



**Provincia  
di Pistoia**



**COMUNE DI  
MONSUMMANO TERME**  
Assessorato all'Ambiente



*Università degli Studi di Firenze*

# **DIAGNOSI ENERGETICA E VALUTAZIONE DI POSSIBILI INTERVENTI PER UNA MAGGIORE SOSTENIBILITÀ ENERGETICA DI ALCUNI EDIFICI COMUNALI**



**Cristina Carletti, Gianfranco Cellai, Leone Pierangioli, Fabio**

Dipartimento di Tecnologie dell'Architettura e Design "Pierluigi Spadolini"

# Gli edifici oggetto di studio



## Edificio 1

# Scuola dell'infanzia "G. Falcone" e Asilo Nido "Palloncino Rosso"

Cristina Carletti, Gianfranco Cellai, Leone Pierangioli, Fabio Scurbi  
"Pierluigi Spadolini"

Dipartimento TAeD

# Gli edifici oggetto di studio



**Edificio 2**  
**Scuola primaria “I. Donati”**

# Gli edifici oggetto di studio



## Edificio 3

### Scuola secondaria di 1° grado “G. GIUSTI - A. GRAMSCI”

# Problematiche generali degli edifici scolastici

In Italia circa il 60% costruiti prima del 1974 e solo l'8% sono stati costruiti a partire dal 1991.

Elevati consumi energetici attribuibili primariamente ai sistemi costruttivi del tutto inadeguati.

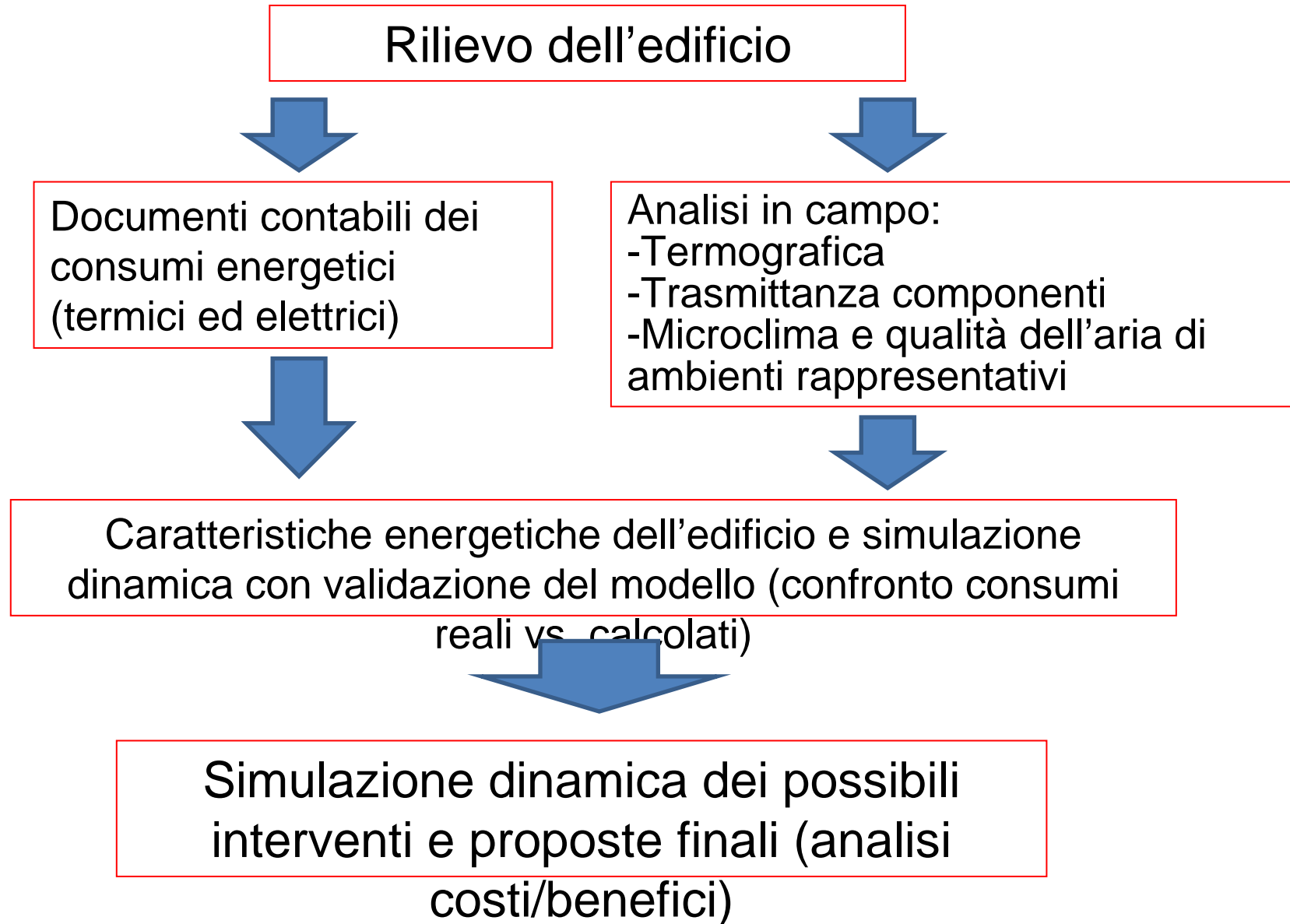
Scarso livello di comfort termico

Particolarmente critiche le condizioni per le scuole risalenti agli anni '60 e '70.

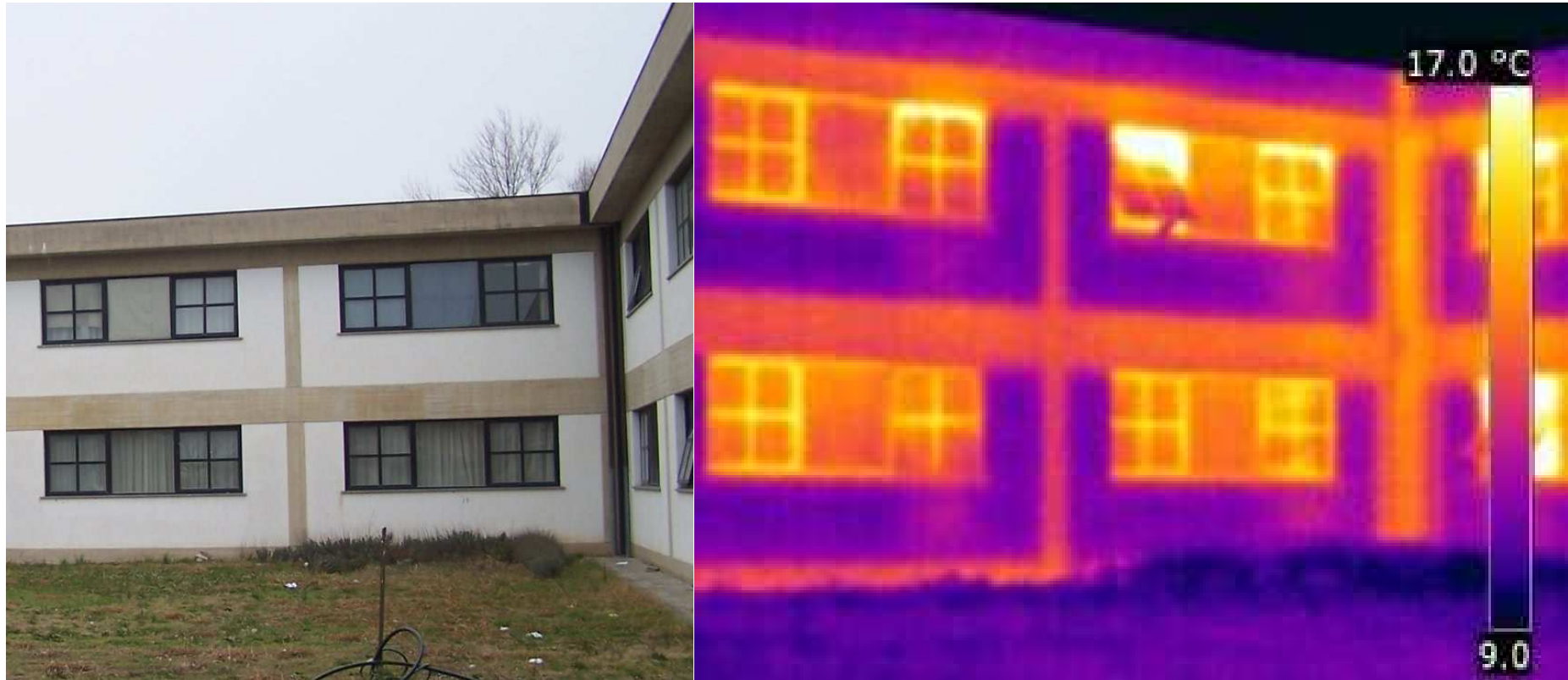
Questi edifici sono caratterizzati da:

- Tamponamenti e copertura con scarso isolamento ed inerzia termica;
- Ampie superfici vetrate che spesso costituiscono buona parte dei tamponamenti
- Ponti termici;
- Rapporto S/V piuttosto elevato.

# Strumenti e Metodi di indagine



# Strumenti di analisi in campo



**Indagine termografica** relativa alla scuola “G. GIUSTI - A. GRAMSCI” : si evidenziano i ponti termici in corrispondenza di pilastri e travi nonché dei serramenti privi di taglio termico

# Strumenti di indagine in campo



**Misura della trasmittanza** con sonde su parete in c.a della scuola “G. Falcone” - Acquisitore, sonda flussimetrica e sensore della temperatura superficiale interna esterna.

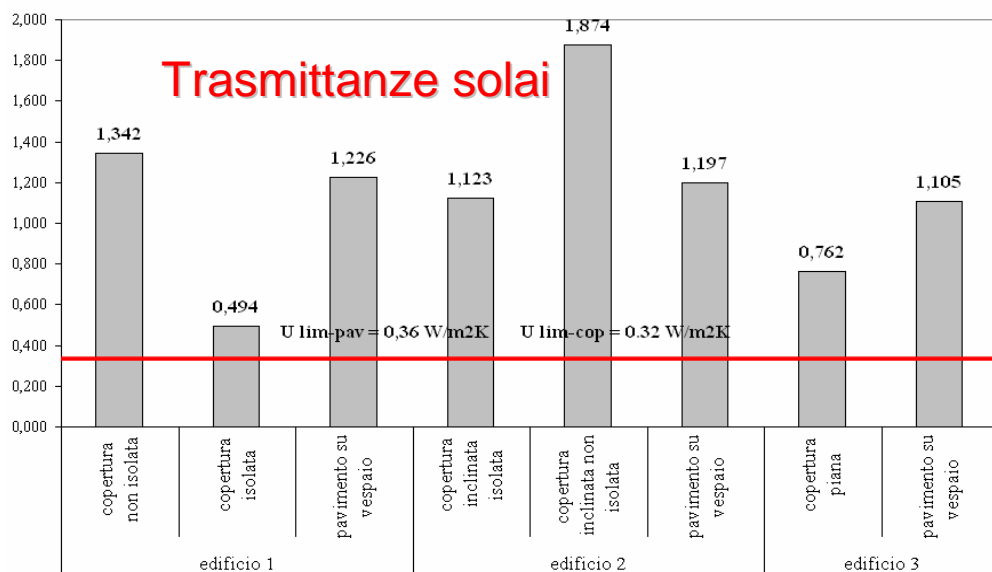
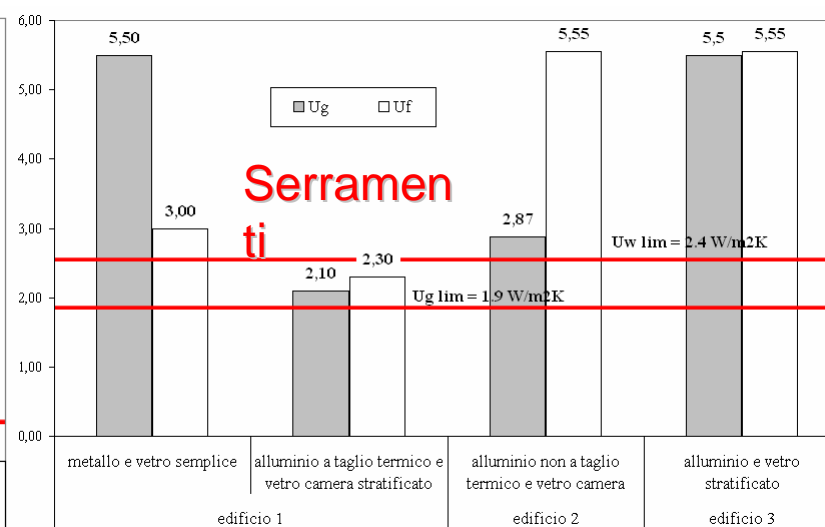
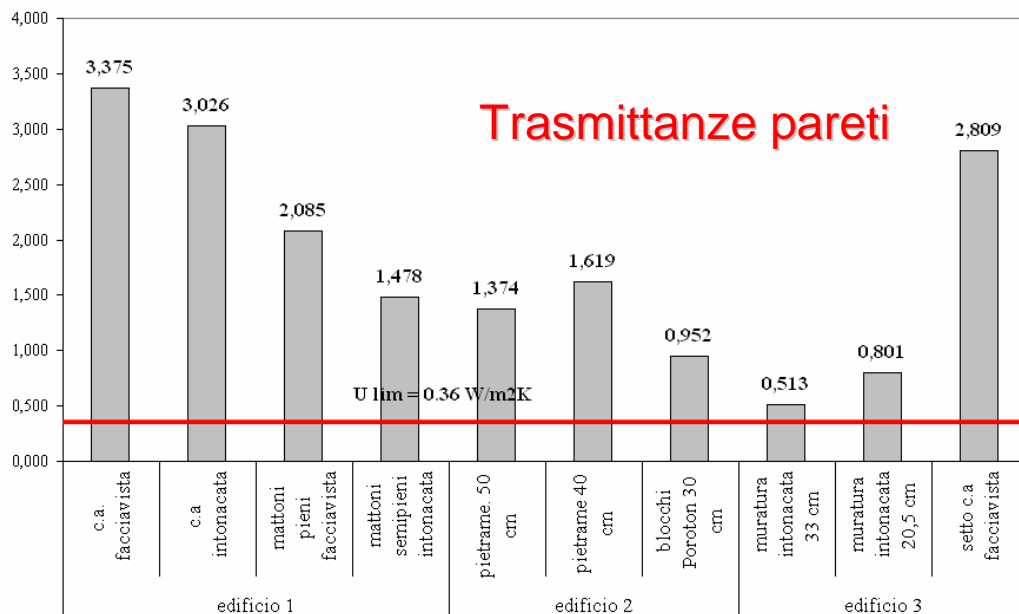


# Strumenti di indagine in campo



**Indagine microclimatica e qualità dell'aria** scuola "G. Falcone" – Acquisitore Temperatura dell'aria e umidità e Acquisitore concentrazione CO2

# Caratteristiche energetiche degli edifici



Scuola	Su (Superficie utile netta riscaldata)	V (Volume Lordo Riscaldato)	S/V (Rapporto di forma)
Edificio 1	1859 m <sup>2</sup>	8979 m <sup>3</sup>	0,41 m <sup>-1</sup>
Edificio 2	1109 m <sup>2</sup>	4874 m <sup>3</sup>	0,47 m <sup>-1</sup>
Edificio 3	2170 m <sup>2</sup>	8497 m <sup>3</sup>	0,45 m <sup>-1</sup>

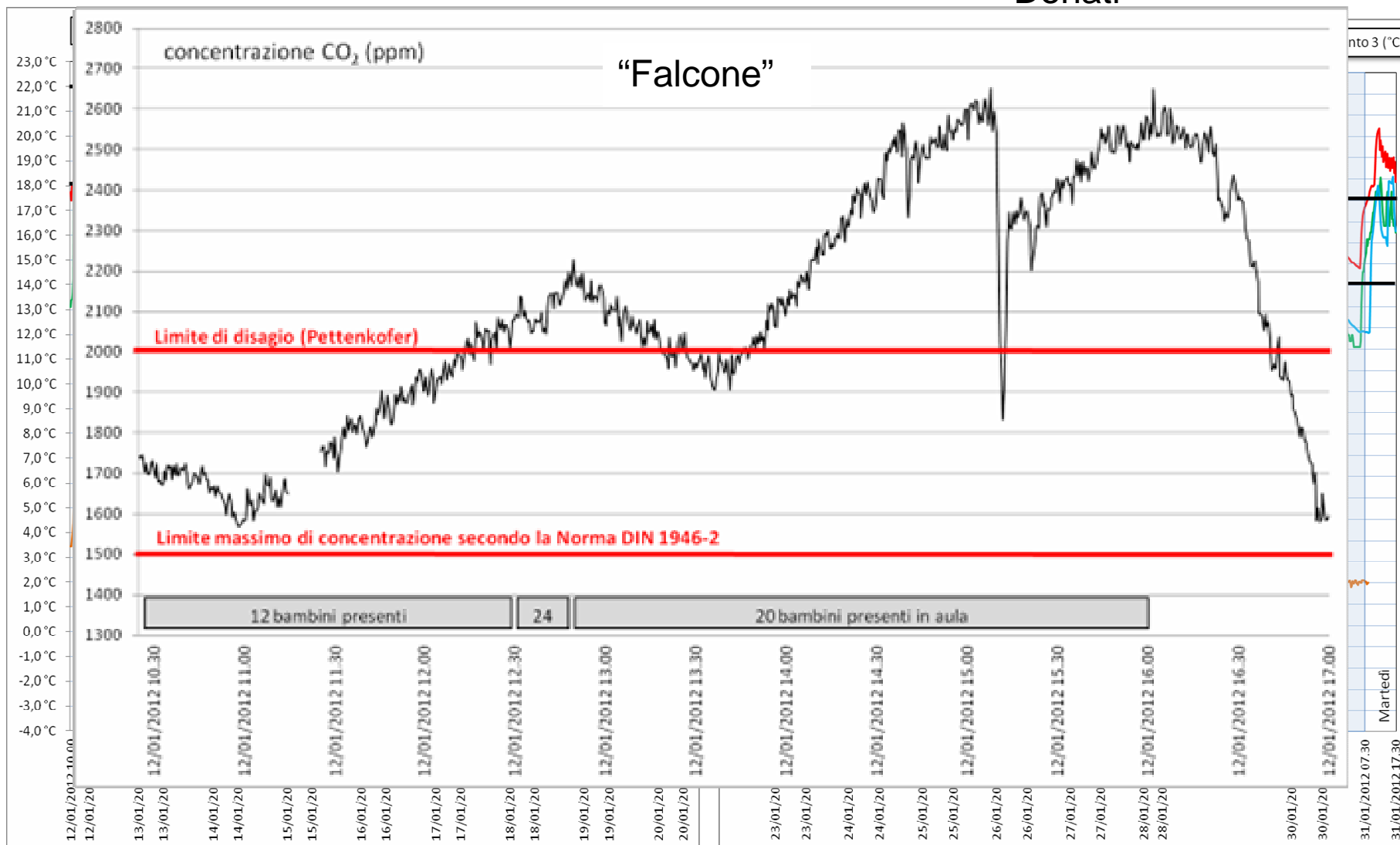
Scuola	Consumo combustibile (m <sup>3</sup> )	CEN termico (kWh/m <sup>3</sup> a)	CEN elettrico (kWh/m <sup>3</sup> a)
Edificio 1	170493	18,99	3,54
Edificio 2	82732	16,97	3,88
Edificio 3	124209	14,62	8,24

CEN = consumo energetico normalizzato effettivo

# Indagine microclimatica e IAQ

“Falcone”

“Donati”



# Strumenti di simulazione e risultati



Generazione del modello dell' edificio 1 mediante Design Builder

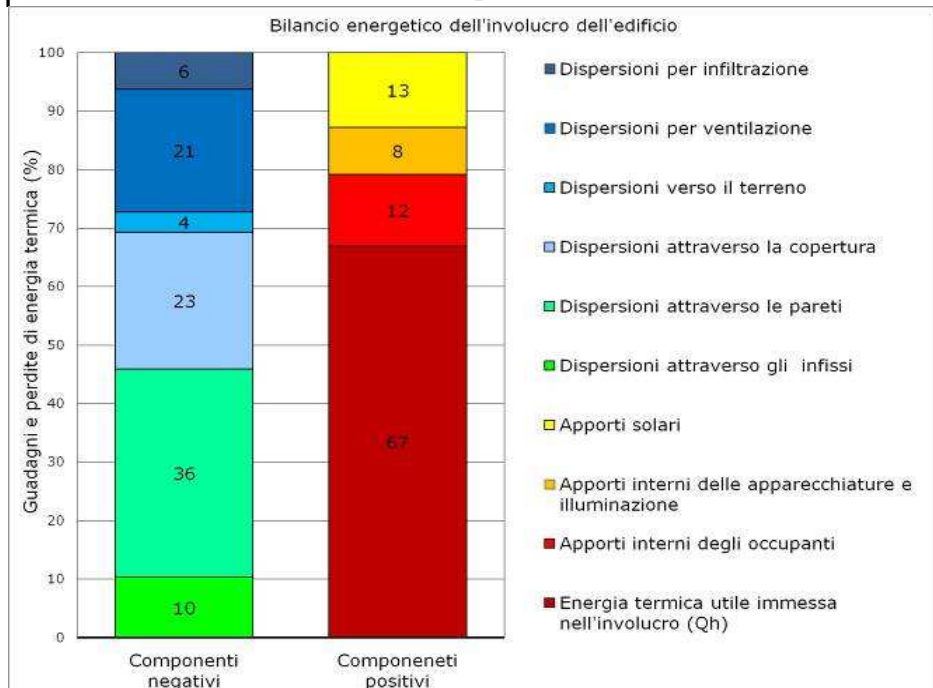
Le simulazioni sono state condotte con il codice di calcolo dinamico Energy Plus. Si calcola il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento delle zone termiche nelle reali condizioni d'uso.

I rendimenti dell'impianto e le relative perdite sono calcolate facendo riferimento alla norma UNI TS 11300-2 e

alla norma UNI EN 15316-2-3.

## Risultati di sintesi del calcolo

Scuola	Fabbisogno di energia per riscaldamento ( $Q_{H,gn}$ ) kWh	Fabbisogno specifico di energia primaria per riscaldamento kWh/m <sup>3</sup> a	Valore limite kWh/m <sup>3</sup> a
Edificio 1	161.751	18,47	10,0
Edificio 2	81.836	18,11	10,9
Edificio 3	117.964	14,39	10,7



# Confronto e commento dei risultati

Scuola	Valore $Q_{H,gn}$ calcolato (kWh/m <sup>3</sup> a)	Valore misurato (kWh/m <sup>3</sup> a)	Differenza (%)
“Falcone”	18,01	18.99	<b>-5,2</b>
“Donati”	16,79	16.97	<b>-1,1</b>
“Giusti – Gramsci”	13,88	14.62	<b>-5,1</b>

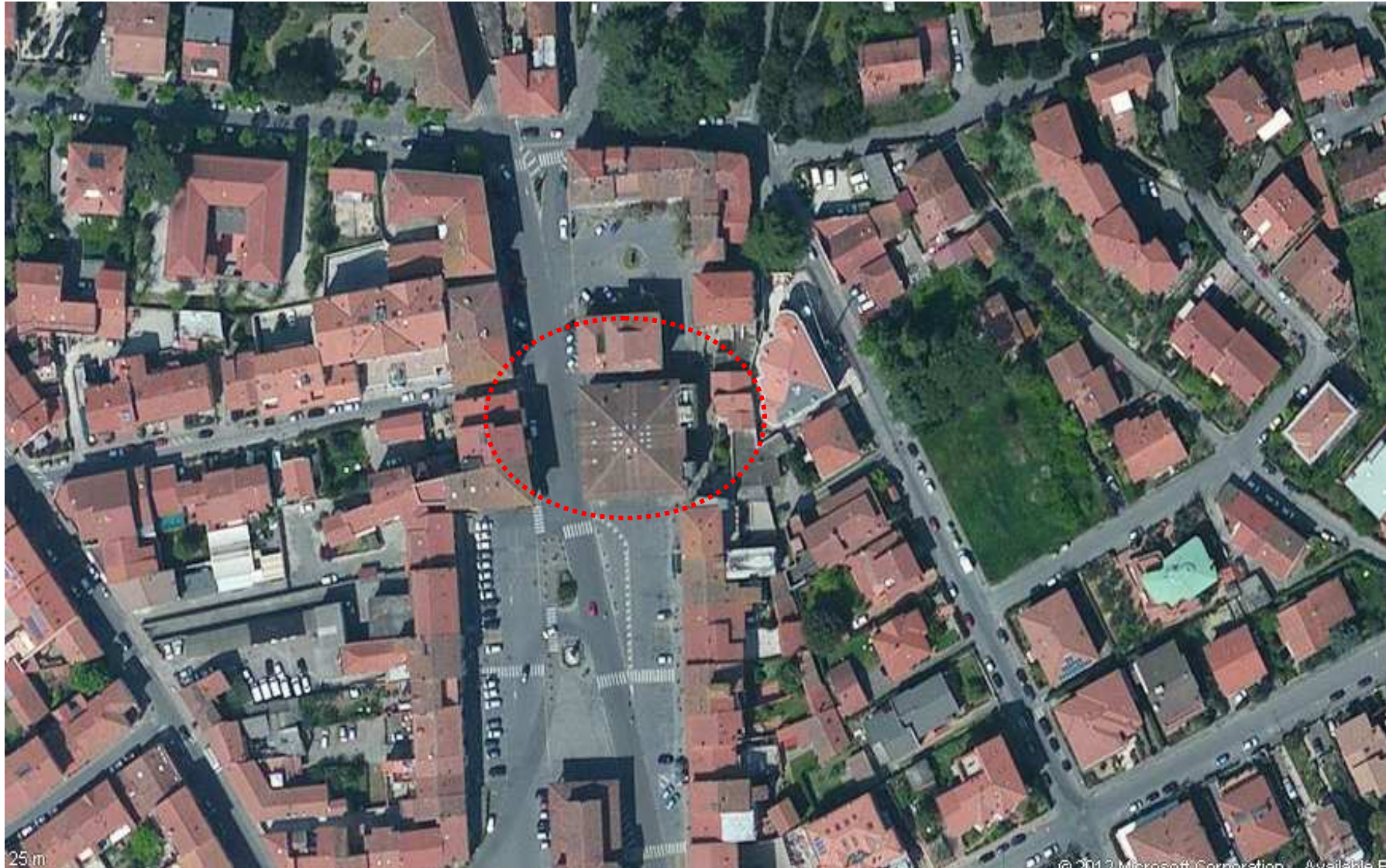
Il fabbisogno di energia termica per riscaldamento calcolato mediante simulazione energetica si discosta mediamente del **3,8%** dal consumo annuo di energia per riscaldamento reale.

Considerato comunque accettabile l'esito del confronto il modello di simulazione è stato usato per valutare i risultati di interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche.

# Interventi proposti e possibili miglioramenti

Edificio	Intervento	Riduzione spesa annua combustibile (%)
“Falcone”	<i>Coibentazione delle pareti verticali e delle porzioni non isolate della copertura</i>	<b>- 37 %</b>
“Donati”		<b>- 51 %</b>
“Giusti – Gramsci”	<i>Sostituzione degli infissi esistenti</i>	<b>- 14 %</b>
“Giusti – Gramsci”	<i>Coibentazione della copertura</i>	<b>- 18 %</b>
“Falcone”	<i>Sistema di VMC a doppio flusso con recuperatore di calore (e= 70%)</i>	<b>- 46 %</b>
“Giusti – Gramsci”		<b>- 17 %</b>
“Falcone”	<i>Installazione di valvole termostatiche sui radiatori o termostati nei singoli locali</i>	<b>-11%</b>
“Donati”		<b>-12%</b>
“Donati”	<i>Sostituzione caldaia esistente con nuova a condensazione</i>	<b>- 17 %</b>
“Giusti – Gramsci”		<b>- 19 %</b>
“Falcone”	<i>Metanizzazione impianto</i>	<b>- 53 %</b>

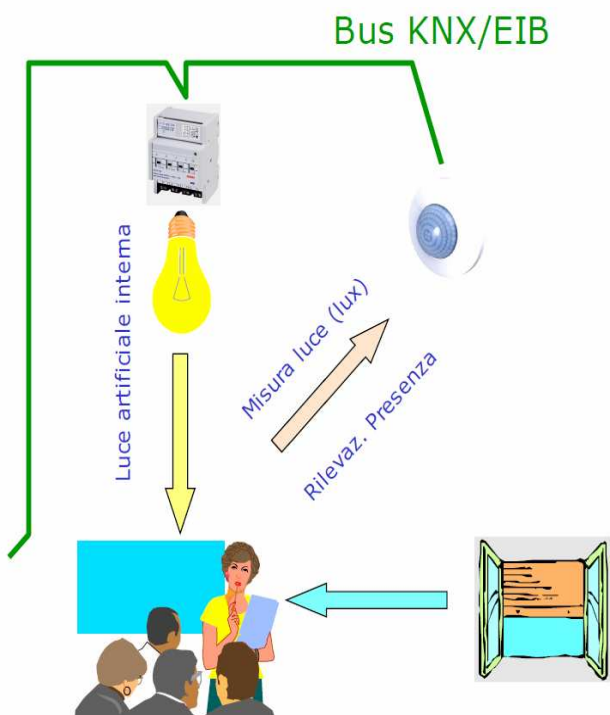
# Impianto di Illuminazione “Osteria dei Pellegrini”



Cristina Carletti, Gianfranco Cellai, Leone Pierangioli, Fabio Scurpi  
“Pierluigi Spadolini”

Dipartimento TAeD

# Impianto di Illuminazione “Osteria dei Pellegrini”



## Situazione attuale

Modello attuale	Potenza assorbita (W)	Quantità	Potenza assorbita totale (W)	Costo annuo energia elettrica (€)
Alogene	150	24	3600	916
Dicroioche	50	94	4700	1196
QR 111	75	8	600	153
<b>Totale</b>			<b>8900</b>	<b>2264</b>

## Soluzione proposta

Modello proposto	Potenza assorbita (W)	Quantità	Potenza assorbita totale (W)	Costo annuo energia elettrica (€)
Alogene	24	24	576	147
Dicroioche	3,5	94	329	84
QR 111	10	8	80	20
<b>Totale</b>			<b>985</b>	<b>251</b>



# Conclusioni

- Validità della metodologia di analisi adottata e la buona rispondenza fra i dati simulati e consumi reali.
- Tale rispondenza permette di supportare le strategie di miglioramento energetico che offrono notevoli vantaggi dal punto di vista della riduzione dei fabbisogni di energia, dei costi e delle emissioni inquinanti.
- Strategie estendibili ad un ampio parco di edifici pubblici a destinazione scolastica in linea con il D.Lgs, n.5/2012 “*Disposizioni urgenti in materia di semplificazione e di sviluppo, art.53*” che impone l'adozione di misure per il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici scolastici.
- La metodologia adottata evidenzia l'importanza di assumere strumenti avanzati di simulazione come mezzo di individuazione e programmazione degli interventi più idonei.