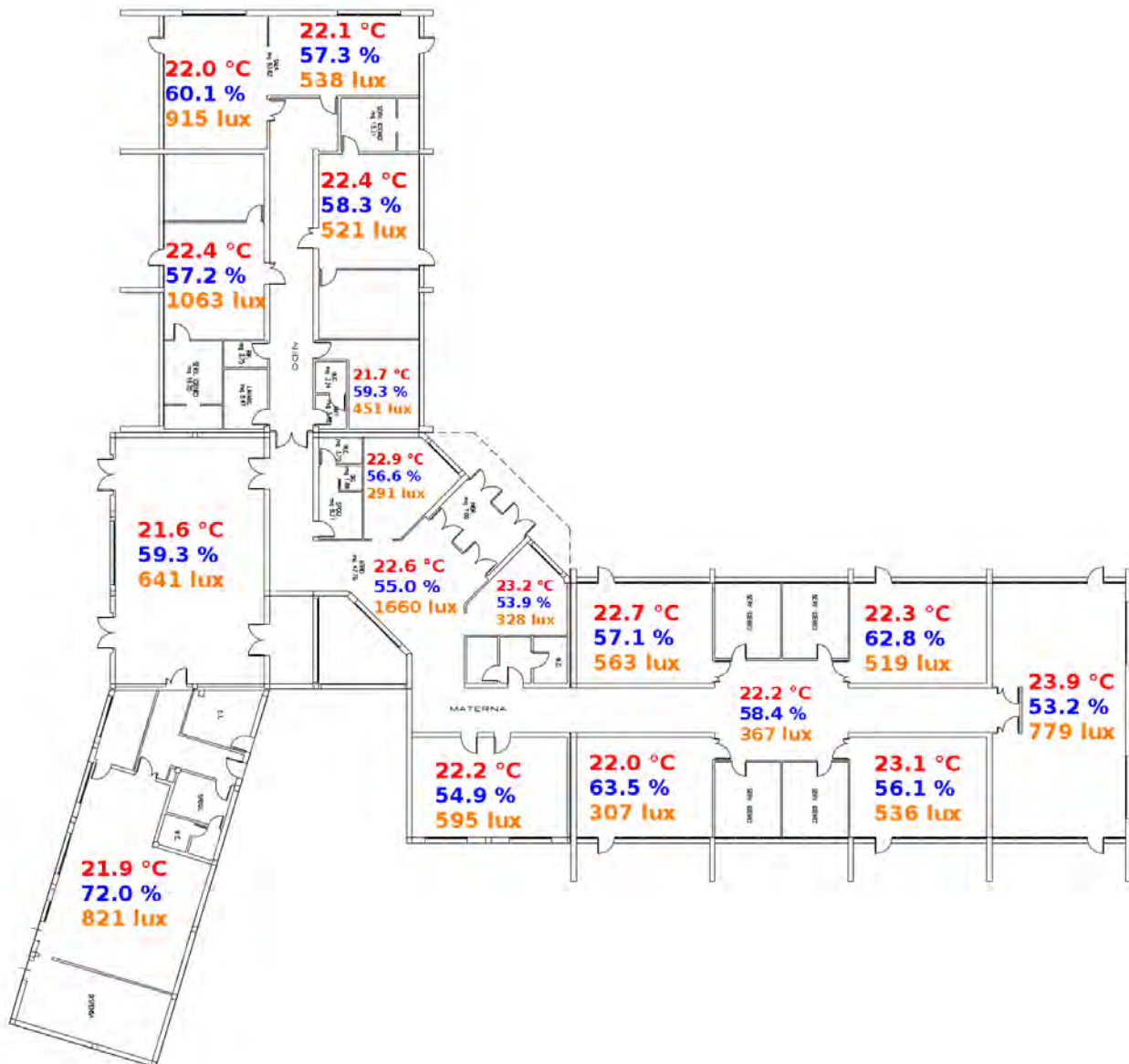
Anche in questo caso è stato effettuato un ciclo di misurazioni ambiente per ambiente da cui è emerso che le temperature interne sono in media con i valori ottimali con punte massime misurate di 23.9°C.

### 19.3. TEMPERATURA SUPERFICIALE DEGLI ELEMENTI DI EMISSIONE

La temperatura del pavimento è stata rilevata a circa 25-27 °C.

### 19.4. ILLUMINAMENTO

Il monitoraggio eseguito ha previsto il rilievo dei lux presenti nei diversi ambienti. I dati rilevati sono indicati nell'immagine sottostante.

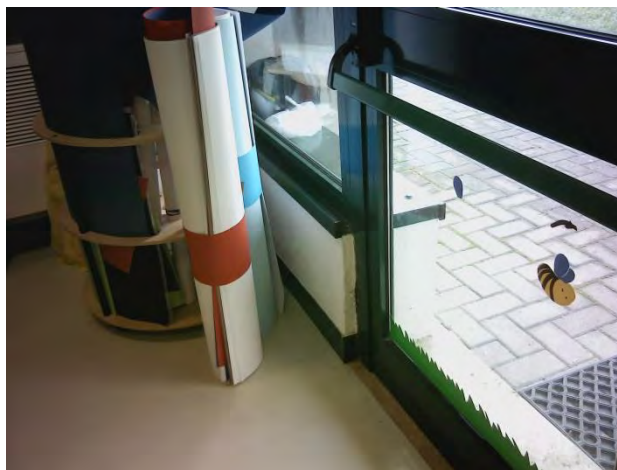


**Fig. 44 - Schema rappresentativo dei dati rilevati**

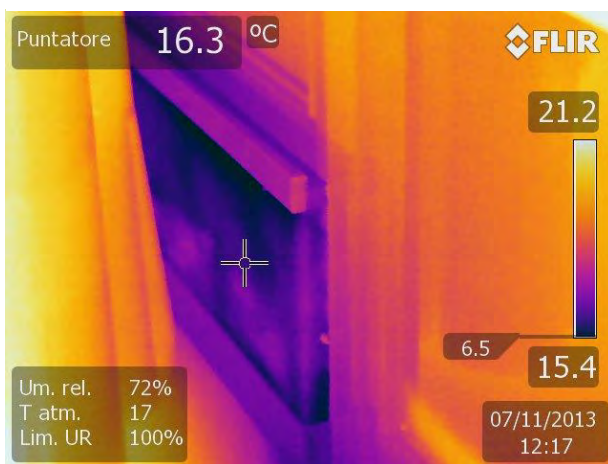
19.5. INFILTRAZIONI/ESFILTRAZIONI D'ARIA E PRESENZA DI PONTI TERMICI

Dall'analisi relativa all'umidità relativa e alla temperatura è stata verificata una buona efficacia della tenuta all'aria degli infissi.

La termografia ci ha, però, consentito di rilevare una massiccia presenza di ponti termici e di problemi di umidità soprattutto nella zona sottofinestra.



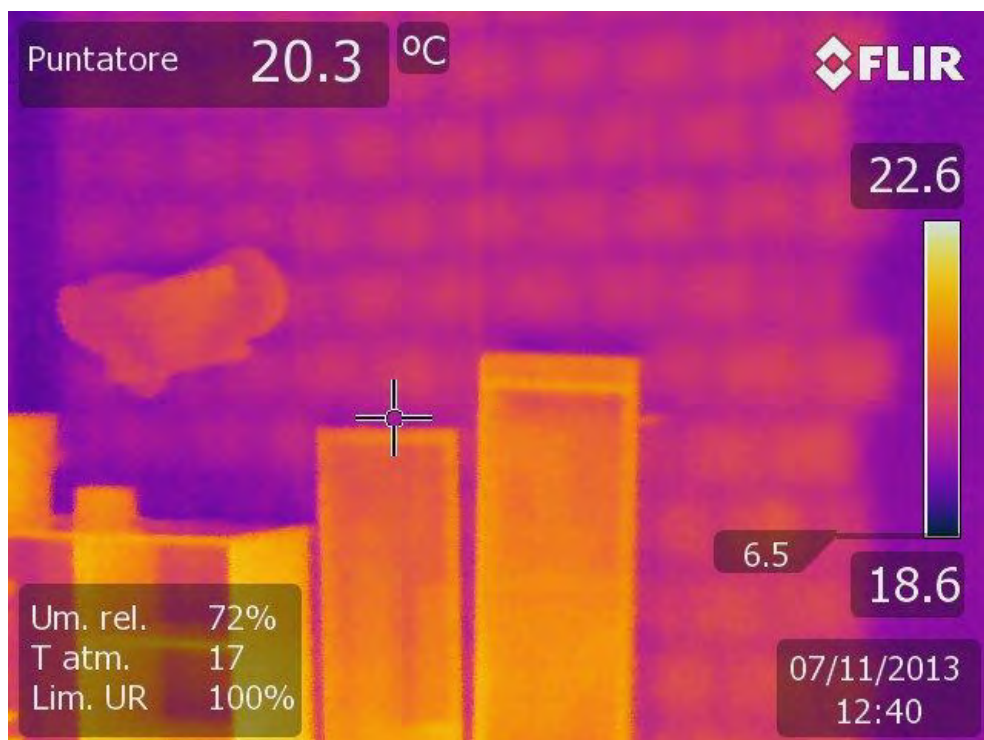
**Fig. 45 – Muro esterno**



**Fig. 46 – Termografia muro esterno**



**Fig. 47 - Apparecchiatura muratura**



**Fig. 48 - Termografia muratura dall'interno**

#### 19.6. FONTI RINNOVABILI

E' presente un impianto a fonti rinnovabili collegato alla struttura di potenza di picco pari a 19,2 kWp.



**Fig. 49 – Impianto fotovoltaico in copertura**

## **20. CONCLUSIONI**

La modellazione effettuata ha restituito valori di EPi pari a 65,80 kWh/m<sup>3</sup>\*anno.

Valore che risulta eccedere i valori di sufficienza.

A conclusione dell'audit si può affermare che la struttura ha consumi molto elevati dovuti principalmente alle pessime prestazioni dell'involucro.

Si rendono perciò indispensabili interventi migliorativi al fine di riportare i consumi dell'asilo almeno all'interno dei parametri di sufficienza.

## SCUOLA ELEMENTARE

### 21. OGGETTO DELL'AUDIT

L'edificio adibito ad uso scuola elementare è composto da un piano seminterrato, 3 piano fuori terra ed un sottotetto. L'edificio ha forma rettangolare con un ampio cortile interno, attorno al quale si sviluppa l'organismo edilizio.



**Fig. 50 – Facciata d'ingresso**

Ad una prima analisi visiva l'edificio appare di costruzione abbastanza recente ma già dall'osservazione della facciata denuncia un non ottimale stato di manutenzione. Si notano, infatti, lesioni e scrostature all'intonaco dovute soprattutto ad infiltrazioni d'acqua dal terrazzo e dal tetto giardino.



**Fig. 51 – Scrostature in prossimità del tetto giardino**



**Fig. 52 – Particolare scrostature in prossimità della copertura**

Quello che in pianta viene definito tetto giardino, in effetti è un'appendice della struttura, non praticabile e non adibita a giardino anche se su di esso si trova del terriccio. Questo elemento, a nostro parere, crea dei problemi di infiltrazione poiché il terriccio bagnato, dopo le piogge, rilascia lentamente l'acqua di cui si è imbibito e, a causa di una probabile non perfetta impermeabilità della struttura, si ha il passaggio dell'acqua alla struttura del solaio.



**Fig. 53 - Parapetto**



**Fig. 54 – Tetto giardino**



**Fig. 55 – Facciata con scrostature**

## 22. DATI CLIMATICI

<b>Parametri climatici della località</b>													
<b>Gradi giorno</b>	2131 °C												
<b>Temperatura minima di progetto</b>	-5,0 °C												
<b>Altitudine</b>	68 m												
<b>Zona climatica</b>	E												
<b>Giorni di riscaldamento</b>	183												
<b>Velocità del vento</b>	2,3 m/s												
<b>Zona di vento</b>	1												
<b>Province di riferimento</b>	Forlì-Cesena Ravenna												
<b>Temperature medie mensili (°C)</b>	<b>GEN</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>APR</b>	<b>MAG</b>	<b>GIU</b>	<b>LUG</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OTT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	
	2,8	4,4	8,8	13,5	17,6	22,4	25,1	24,6	20,9	14,9	9,1	4,2	
<b>Irradiazioni medie mensili (MJ/m<sup>2</sup>)</b>		<b>GEN</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>APR</b>	<b>MAG</b>	<b>GIU</b>	<b>LUG</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OTT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
	Orizz.	4,8	7,9	12,6	17,7	22,2	25,3	26,6	22,2	16,6	10,3	5,5	4,1
	S	8,2	10,7	12,1	11,5	10,7	10,4	11,3	12,6	14,1	13,0	8,7	7,1
	SE/SO	6,5	9,0	11,5	12,9	13,5	13,9	15,2	15,1	14,3	11,2	7,0	5,6
	E/O	3,8	6,1	9,2	12,2	14,7	16,4	17,5	15,2	12,1	7,9	4,3	3,3
	NE/NO	1,9	3,2	5,6	8,7	11,7	13,7	14,0	11,0	7,4	4,2	2,2	1,6
	N	1,7	2,6	3,8	5,6	8,1	10,1	9,6	6,7	4,3	3,0	1,9	1,5

La temperatura esterna il giorno in cui è stato eseguito il sopralluogo era di **8-10°C**.

## 23. RILIEVO

### 23.1. STRUTTURA ED INVOLUCRO

La struttura è realizzata in c.a ed i tamponamenti sono in laterizio senza alcuna presenza di isolamento termico. Sono presenti elementi in cemento a vista e sono evidenti numerosi ponti termici in facciata. Alcune parti di facciata esterna sono finite con finti mattoncini facciavista.

Si evidenzia che nella modellazione, in alcuni casi, i valori di trasmittanza sono stati forzati rispetto al valore ottenuto da calcolo per rendere tale valore più “vicino” al dato che ci appariva più conforme alla realtà. I dati forzati si basano su ricerche bibliografiche e normative avendo preso in considerazione zona di costruzione, tipologia costruttiva ed epoca di costruzione.

Una ulteriore “forzatura” è stata effettuata riguardo gli ambienti interni. Infatti, sono presenti all’interno della zona termica riscaldata vani scala completamente aperti. Per evitare che il software di calcolo amplificasse in maniera errata i consumi interni sono stati utilizzati elementi fittizi con trasmittanze “finte” pari a  $50 \text{ W/m}^2\text{K}$  al fine di chiudere il vano scala riscaldato. In questo modo si evita che il software consideri zone scaldate alte 6-9 metri ma allo stesso tempo continuano ad esistere i flussi termici da ambiente ad ambiente perché la trasmittanza fittizia è elevatissima e quindi non si ostacola il passaggio del calore.



**Fig. 56 – Facciata principale**



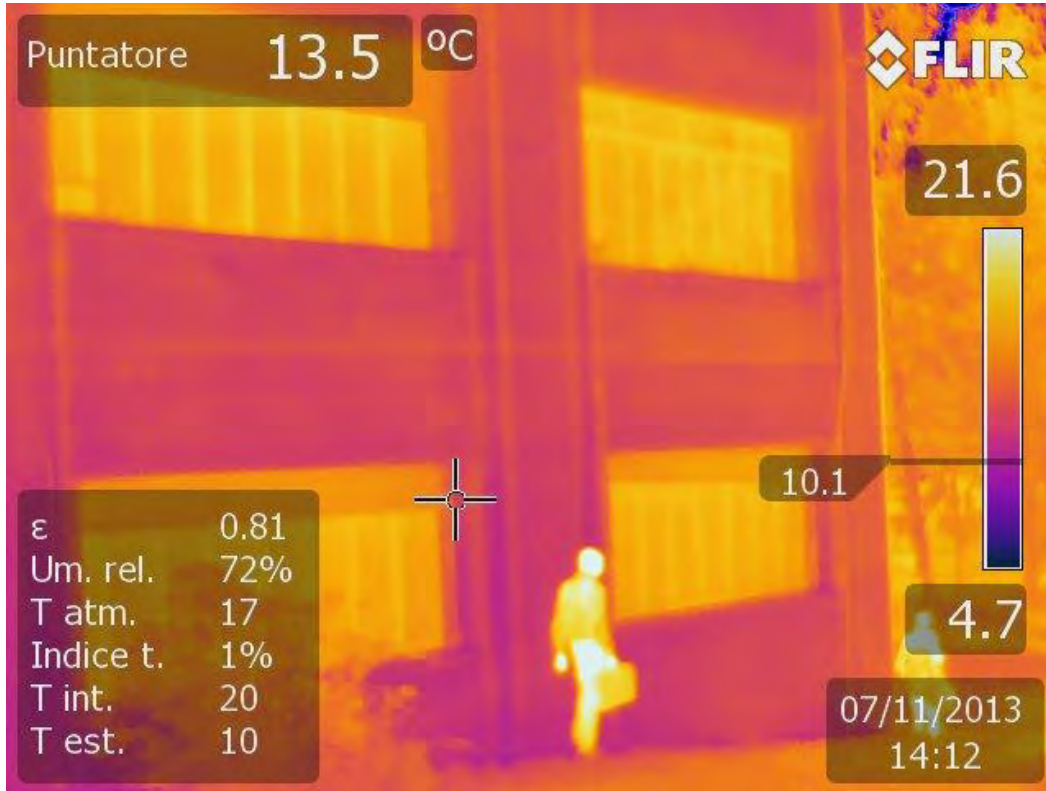
**Fig. 57 – Dettaglio facciata principale**



**Fig. 58 – Termografia porzione facciata principale**



**Fig. 59 – Facciata laterale**



**Fig. 60 – Termografia facciata laterale**

La tamponatura esterna, nelle zone non realizzate in cemento a vista, è costituita da mattone forato intonacato dai due lati e la struttura del solaio è realizzata c.a e anch'essa non risulta isolata termicamente. La copertura è a terrazzo e dal sopralluogo è emerso che in caso di pioggia si originano numerosi punti di ristagno d'acqua.

Si precisa che non è stata fornita legge 10/91 né alcuna stratigrafia. I dati presenti in relazione sono stati reperiti effettuando interviste ai tecnici comunali ed ai manutentori.

Gli infissi sono realizzati in metallo con vetro singolo non trattato ed evidenziano una mediocre tenuta all'aria.

Si mette in evidenza il fatto che i sottofinestra hanno altezze non regolamentari (80-85 cm), ciò impedisce agli insegnanti e agli alunni di aprire le finestre, anche in estate, per ovvi motivi di sicurezza.

Esistono sistemi schermanti esterni a protezione dall'irraggiamento solare.



**Fig. 62 – Particolare infissi**



**Fig. 61 – Vista interno aula**

## 23.2. PRODUZIONE ACS E SISTEMA DI EMISSIONE DEL CALORE

Il sistema di produzione acs è costituito da 1 boiler elettrico da 10 litri.  
Nei bagni non si ha produzione di acs e a conferma di ciò si inserisce foto dei lavandini dalla quale è possibile notare che manca del tutto il rubinetto dell'acqua calda.



**Fig. 63 – Lavandino con sola erogazione di acqua fredda**

Il sistema di emissione per il riscaldamento è costituito da radiatori tradizionali.



**Fig. 64 - Termosifoni**

### 23.3. L'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è del tipo manuale con lampade al neon non a risparmio energetico.



**Fig. 65 – Lampada a neon**

## 24. MISURAZIONI E MONITORAGGIO

La seconda parte dell'analisi effettuata ha previsto misurazioni e monitoraggi specifici, locale per locale.

I dati acquisiti sono stati i seguenti:

- valori di umidità relativa interna
- valori di temperatura interna
- valori relativi all'illuminamento
- verifica di infiltrazioni/esfiltrazioni d'aria

### 24.1. UMIDITÀ RELATIVA

Attraverso appropriata strumentazione è stato verificato il valore dell'umidità relativa degli ambienti e con l'ausilio di un software è stato graficato lo stato di fatto.

Dall'analisi effettuata è emerso che i valori di umidità relativa interna risultano essere più alti rispetto ai valori ottimali con punte del massime del 77,9%.

#### 24.2. TEMPERATURA INTERNA

I valori ottimali di temperatura interna dovrebbero oscillare da un minimo di 18°C ad un massimo di 22°C.

Anche in questo caso è stato effettuato un ciclo di misurazioni ambiente per ambiente da cui è emerso che le temperature interne sono in media con i valori ottimali con punte massime misurate di 23.4°C.

#### 24.3. TEMPERATURA SUPERFICIALE DEGLI ELEMENTI DI EMISSIONE

La temperatura dei terminali di emissione è stata rilevata in un range che varia dai 37 °C ai 47 °C.

#### 24.4. ILLUMINAMENTO

Il monitoraggio eseguito ha previsto il rilievo dei lux presenti nei diversi ambienti. I dati rilevati sono indicati nelle immagini sottostanti.

#### 24.5. INFILTRAZIONI/ESFILTRAZIONI D'ARIA E PRESENZA DI PONTI TERMICI

Dall'analisi relativa all'umidità relativa e alla temperatura è stata verificata una mediocre efficacia della tenuta all'aria degli infissi.

#### 24.6. FONTI RINNOVABILI

Non sono presenti impianti a fonti rinnovabili a servizio dell'edificio.







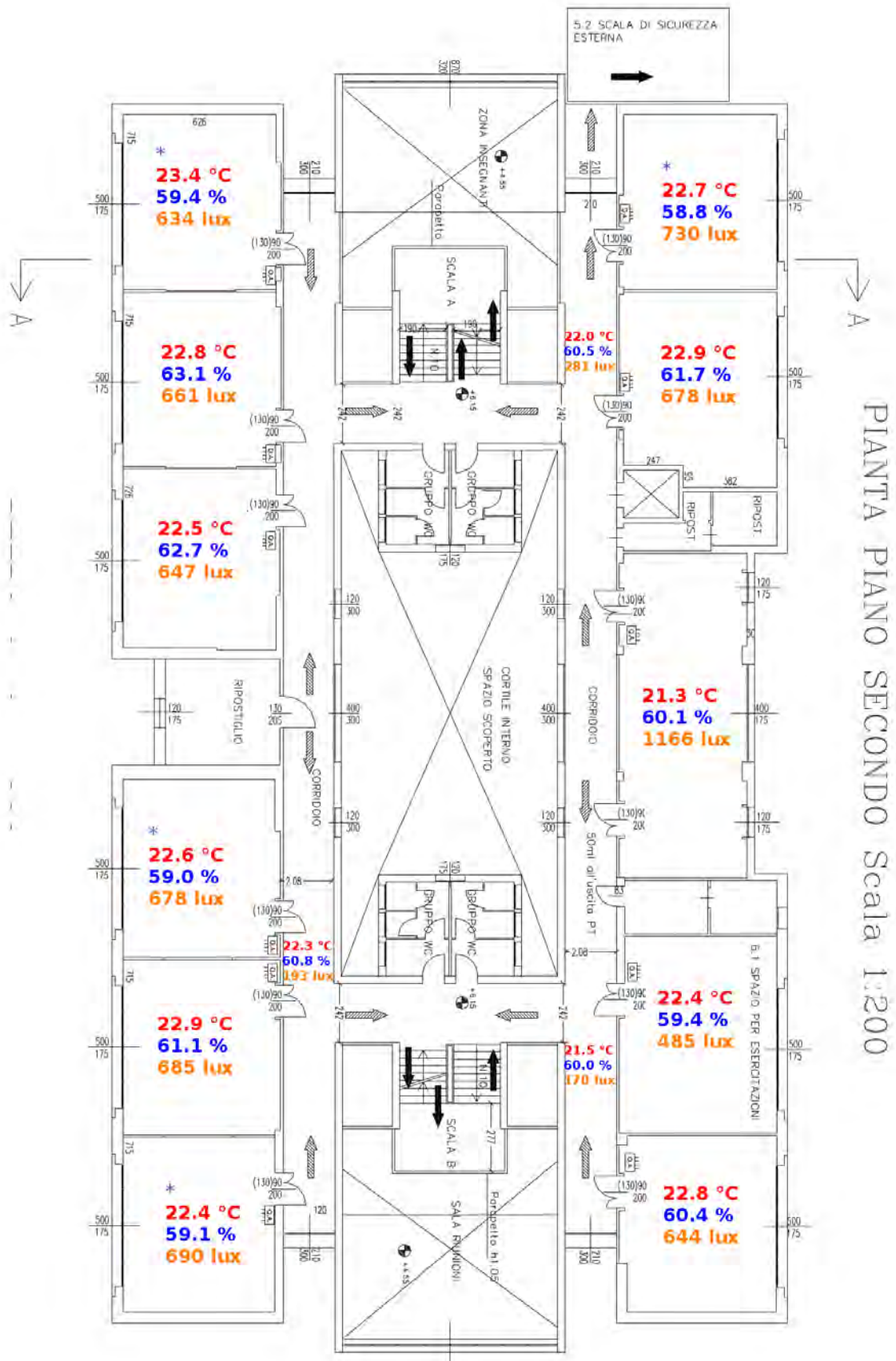


Fig. 69 – Schema rappresentativo dei dati rilevati (piano secondo)

## CONCLUSIONI

La modellazione effettuata ha restituito valori di EPi pari a 49,40 kWh/m<sup>3</sup>\*anno.

Valore che risulta eccedere i valori di sufficienza.

A conclusione dell'audit si può affermare che la struttura ha consumi molto elevati dovuti principalmente alle pessime prestazioni dell'involucro.

Si rendono perciò indispensabili interventi migliorativi al fine di riportare i consumi almeno all'interno dei parametri di sufficienza.

In questo caso è indispensabile anche una seria revisione del sistema di impermeabilizzazione della zona con tetto giardino e del terrazzo.

Si ritiene, altresì, importante una valutazione ai fini della risoluzione del problema relativo ai sottofinestra non a norma.

## SCUOLA MEDIA

### 25. OGGETTO DELL'AUDIT

L'edificio adibito ad uso scuola media è composto da 2 piani fuori terra. L'edificio ha forma rettangolare e la struttura è di tipo misto (laterizio + c.a.) e sul perimetro esterno è presente uno zoccolo perimetrale di circa 60-70 cm che circonda l'intero edificio.



**Fig. 70 – Facciata laterale**



Fig. 71 – Porzione di facciata



Fig. 72 – termografia porzione di facciata

Ad una prima analisi visiva, le facciate esterne presentano alcuni punti che sono stati oggetto di intervento negli anni e sono rilevabili tracce di umidità da risalita lungo il marciapiede che costeggia il perimetro dell'edificio.



**Fig. 73 – Dettaglio risarcitura intonaco**



**Fig. 74 – Piccoli interventi in facciata**

## 26. DATI CLIMATICI

<b>Parametri climatici della località</b>													
<b>Gradi giorno</b>	2131 °C												
<b>Temperatura minima di progetto</b>	-5,0 °C												
<b>Altitudine</b>	68 m												
<b>Zona climatica</b>	E												
<b>Giorni di riscaldamento</b>	183												
<b>Velocità del vento</b>	2,3 m/s												
<b>Zona di vento</b>	1												
<b>Province di riferimento</b>	Forlì-Cesena Ravenna												
<b>Temperature medie mensili (°C)</b>	<b>GEN</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>APR</b>	<b>MAG</b>	<b>GIU</b>	<b>LUG</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OTT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	
	2,8	4,4	8,8	13,5	17,6	22,4	25,1	24,6	20,9	14,9	9,1	4,2	
<b>Irradiazioni medie mensili (MJ/m<sup>2</sup>)</b>		<b>GEN</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>APR</b>	<b>MAG</b>	<b>GIU</b>	<b>LUG</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OTT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
	Orizz.	4,8	7,9	12,6	17,7	22,2	25,3	26,6	22,2	16,6	10,3	5,5	4,1
	S	8,2	10,7	12,1	11,5	10,7	10,4	11,3	12,6	14,1	13,0	8,7	7,1
	SE/SO	6,5	9,0	11,5	12,9	13,5	13,9	15,2	15,1	14,3	11,2	7,0	5,6
	E/O	3,8	6,1	9,2	12,2	14,7	16,4	17,5	15,2	12,1	7,9	4,3	3,3
	NE/NO	1,9	3,2	5,6	8,7	11,7	13,7	14,0	11,0	7,4	4,2	2,2	1,6
	N	1,7	2,6	3,8	5,6	8,1	10,1	9,6	6,7	4,3	3,0	1,9	1,5

La temperatura esterna il giorno in cui è stato eseguito il sopralluogo era di **8-10°C**.

## 27. RILIEVO

### 27.1. STRUTTURA ED INVOLUCRO

La struttura esterna è realizzata in laterizio intonacato con una finitura a zoccolo in marmo che circonda il perimetro dell'edificio per circa 60-70 cm da terra.

L'edificio è, inoltre, circondato da un marciapiede in cemento su cui sono presenti evidenti segni di umidità.



**Fig. 75 – Particolare attacco a terra**

La tamponatura esterna ha uno spessore di 30 cm, i tramezzi interni hanno spessori dai 15 ai 30 cm e l'altezza dei locali è di circa 2,70 m.

La copertura è a falda con un'inclinazione modesta.

In Allegato vengono riportate le stratigrafie con relativi dati di trasmittanza termica.

Si precisa che non è stata fornita legge 10/91 né alcuna stratigrafia. I dati presenti in relazione sono stati reperiti effettuando interviste ai tecnici comunali ed ai manutentori.

Gli infissi sono realizzati con telaio in PVC, le vetrate sono realizzate in parte con vetro singolo non trattato ed in parte con doppio vetro 4-12-4 non trattato ed evidenziano una sufficiente tenuta all'aria. Sono presenti tapparelle in plastica non isolate.



**Fig. 76 - Infissi**

#### 27.2. PRODUZIONE ACS E SISTEMA DI EMISSIONE DEL CALORE

Il sistema di produzione acs è costituito da 1 boiler da 50 litri e 1 da 80 litri della potenza di 1,2 kW ciascuno. Per cui anche in questo caso l'acs non viene utilizzata all'interno dei bagni della scuola.

Il sistema di emissione per il riscaldamento è costituito da radiatori tradizionali.

#### 27.3. L'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è del tipo manuale con lampade sia al neon che a bulbo non a risparmio energetico.

### **28. MISURAZIONI E MONITORAGGIO**

La seconda parte dell'analisi effettuata ha previsto misurazioni e monitoraggi specifici, locale per locale.

I dati acquisiti sono stati i seguenti:

- valori di umidità relativa interna
- valori di temperatura interna
- valori relativi all'illuminamento
- verifica di infiltrazioni/esfiltrazioni d'aria

### 28.1. UMIDITÀ RELATIVA

Attraverso appropriata strumentazione è stato verificato il valore dell'umidità relativa degli ambienti e con l'ausilio di un software è stato graficato lo stato di fatto.

Dall'analisi effettuata è emerso che i valori di umidità relativa interna risultano essere poco più alti rispetto ai valori ottimali con punte del massime del 65,2%.

### 28.2. TEMPERATURA INTERNA

I valori ottimali di temperatura interna dovrebbero oscillare da un minimo di 18°C ad un massimo di 22°C.

Anche in questo caso è stato effettuato un ciclo di misurazioni ambiente per ambiente da cui è emerso che le temperature interne sono in media con i valori ottimali con punte massime misurate di 23.5°C.

### 28.3. TEMPERATURA SUPERFICIALE DEGLI ELEMENTI DI EMISSIONE

La temperatura dei terminali di emissione è stata rilevata in un range che varia dai 39 °C ai 46 °C.

### 28.4. ILLUMINAMENTO

Il monitoraggio eseguito ha previsto il rilievo dei lux presenti nei diversi ambienti. I dati rilevati sono indicati nelle immagini sottostanti.

### 28.5. INFILTRAZIONI/ESFILTRAZIONI D'ARIA E PRESENZA DI PONTI TERMICI

Dall'analisi relativa all'umidità relativa e alla temperatura è stata verificata una sufficiente efficacia della tenuta all'aria degli infissi.

### 28.6. FONTI RINNOVABILI

Non sono presenti impianti a fonti rinnovabili a servizio dell'edificio.



PIANO PRIMO

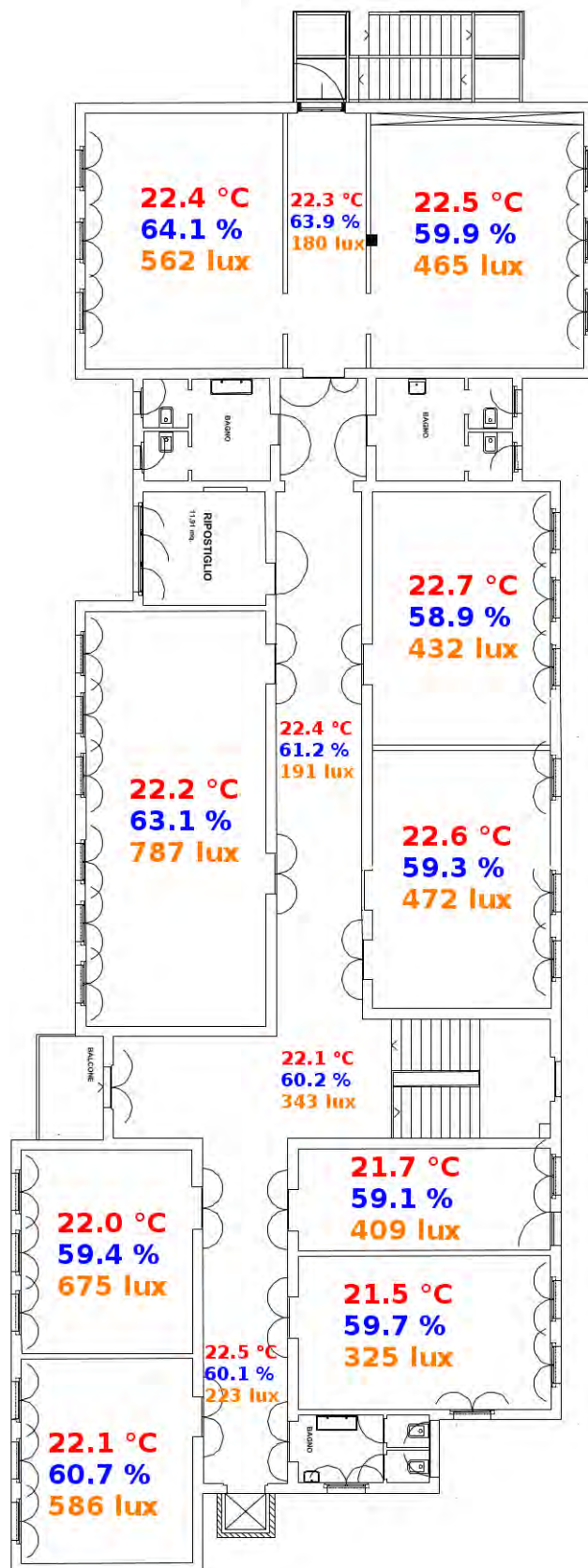


Fig. 78 – Schema rappresentativo dei dati rilevato (piano primo)

## **CONCLUSIONI**

La modellazione effettuata ha restituito valori di EPi pari a 37,31 kWh/m<sup>3</sup>\*anno.

Valore che risulta eccedere i valori di sufficienza anche se di poco.

A conclusione dell'audit si può affermare che anche se la struttura ha consumi che ricadono in una classe di prestazione relativamente bassa, comunque presenta delle inefficienze che conducono ad inutili sprechi energetici. Sarebbero perciò consigliabili interventi migliorativi al fine di riportare i consumi all'interno dei parametri di sufficienza.

## INDICE DELLE FIGURE

FIG. 1 – ANDAMENTO DEI CONSUMI DI GAS PER RISCALDAMENTO.....	11	
FIG. 2 – ACCESSO ALLA SOTTOCENTRALE .....	11	
FIG. 3 – SOTTOCENTRALE DELLA SCUOLA MEDIA.....	11	
FIG. 4 – POMPA PER RISCALDAMENTO WILO.....	12	
FIG. 5 - PARTICOLARE DELLA RETE DI DISTRIBUZIONE DELLA SOTTOCENTRALE .....	12	
FIG. 6 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	13	
FIG. 7 - INVOLUCRO .....	15	
FIG. 8 – INFILTRAZIONI D’ACQUA E CONSEGUENTE SFOGLIATURA DELL’INTONACO PER UMIDITÀ.....	16	
FIG. 9 – IMBIBIMENTO SOLETTA DI INTERPIANO .....	16	
FIG. 10 – TELAIO INFISSO .....	17	
FIG. 11 – APERTURE FINESTRATE .....	17	
FIG. 12 – BOILER BLUKER.....	18	
FIG. 13 – RADIATORI A TUBI VERTICALI .....	18	
FIG. 14 – ORARI DI FUNZIONAMENTO .....	19	
FIG. 15 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO DEI DATI RILEVATI.....	21	
FIG. 16 – PARTICOLARE MURO ESTERNO	FIG. 17 – TERMOGRAFIA INFISSO - MURO .....	22
FIG. 18 – VISIONE D’INSIEME	FIG. 19 - TERMOGRAFIA ESTERNO.....	22
FIG. 20 – TERMOGRAFIA INFISSI-MURATURA	FIG. 21 – MURO ESTERNO BIBLIOTECA.....	23
FIG. 22 - APPOGGIO COPERTURA .....		25
FIG. 23 – TERMOGRAFIA MURO ESTERNO .....		25
FIG. 24 - LESIONI SULLA MURATURA.....		25
FIG. 25 - MURO ESTERNO PALESTRA.....		25
FIG. 26 – DETTAGLIO MURO ESTERNO PALESTRA.....		26
FIG.27 – PRESENZA DI UMIDITÀ IN FACCIATA.....		26
FIG. 28 – PRESENZA DI UMIDITÀ IN FACCIATA .....		26
FIG. 29 – PARTICOLARE MURO ESTERNO .....		26
FIG. 30 – PARTICOLARE SOFFITTO PALESTRA.....		28

FIG. 31 – RISARCITURA MURO ESTERNO.....	29
FIG. 32 – VISTA INTERNA PALESTRA.....	29
FIG. 33 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO DEI DATI RILEVATI.....	31
FIG. 34 – PONTE TERMICO INFISSO-MURATURA.....	32
FIG. 35 – PARETE ESTERNA PALESTRA.....	32
FIG. 36 – TERMOGRAFIA LESIONI IN FACCIATA.....	32
FIG. 37 – LESIONI IN FACCIATA.....	32
FIG. 38 – ASILO NIDO E SCUOLA MATERNA.....	34
FIG. 39 – STRUTTURA IN C.A.....	36
FIG. 40 – INTERNI DI UN AMBIENTE TIPO.....	36
FIG. 41 - LUCERNARIO.....	37
FIG. 42 – TERMOGRAFIA LUCERNARIO.....	37
FIG. 43 – BOILER ARISTON.....	37
FIG. 44 – PARTICOLARE PORZIONE DI PAVIMENTO.....	38
FIG. 45 – TERMOGRAFIA PAVIMENTO.....	38
FIG. 46 – CORRIDOIO.....	38
FIG. 47 – TERMOGRAFIA RETE IMPIANTISTICA A PAVIMENTO.....	38
FIG. 48 - SCHEMA RAPPRESENTATIVO DEI DATI RILEVATI.....	40
FIG. 49 – MURO ESTERNO.....	41
FIG. 50 – TERMOGRAFIA MURO ESTERNO.....	41
FIG. 51 - APPARECCHIATURA MURATURA.....	41
FIG. 52 - TERMOGRAFIA MURATURA DALL’INTERNO.....	42
FIG. 53 – IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN COPERTURA.....	42
FIG. 54 – FACCIATA D’INGRESSO.....	44
FIG. 55 – SCROSTATURE IN PROSSIMITÀ DEL TETTO GIARDINO.....	44
FIG. 56 – PARTICOLARE SCROSTATURE IN PROSSIMITÀ DELLA COPERTURA.....	45
FIG. 57 - PARAPETTO.....	45
FIG. 58 – TETTO GIARDINO.....	45
FIG. 59 – FACCIATA CON SCROSTATURE.....	46
FIG. 60 – FACCIATA PRINCIPALE.....	48

FIG. 61 – DETTAGLIO FACCIATA PRINCIPALE .....	49
FIG. 62 – TERMOGRAFIA PORZIONE FACCIATA PRINCIPALE .....	49
FIG. 63 – FACCIATA LATERALE .....	50
FIG. 64 – TERMOGRAFIA FACCIATA LATERALE.....	50
FIG. 65 – PARTICOLARE INFISSI.....	51
FIG. 66 – VISTA INTERNO AULA .....	51
FIG. 67 – LAVANDINO CON SOLA EROGAZIONE DI ACQUA FREDDA.....	52
FIG. 68 - TERMOSIFONI.....	52
FIG. 69 – LAMPADA A NEON.....	53
FIG. 70 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO DEI DATI RILEVATI (PIANO SEMINTERRATO).....	55
FIG. 71 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO DEI DATI RILEVATI (PIANO TERRA) .....	56
FIG. 72 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO DEI DATI RILEVATI (PIANO PRIMO).....	57
FIG. 73 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO DEI DATI RILEVATI (PIANO SECONDO).....	58
FIG. 74 – FACCIATA LATERALE .....	60
FIG. 75 – PORZIONE DI FACCIATA.....	61
FIG. 76 – TERMOGRAFIA PORZIONE DI FACCIATA.....	61
FIG. 77 – DETTAGLIO RISARCITURA INTONACO .....	62
FIG. 78 – PICCOLI INTERVENTI IN FACCIATA.....	62
FIG. 79 – PARTICOLARE ATTACCO A TERRA .....	64
FIG. 80 - INFISSI .....	65
FIG. 81 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO DEI DARI RILEVARI (PIANO TERRA).....	67
FIG. 82 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO DEI DATI RILEVATO (PIANO PRIMO).....	68

## **RINGRAZIAMENTI**

Le attività svolte sono state possibili grazie alla collaborazione con i tecnici del Comune di Castrocaro e Terra del Sole e al sostegno del Sindaco che ha messo a disposizione le strutture per eseguire i rilievi necessari.

ENEA  
Servizio Promozione e Comunicazione  
[www.enea.it](http://www.enea.it)

Stampa: Laboratorio Tecnografico ENEA - C.R. Frascati  
dicembre 2016