

La diagnosi energetica e gli interventi di riqualificazione degli edifici

I professionisti e le imprese a confronto

25-26 Novembre 2015

Pépinieres d'entreprises ESPACE AOSTA

Esempi di Diagnosi effettuate:

YS lavora da anni nel campo delle Diagnosi Energetiche, sia in ambito privato che pubblico.

Ad esempio in Emilia Romagna, si è aggiudicata a seguito di gara pubblica, in Raggruppamento Temporanea di Impresa con altre aziende, la redazione degli Edifici Scolastici dei lotti:

Lotto 2 delle province di Reggio Emilia e Modena

Lotto 3 delle province di Parma e Piacenza

Lotto 4 delle province di Ferrara e Ravenna

Lotto 5 delle province di Forlì-Cesena e Rimini

L'acquisizione degli orari delle strutture:

COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO - ORE FUNZIONAMENTO IMPIANTI TERMICI ANNO 2013												
NUM	SITO	GE	NUM GIORNI/ settimana	h1	h2	ORE/GE	ore settimana	ORE/stag	giorni chiusura	ore chiusura	ORE EFFETTIVE	TOT IMPIANTO
1	SEDE DISTACCATA COMUNALE	lun/sab	4	07:30	13:30	6,00	24,00	672	7	42	630,00	
1	SEDE DISTACCATA COMUNALE	mar/giov	2	07:30	18:00	10,50	21,00	588	7	73,5	514,50	1144,50
2	SEDE COMUNALE	lun/sab	4	07:30	13:30	6,00	24,00	672	7	42	630,00	
2	SEDE COMUNALE	mar/giov	2	07:30	18:00	10,50	21,00	588	7	73,5	514,50	1144,50
3	PALAZZO DUCALE ufficio sport PT	lun/sab	6	08:00	13:00	5,00	30,00	840	7	35	805,00	
3	PALAZZO DUCALE ufficio sport PT	mar/giov	2	15:00	18:00	3,00	6,00	168	7	21	147,00	
3	PALAZZO DUCALE tribunale P1	lun/ven	5	07:30	15:30	8,00	40,00	1120	7	56	1064,00	
3	PALAZZO DUCALE tribunale P1	sab	1	08:00	13:00	5,00	5,00	140	7	35	105,00	
3	PALAZZO DUCALE biblioteca	lun/ven	5	14:00	19:00	5,00	25,00	700	7	35	665,00	
3	PALAZZO DUCALE biblioteca	mar/giov/sab	3	09:00	13:00	4,00	12,00	336	7	28	308,00	3094,00
4	MEDIE	lun/ven	5	07:30	19:30	12,00	60,00	1680	15	180	1500,00	
4	MEDIE	sabato	1	08:00	13:00	5,00	5,00	140	15	75	65,00	
4	MEDIE	palestra nuova EXTRA					28,50	798	0	0	798,00	
4	MEDIE	palestra vecchia EXTRA					33,25	931	0	0	931,00	
4	MEDIE	palestra nuova DIDATTICO					22,00	616	0	0	616,00	
4	MEDIE	palestra vecchia DIDATTICO					20,00	560	0	0	560,00	
4	EXTRA PALESTRA MONTECUCCOLI		-	-	-	-	-	-	-	-	14,00	4484,00
5	FILI D'ARGENTO	tutti i gg	7	00:00	00:00	24,00	168,00	4704	0	0	4704,00	
5	FILI D'ARGENTO	tutti i gg	7									4704,00
6	EX CARCERI	lun/sab	4	07:30	13:30	6,00	24,00	672	7	42	630,00	
6	EX CARCERI	mar/giov	2	07:30	18:00	10,50	21,00	588	7	73,5	514,50	1144,50
7	BUDRIA foscolo	lun/ven	5	07:30	18:30	11,00	55,00	1540	15	165	1375,00	
7	BUDRIA Ventre	lun/ven	5	07:30	18:30	11,00	55,00	1540	15	165	1375,00	2750,00
8	MAGAZZINO COMUNALE	lun/gio	4	08:00	17:00	9,00	36,00	1008	7	63	945,00	
8	MAGAZZINO COMUNALE	ven	1	08:00	13:00	9,00	9,00	252	7	63	189,00	1134,00
9	DE AMICIS	lun	1	07:30	18:30	11,00	11,00	308	15	165	143,00	
9	DE AMICIS	mar	1	07:30	14:30	7,00	7,00	196	15	105	91,00	
9	DE AMICIS	mer	1	07:30	18:30	11,00	11,00	308	15	165	143,00	
9	DE AMICIS	gio	1	07:30	18:30	11,00	11,00	308	15	165	143,00	
9	DE AMICIS	ven	1	07:30	14:30	7,00	7,00	196	15	105	91,00	
9	DE AMICIS	EXTRA					9,00	252	0	0	252,00	
9	DE AMICIS	DIDATTICO					25,00	700	0	0	700,00	
9	EXTRA PALESTRA ASCARI		-	-	-	-	-	-	-	-	54,00	1617,00
11	S ANTONIO ELEMENTARE	lun/ven	5	07:30	18:30	11,00	55,00	1540	15	165	1375,00	1375,00
12	S ANTONIO PALESTRA	EXTRA					24,50	686	0	0	686,00	
12	S ANTONIO PALESTRA	DIDATTICO					25,00	700	0	0	700,00	1386,00
13	RENNO	lun/ven	5	07:30	17:30	10,00	50,00	1400	15	150	1250,00	1250,00
14	VERICA	lun/ven	5	07:30	18:30	11,00	55,00	1540	15	165	1375,00	1375,00
15	EX MACELLO ex sala consiglio	lun	1	18:00	21:00	3,00	3,00	84	7	21	63,00	
15	EX MACELLO ex sala consiglio	mar	1	18:00	22:30	4,50	4,50	126	7	31,5	94,50	



COMUNE DI FERRARA
Città Patrimonio dell'Umanità

Settore Attività Interfunzionali
Servizio Ambiente
Unità Organizzativa Energia

Via G. Mazzoni, 37 - 44100 Ferrara
Cantabino 0532 - 418700
Fax 0532 - 418713

C'è dopo scuola
Ref. 4876/1/20
Fe 26/11/2013
Prolungamento 4 NOV. 2013
de opp. di Nov
(se seri)

n. rit. 175 on circuo zona
C.T. CT03-38 a circ.1 - aule
edificio MEDIA INF. BONATI - ELEMENTARE PASCOLI + PALESTRA (Succursale)
indirizzo VIA POLETTI, 55 località FERRARA

CALENDARIO SETTIMANALE
ANNO TERMICO 2013-2014

	dalle ore	alle ore	dalle ore	alle ore	dalle ore	alle ore
LUNEDÌ	7,30	→	18,00			
MARTEDÌ	7,30	→	19,00			
MERCOLEDÌ	7,30	→	18,00			
GIOVEDÌ	7,30	→	19,00			
VENERDÌ	7,30	→	18,00			
SABATO	7,30	14,30				
DOMENICA						

Referente PROF. GARATTI ANGELO
Tel. 0532 9765789 Fax 0532 976873

Il presente modulo è da inviare all'Ufficio Gestione Energia (Impianti) - fax n. 0532-418713

L'acquisizione dei consumi:

COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO - CALCOLO CONSUMI TERMICI ANNO 2013

N°	DENOMINAZIONE EDIFICIO - UBICAZIONE	A	B	C		D	
		LETTURA GAS AL 31/12/2012	LETTURA GAS AL 31/12/2013	KWh LETTI dic 2012	MC ACS LETTI dic 2012	KWh LETTI dic 2013	MC ACS LETTI dic 2013
				KWh	Mc ACS	KWh	Mc ACS
11	Plesso "L. Da Vinci" - S. Antonio (Scuola Materna e Scuola Elementare "L. Da Vinci") Via Boccaccio, 32	444.275,00	474.664,00	72.140,00	37,10	311.830,00	184,90

(vedi sotto per modalità calcolo)

E=D-C		F	G	H=G+E	I=B-A			L
KWh ANNO	MC Anno	KWh da mc ACS	KWh TOT ANNO	consumi calcolati da letture				KWh TOT
	Mc ACS	kwh	KWh	MC ANNO	9,642	RENDIMENTO GENERATORI	KWh CALCOLATI	
233.690,00	147,80	6.863,83	246.553,83					246.553,83
			246553,83				0	246.553,83

COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO - CONSUMI ELETTRICI ANNO 2013

EDIFICIO	ENERGIA EL. MATR.CONT	2012	2013	DIFFERENZA 2013-2012
1a Sede comunale distaccata - Uffici Via Giardini, 192	IT01HE10500175	5.210,00	11.412,00	6.202,00
1b Sede comunale distaccata - Uffici Via Giardini, 192 PARTI COMUNI	IT01HE10500126	43.190,00	39.808,00	- 3.382,00
2 Sede Municipio Piazza Montecuccoli, 1	IT01HE10500193	86.220,00	93.721,00	7.501,00
3b Biblioteca Via Giardini, 3	IT01HE10500112	42.078,00	45.222,00	3.144,00
3d Appartamento ex custode Via Giardini, 3	IT01HE10500102	8.986,00	-	- 8.986,00
4 Scuola Media "R.Montecuccoli" Viale Marconi, 17	IT01HE10500104	83.726,00	77.670,00	- 6.056,00
5 Centro Servizi "Fili d'Argento" Via Pietri, 3	IT01HE10500165	83.564,00	79.362,00	- 4.202,00
6 Sede comunale distaccata - ex carceri Via Giardini, 16	IT01HE10500166	19.343,00	19.330,67	- 12,33
7a Plesso Budria (Scuola materna M.Ventre e Scuola Elementare U.Foscolo) Via Foscolo, 12	IT01HE10500420	46.680,91	44.477,00	- 2.203,91
7b Plesso Budria (Scuola materna M.Ventre e Scuola Elementare U.Foscolo) Via Foscolo, 12	IT01HE10500432	46.748,00	37.229,00	- 9.519,00
8b Magazzino Comunale Via di Vittorio, 10	IT01HE10500431	4.373,00	4.460,00	87,00
9 Scuola elementare "De Amicis" Viale Martiri, 61	IT01HE10500137	32.187,00	33.575,00	1.388,00
12 Palestra - S. Antonio Via Parini, 4	IT01HE10500241	8.578,00	7.920,00	- 658,00
13 Scuola Materna di Renno - Renno Via Pastanella, 2 -	IT01HE10500330	10.047,00	8.077,00	- 1.970,00
14 Scuola Elementare "Corsini" - Verica Via Pertini, 20 -	IT01HE10500341	8.883,00	9.793,00	910,00
15a Ex Sala Consiliare del Comune -(1°P) Via Ricchi, 3	IT 01HE10500102	4.094,00	3.928,00	- 166,00
15b Sala Prova Musica - (1° P) Via Ricchi, 3	IT 01HE10500218	1.377,00	1.387,00	10,00
Ghiacciaia (presepio)	IT01HE10500214	403,00	177,00	- 226,00
16 Cimitero - ufficio custode (solo energia elettrica)	IT01HE10500166	1.125,00	754,00	- 371,00
17 Magazzino - Archivio -Garage (solo energia elettrica)	IT01HE10500125	756,00	959,00	203,00
NUOVO Castello di Montecuccolo	IT01HE51004819	23.080,00	16.315,00	- 6.765,00
		560.648,91	535.576,67	- 25.072,24

E se i consumi non ci sono?

La situazione si complica, dovremo fare assunzioni, ipotesi, aggiungere gradi di incertezza, ripensare a quali tipi di interventi proporre e usare adeguata cautela quando si parlerà di tempi di ritorno.

Le analisi economiche e le valutazioni ambientali assumono un valore più qualitativo, daranno una indicazione su quali siano i settori più onerosi, sui quali si può lavorare.

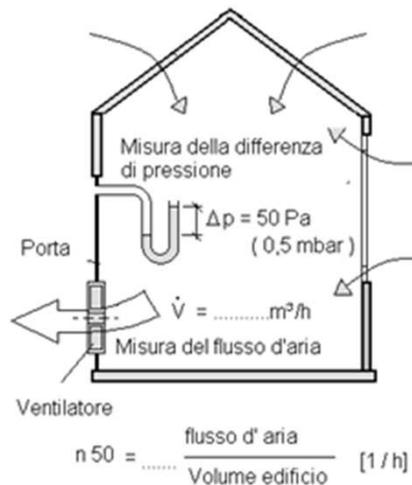
Per poter tarare al meglio il modello dovremo quindi migliorare l'affidabilità degli altri dati, ricorrendo a sistemi di diagnostica avanzati, qualora il periodo e le tempistiche lo permettano.

- Termografie
- BlowerDoorTest
- Termoflussimetri
- Misuratori di T/H

Se permesso e quando i precedenti risultassero non significativi o non praticabili, indagini invasive.

Le misure in campo:

Il BlowerDoorTest, spesso poco utilizzato, è un test che ci porta come risultato le infiltrazioni in condizioni standard (a finestre chiuse) attraverso gli sfridi delle finestre e dei nodi, o giunti non a tenuta, in condizioni di depressione a 50 Pa. Rappresenta quindi un volume di ricambio orario d'aria, al netto di eventuali aperture straordinarie per il ricambio dell'aria e corrisponde quindi a dispersioni per ventilazione.



Parallelamente a questo test, risulta utile valutare la provenienza di queste infiltrazioni, perdite parassite, al fine di mitigarne l'effetto, limitando il ricambio a valori più vicini a quelli da normativa, necessari a garantire un adeguato livello di comfort senza sgradevoli effetti di correnti d'aria fredda, velocità elevate dell'aria nell'ambiente, consumi eccessivi di combustibile fossile.

BlowerDoorTest:



BlowerDoorTest:



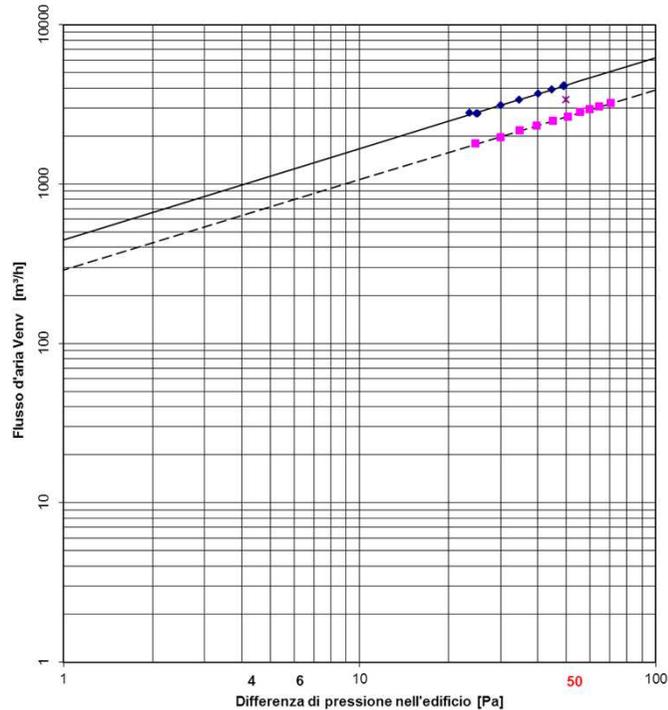
La macchina per il test e la sua applicazione su una delle porte dell'ambiente di studio

La sigillatura dei giunti non oggetto di studio per non falsare il test



BlowerDoorTest:

Grafico delle perdite d'aria durante il test BlowerDoor



- ◆ (Flusso d'aria) Depressione [m³/h]
- (Flusso d'aria) Sovrappressione [m³/h]
- Linea di regressione Depressione [m³/h]
- - - Linea di regressione Sovrappressione [m³/h]
- x Flusso d'aria a 50Pa [m³/h]

BlowerDoor test

EN 13829

Minneapolis BlowerDoor Modell 4 - Tectite Express 3.6.7.0

Oggetto: Suola Gherardi Lugo Ravenna	Tecnico: MDB Data: 09/08/2014
---	----------------------------------

Temperatura e condizioni di vento

Temperatura interna: 25 °C	Intensità vento: 0
Temperatura esterna: 26 °C	(Esterno) misura di riferimento: 1
Pressione barometrica: (Standard): 101700 Pa	Esposizione al vento dell'edificio: C
Incertezza per il vento (Tabella Geissler): 0 %	

Depressione

Flusso nullo (riferimento)	ΔP_{01+}	ΔP_{01-}	ΔP_{02+}	ΔP_{02-}
	-	-0,4 Pa	-	-0,3 Pa

Sovrappressione

Flusso nullo (riferimento)	ΔP_{01+}	ΔP_{01-}	ΔP_{02+}	ΔP_{02-}
	0,5 Pa	-0,3 Pa	0,0 Pa	-0,2 Pa

Dati per la misura

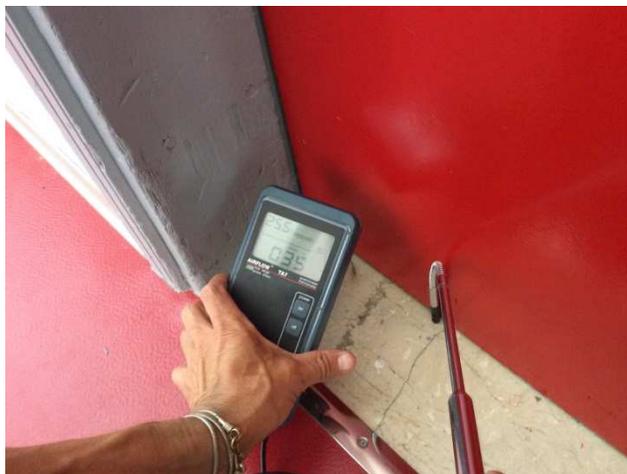
Anello	Edificio	Ventola	Flusso ventola	Tolleranz.	Anello	Edificio	Ventola	Flusso ventola	Tolleranz.
OABCDE	[Pa]	[Pa]	[m³/h]	[%]	OABCDE	[Pa]	[Pa]	[m³/h]	[%]
ΔP_{01}	-0,4	—	—	—	ΔP_{01}	0,2	—	—	—
A	-49	236	4087	0,05	A	71	145	3209	0,33
A	-49	235	4078	0,20	A	65	131	3053	0,24
A	-49	235	4077	-0,13	A	60	120	2928	0,47
A	-45	212	3876	0,19	A	56	110	2806	0,34
A	-40	188	3651	0,24	A	51	96	2621	-1,15
A	-35	157	3336	-0,29	A	45	86	2483	0,08
A	-30	132	3072	-0,32	A	40	74	2298	-0,62
A	-25	105	2741	-1,11	A	35	64	2145	-0,01
A	-25	106	2745	-1,34	A	30	53	1957	-0,88
A	-24	106	2752	2,56	A	25	44	1788	1,24
ΔP_{02}	-0,3	—	—	—	ΔP_{02}	-0,2	—	—	—

Coefficiente di correlazione	0,998	Intervallo di confidenza		Coefficiente di correlazione	0,999	Intervallo di confidenza	
C_{mv} [m³/(h Pa²)]	448	max. 495	min. 405	C_{mv} [m³/(h Pa²)]	290	max. 309	min. 272
C_L [m³/(h Pa²)]	444	max. 491	min. 402	C_L [m³/(h Pa²)]	288	max. 307	min. 270
n	[-]	max. 0,60	min. 0,54	n	[-]	max. 0,58	min. 0,55

Risultati

	V =	1860 m³	A _F =	285 m²	A _E =	
	V ₅₀	Incertezza	n ₅₀	Incertezza	w ₅₀	Incertezza
	m³/h	%	1/h	%	m³/m²h	%
Depressione	4143	+/- 5 %	2,2	+/- 5 %	14,5	+/- 5 %
Sovrappressione	2627	+/- 5 %	1,4	+/- 5 %	9,2	+/- 5 %
Media	3385	+/- 5 %	1,8	+/- 5 %	11,9	+/- 5 %

BlowerDoorTest – Per il tecnico:



La ricerca delle perdite attraverso l'utilizzo di termo-anemometro

L'analisi va effettuata per le principali chiusure, al fine di **ricercare le inefficienze** e trovare **azioni di contrasto** per correggerle.



Alcuni punti critici possono essere ad esempio le **giunture** e le **soglie delle porte**, per loro natura disperdenti.

BlowerDoorTest – Per il tecnico:



Sono possibili inefficienze, i giunti delle finestre e gli innesti alla parete (sfridi tra telaio e falsotelaio)

La corretta tenuta delle guarnizioni delle parti apribili
La corretta chiusura delle parti apribili



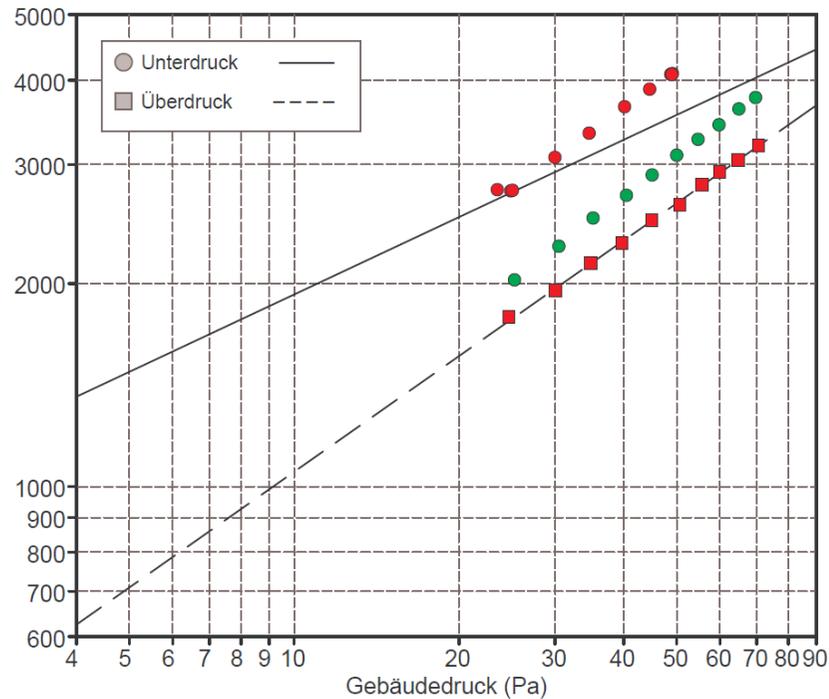
BlowerDoorTest – Per l'utente:



Nell'esempio riportato, la principale inefficienza era dovuta alla tenuta delle finestre a nastro con azionamento elettrico. La motivazione era legata alla non corretta chiusura del meccanismo, facilmente correggibile tramite registrazione del motorino.



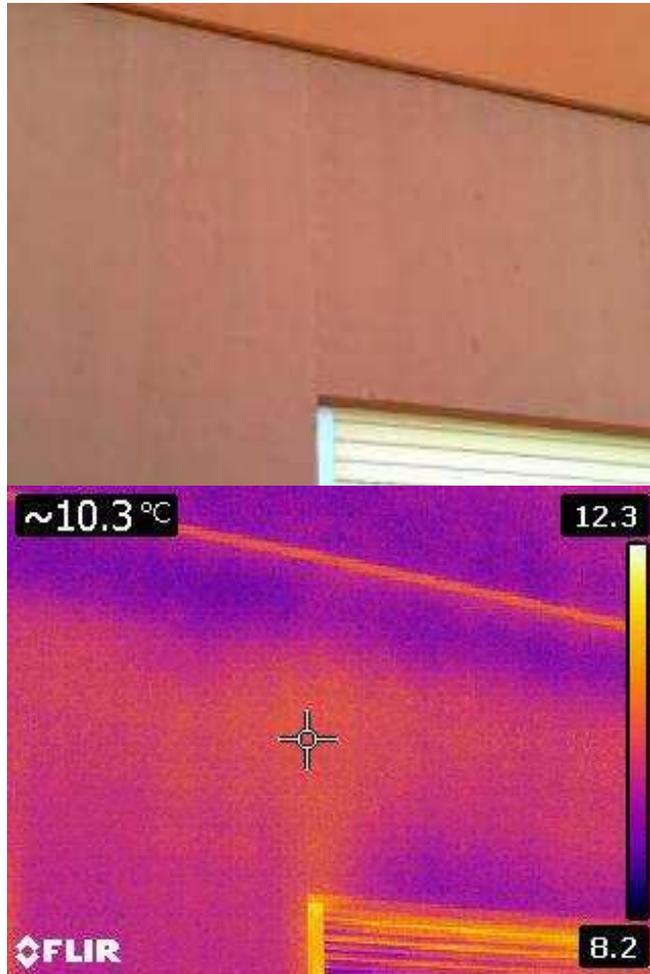
BlowerDoorTest – Per l'utente:



Si può notare il risultato della operazione di ri-calibrazione delle chiusure dotate di motore elettrico attraverso questo grafico. I pallini rossi indicano la situazione pre-intervento mentre quelli verdi indicano la situazione post intervento.

Tra gli altri interventi immediati si possono annoverare anche la sigillatura degli spifferi lungo il perimetro del serramento con silicone a basso modulo o l'inserimento di guarnizioni sui perimetri apribili.

Termografie:

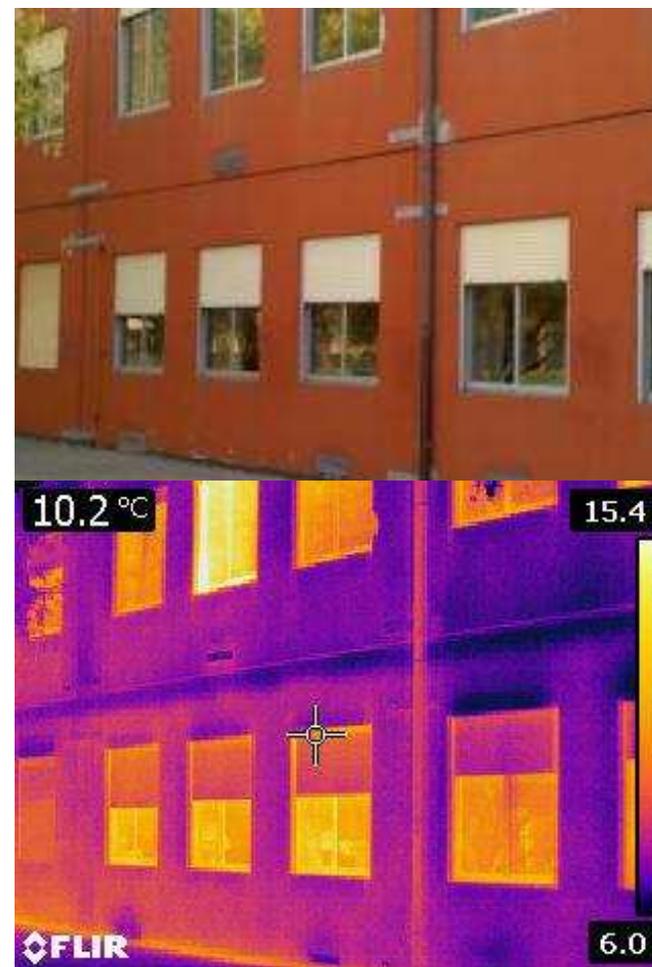
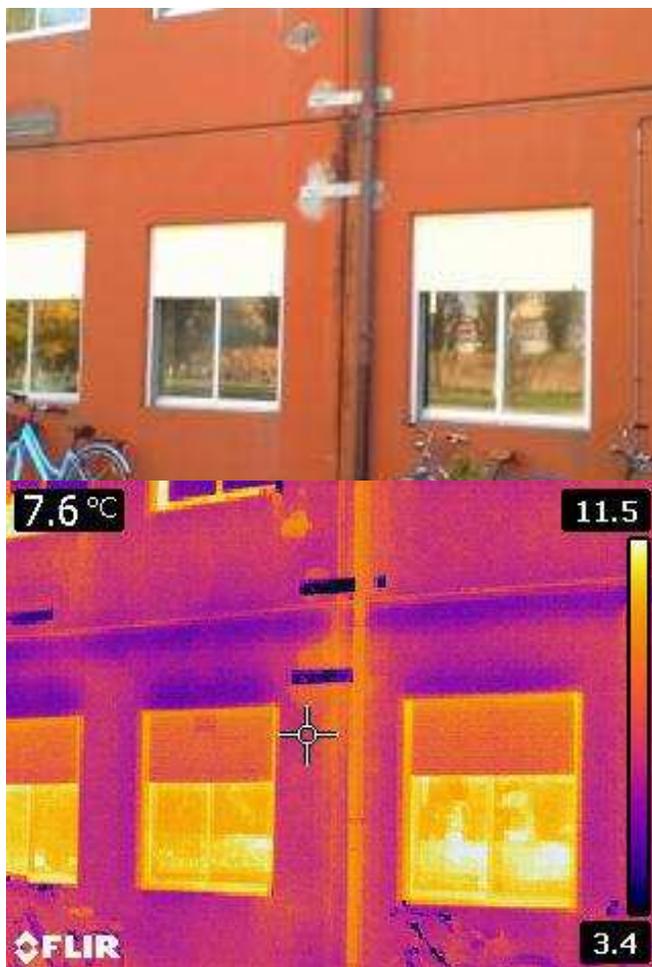


Un'ulteriore analisi del fabbricato, che può darci valutazioni qualitative (più che quantitative) dello stato dell'arte della costruzione, è **l'analisi termografica**.

Può esprimere quali siano le porzioni di superficie che più disperdono rispetto ad altre, analizzando quindi la **presenza di difetti costruttivi o di ponti termici**, nonché la presenza o meno di perdite o disuniformità nei materiali utilizzati (si pensi ad esempio ad un pannello prefabbricato con coibentazione non a taglio termico).

Le termocamere **NECESSITANO** di essere utilizzate in condizioni di **impianto funzionante**, con salto termico elevato tra interno ed esterno.

Termografie:

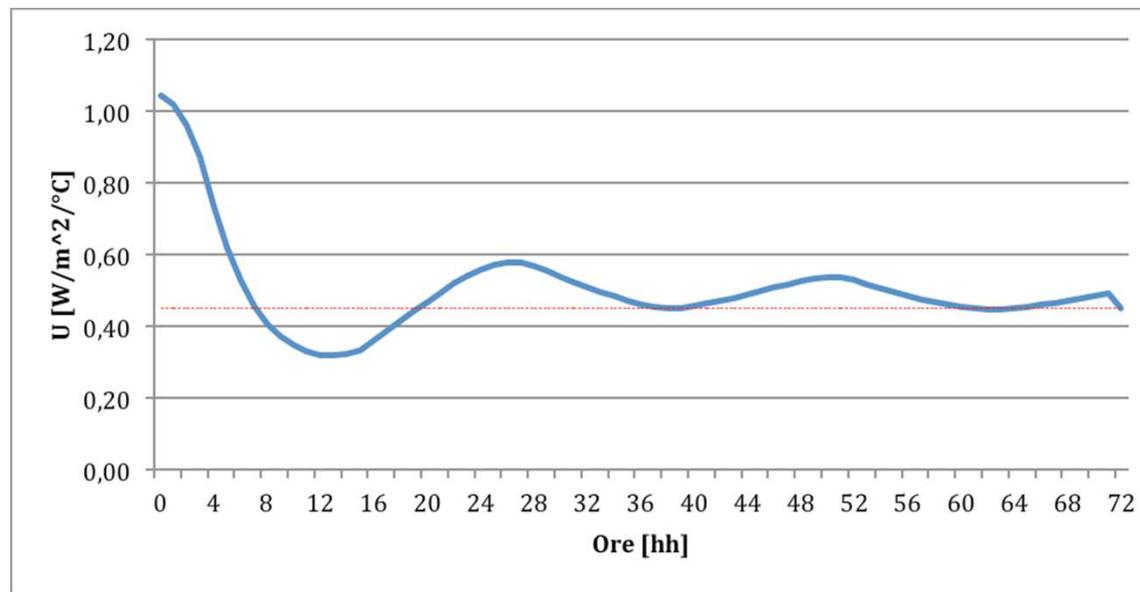


Termoflussimetri e misuratori di temperatura:

A livello di calcolo di dispersioni però, risulta necessario determinare le trasmittanze delle pareti che costituiscono l'involucro edilizio. Trovandoci a lavorare su edifici esistenti, è difficile conoscere le stratigrafie ed i materiali componenti le strutture.

Si può però far riferimento a macchinari di rilievo delle caratteristiche termofisiche.

Attraverso due piastre, posizionate da un lato all'altro della struttura e collegate da un filo elettrico, è possibile determinare la trasmittanza media del componente.



Analogamente a prima, è necessaria la presenza di un salto termico e quindi dell'impianto acceso, oltre all'utilizzo prolungato del macchinario (almeno 60-70 ore) al fine di raggiungere la convergenza.

Termoflussimetri e misuratori di temperatura:

Solo nel caso siano presenti i consumi e la conoscenza della tipologia costruttiva (periodo di costruzione, materiali interni alla struttura, spessori, finiture, eventuali ristrutturazioni) è possibile stimare la trasmittanza attraverso abachi o per costruzione, correggendola successivamente sulla base dei consumi analizzati (ad esempio variando il peso e quindi la conduttività apparente delle murature).

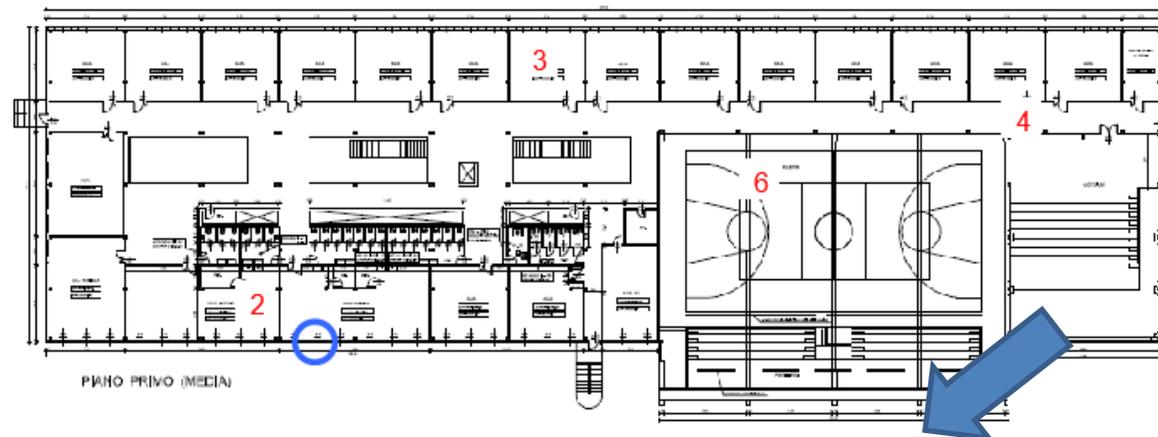
Oltre a questa informazione, servono anche informazioni dettagliate sulle temperature delle diverse zone. Queste informazioni possono essere reperite attraverso l'intervista all'utenza, con conseguenti «approssimazioni» o valutando l'effettiva temperatura registrata attraverso opportuni datalogger posizionati in diversi ambienti.

Lo strumento permette di bypassare alcuni filtri che gli utenti delle strutture tendono ad applicare, i quali non verranno mai a confermarci che la temperatura è alcuni gradi superiore alle normative, o viceversa, la temperatura è mantenuta inferiore al setpoint nominale. Inoltre rende idea dell'efficienza della regolazione o di eventuali malfunzionamenti dell'impianto nei suddetti locali.

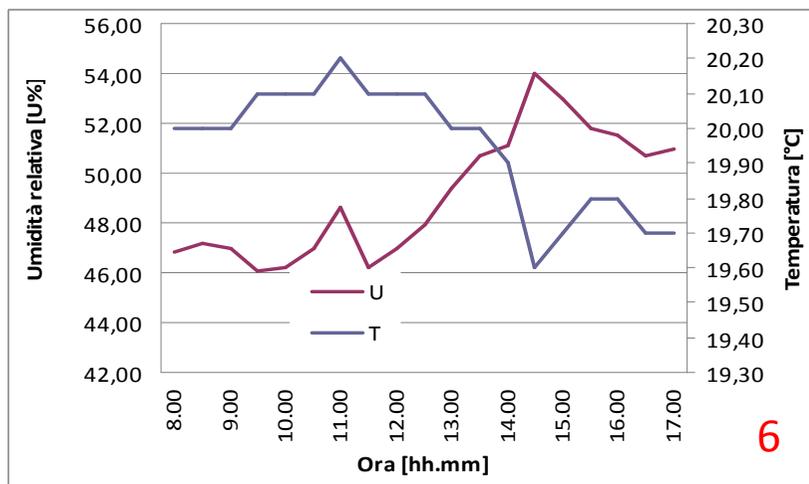
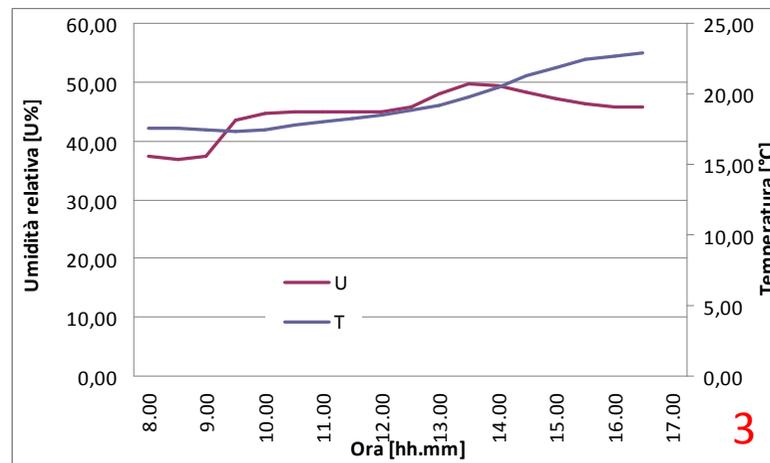
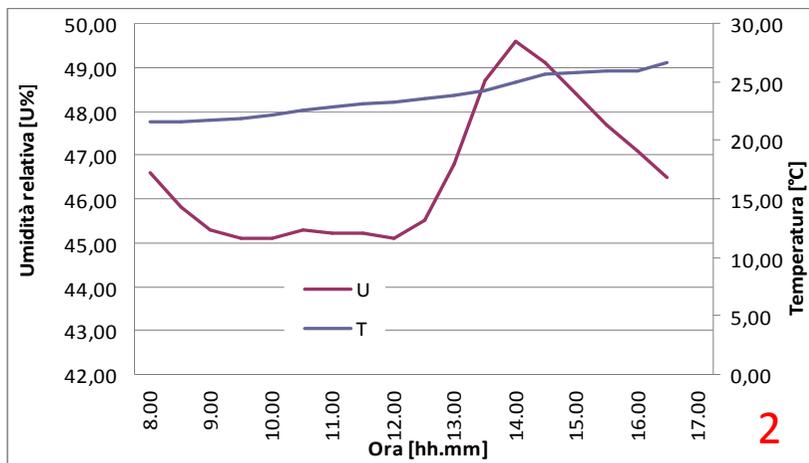
Termoflussimetri e misuratori di temperatura:



Lo strumento si applica a parete e rende traccia di temperature e umidità rilevate a cadenza regolare (ad esempio, può essere tarato per rilevare ogni minuto o ogni ora) e conservare il dato per molte rilevazioni, sino al momento in cui il dato viene esportato da opportuni software e restituito secondo forma di grafico o tabella.



Termoflussimetri e misuratori di temperatura:



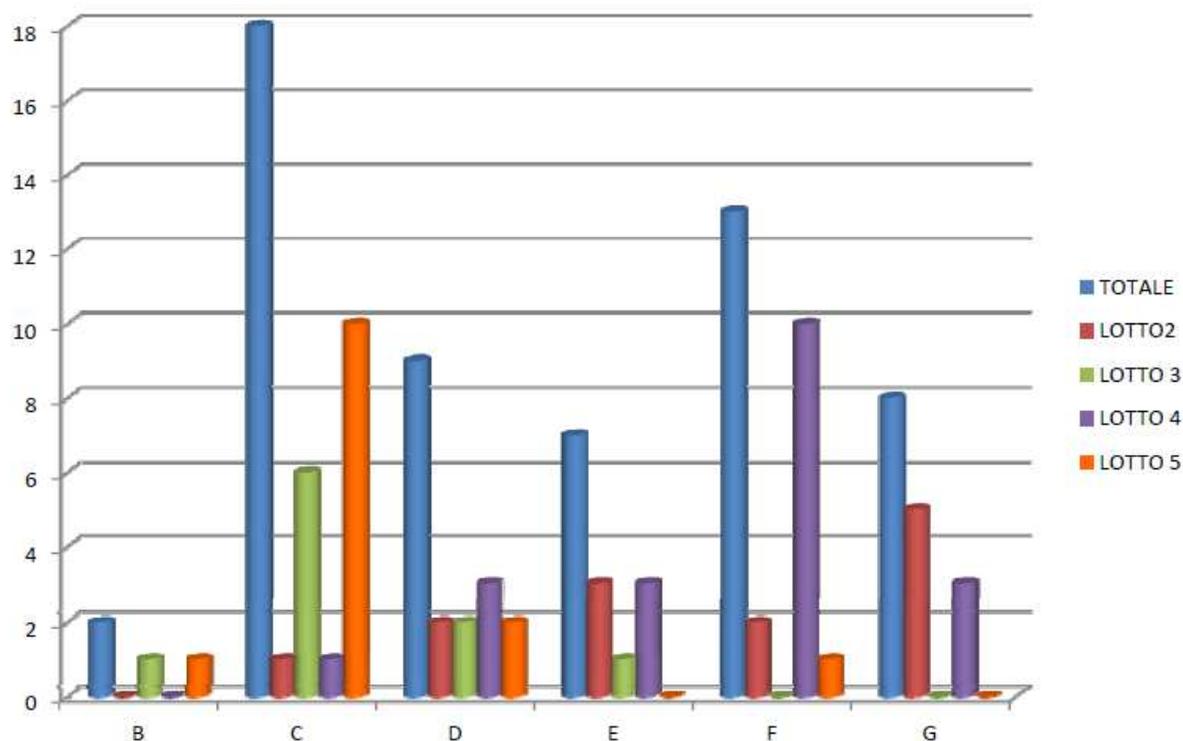
Come si può vedere dai grafici per i datalogger posizionati nei punti 2-3 (aule) l'andamento della temperatura varia di molto, nel primo caso totalmente imputabile alle persone all'interno della stanza essendo le finestre dirette a NO, nel secondo caso (SE) anche all'illuminazione solare. Vediamo invece come la palestra 6 sia regolata meglio.

Indagini invasive:



Il caso limite di indagine delle strutture, è il tipo invasivo. Si tratta di ricercare la composizione tramite un foro praticato in posizione non visibile (e poi richiuso) e l'utilizzo di una telecamera a filo da cui si possono identificare i principali componenti della struttura.

I risultati delle diagnosi:

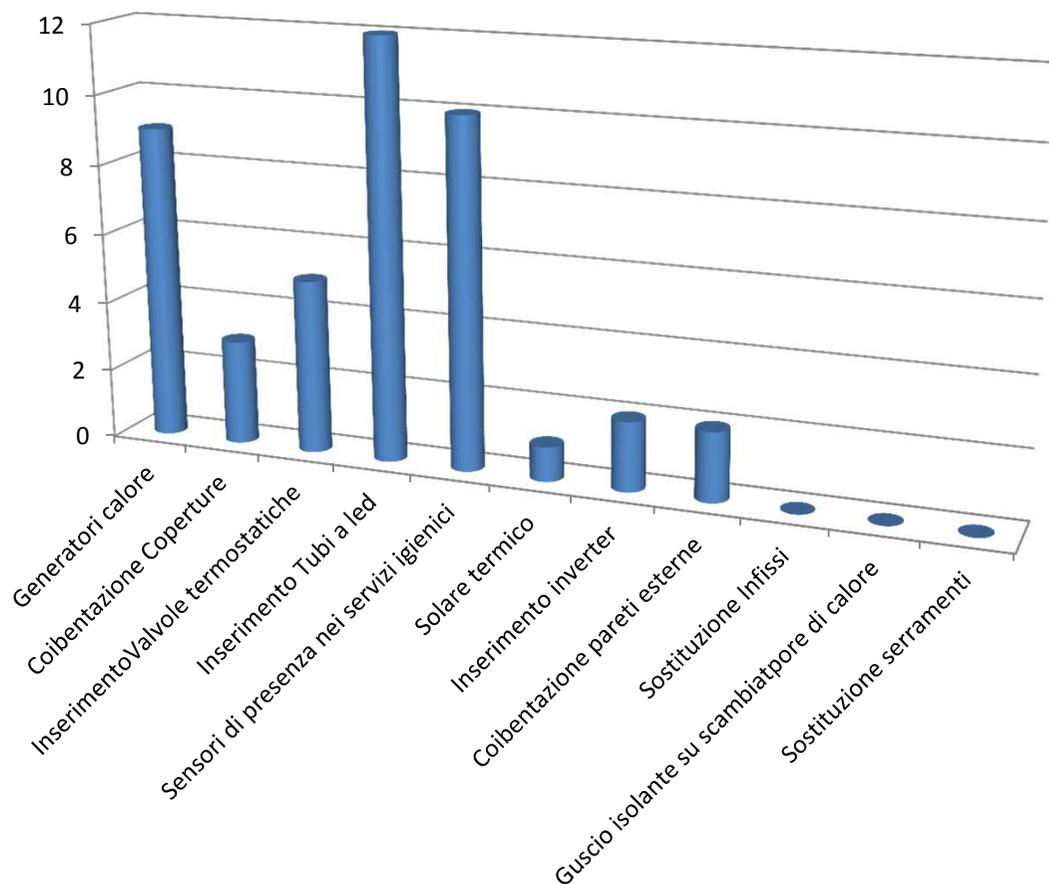


Le diagnosi energetiche sugli edifici regionali in oggetto hanno portato alle seguenti classificazioni in base alle vecchie normative regionali, divisi per lotti provinciali.

Si può notare come ad esempio, nei lotti 2 e 4 (analizzati da YS) vi sia la predominanza di classi tra F e G, in linea con le medie del parco immobiliare scolastico nazionale.

I risultati delle diagnosi:

Lotto 2



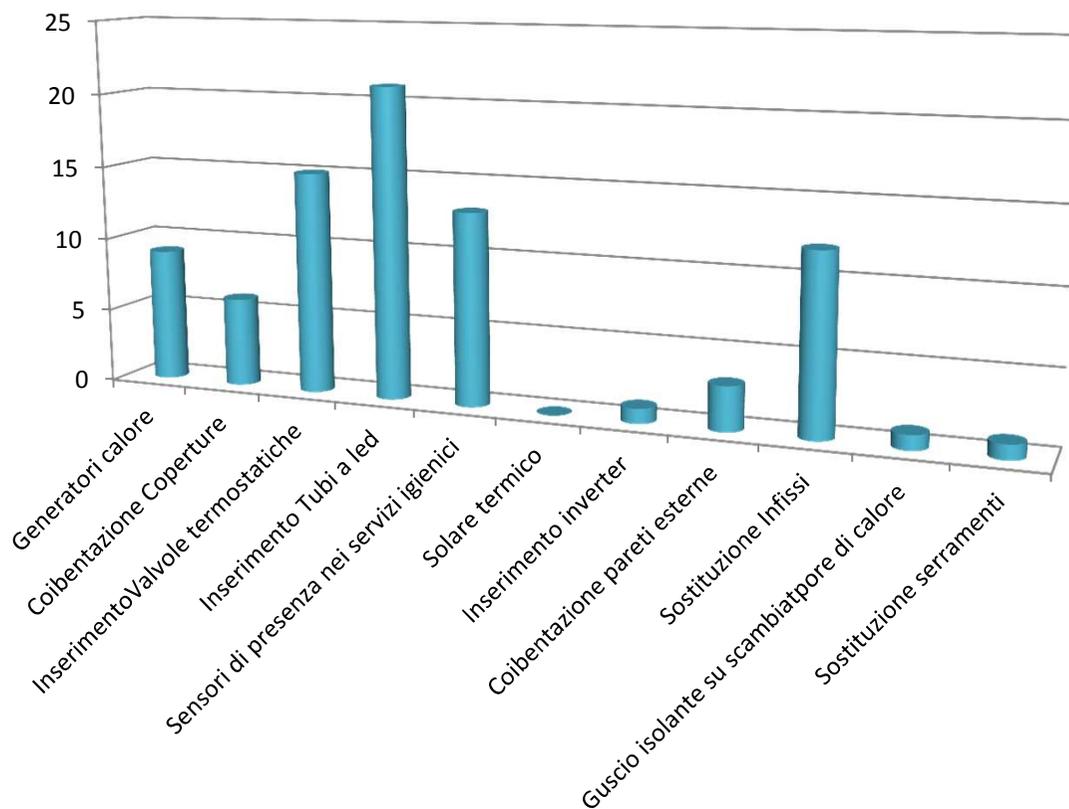
L'analisi ha portato inoltre alla formulazione dei seguenti interventi migliorativi.

Ovviamente sono stati scartati gli interventi senza ritorni a breve medio termine di tipo economici e ambientali.

Per il lotto 2, ad esempio, sul lato termico, i più ricorrenti sono il cambio dei generatori o l'installazione di valvole termostatiche al fine di ottimizzare la regolazione, mentre sul lato elettrico, sensori di presenza e illuminazione LED.

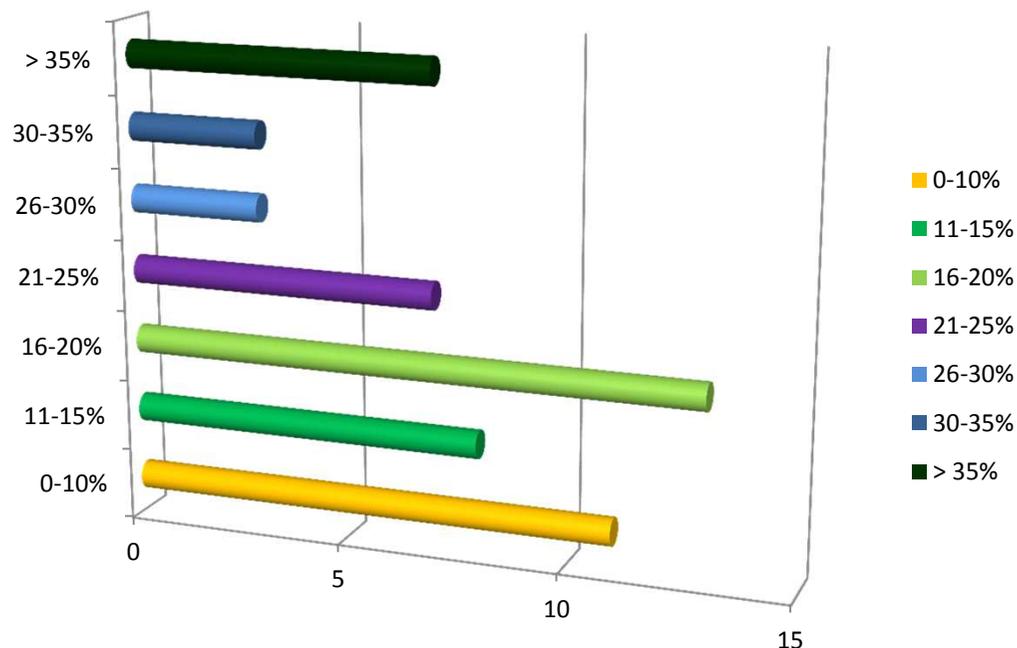
I risultati delle diagnosi:

Lotto 4



Per il lotto 4, invece, è risultato importante come intervento, oltre alle valvole termostatiche e ai generatori, anche la sostituzione degli infissi, oltre ad una crescente necessità di coibentare la copertura degli edifici.

I risultati delle diagnosi:



Sugli edifici analizzati, con gli interventi «economicamente vantaggiosi» proposti, si nota che le percentuali di miglioramento rimangono comunque contenute (oltre il 75% dei casi ha un risparmio inferiore al 25%) con alcuni casi eclatanti.

È evidente che se si vuole raggiungere grandi percentuali di risparmio, bisogna lavorare su investimenti più cospicui e tempi di ritorno potenzialmente più lunghi. Serve quindi una visione dell'uso a lungo termine degli edifici in oggetto di diagnosi.

Il bando Kyoto3:

La necessità di rivedere gli interventi, inserendone altri meno redditizi e più costosi, deriva da un recente bando, indetto dal governo, con D.IM. 14/04/2015 e denominato Bando Kyoto3, con l'incentivazione di progetti di riqualificazione di edifici scolastici, con un vincolo importante:

*a) i progetti relativi a interventi di incremento dell'efficienza energetica e degli usi finali dell'energia dovranno conseguire un miglioramento del parametro dell'efficienza energetica dell'edificio oggetto di intervento di **almeno due classi** in un periodo massimo di tre anni dalla data di inizio dei lavori di riqualificazione energetica;*

Risultava evidente in fase di redazione del progetto preliminare-definitivo, la necessità di integrare il lavoro svolto con altri interventi, al fine di garantire i passaggi di classe necessari per accedere al bando Kyoto3.

La scuola Bonati-Pascoli:

La diagnosi effettuata prima dell'uscita del bando Kyoto3, prevedeva come interventi la sostituzione dei serramenti, la coibentazione della copertura (piana), la sostituzione delle lampade a fluorescenza con lampade LED dotate di apposite certificazioni ambientali e l'installazione dei sensori di presenza nei servizi.

L'intervento portava, a fronte di un investimento totale di **259135,08€** (di cui 231750€ termici e 27385,08€ elettrici) ad un risparmio economico del 27,98%, calcolato con costo del gas metano di 0,75 €/Nm³ e 0,2 €/kWh_{el} e del **27,59%** in termini di energia primaria con un tempo di ritorno globale di 22 anni. Questi risparmi erano insufficienti al fine dell'accesso al bando.

L'intervento è stato quindi potenziato, andando ad aumentare gli spessori delle coibentazioni e quindi il potere isolante, inserendo l'intervento di coibentazione delle strutture verticali, un impianto fotovoltaico in copertura per un totale di 46 kWp e l'inserimento ove mancanti di valvole termostatiche, oltre che alla coibentazione delle tubazioni a vista non isolate.

I serramenti:

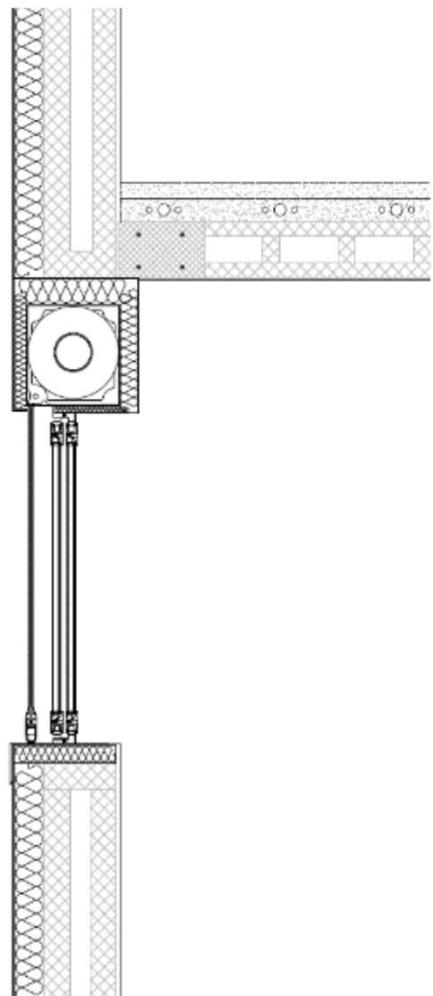
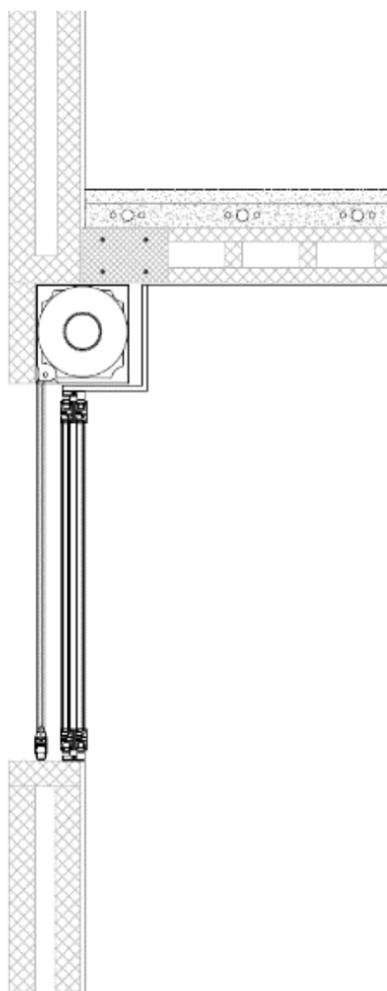


Puntando a mantenere le tipologie ed i materiali attualmente esistenti e portando le caratteristiche del vetro a **$U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$** e del telaio a **$U_f = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$** (scorrevoli) o **$U_f = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$** (battente), usando il distanziale Warm-Edge con $\psi\text{-g} = 0,039 \text{ W/mK}$

I nuovi serramenti avranno **$U_w < 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$** . Oltre a questo, l'intervento contestuale di coibentazione delle pareti, porta alla riduzione del ponte termico di innesto alla parete e l'utilizzo di cassonetti coibentati riduce ulteriormente le dispersioni.



I serramenti:

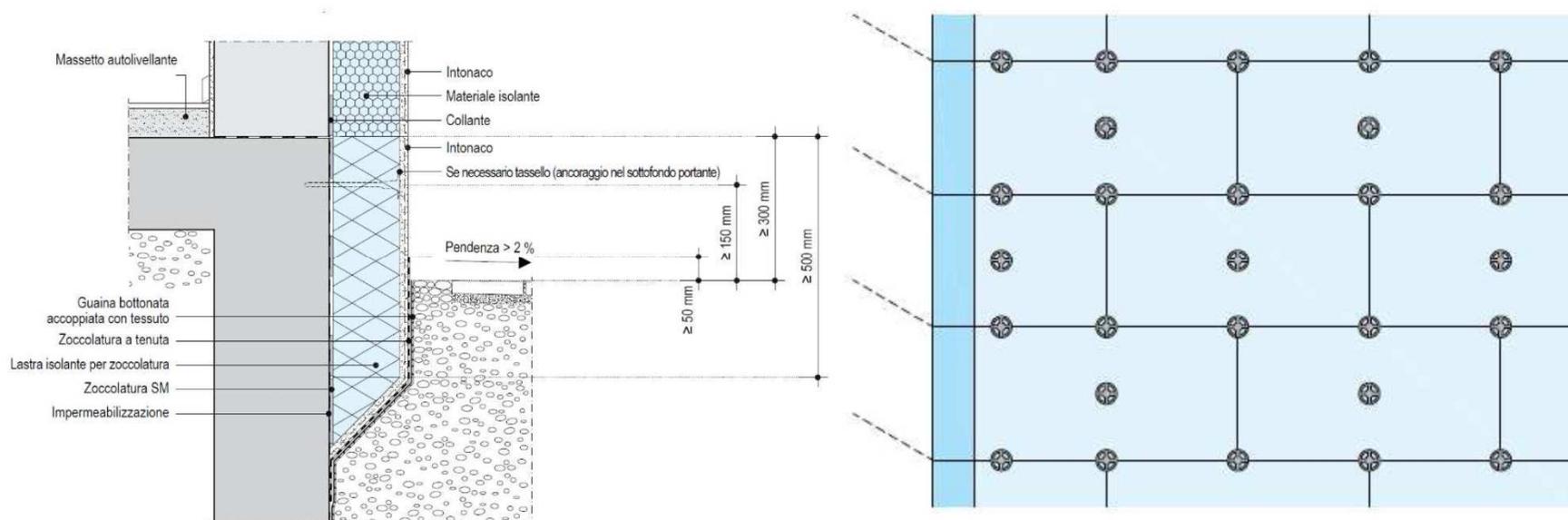


Il cappotto:



La parete esistente è stata calcolata tramite termoflussimetro con un valore medio al centro del pannello di $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$, il valore medio della parete, comprensivo dei ponti termici del pannello prefabbricato e degli innesti tra pannello e pannello, ha portato ad un valore di trasmittanza di **$0,749 \text{ W/m}^2\text{K}$**

Il cappotto:



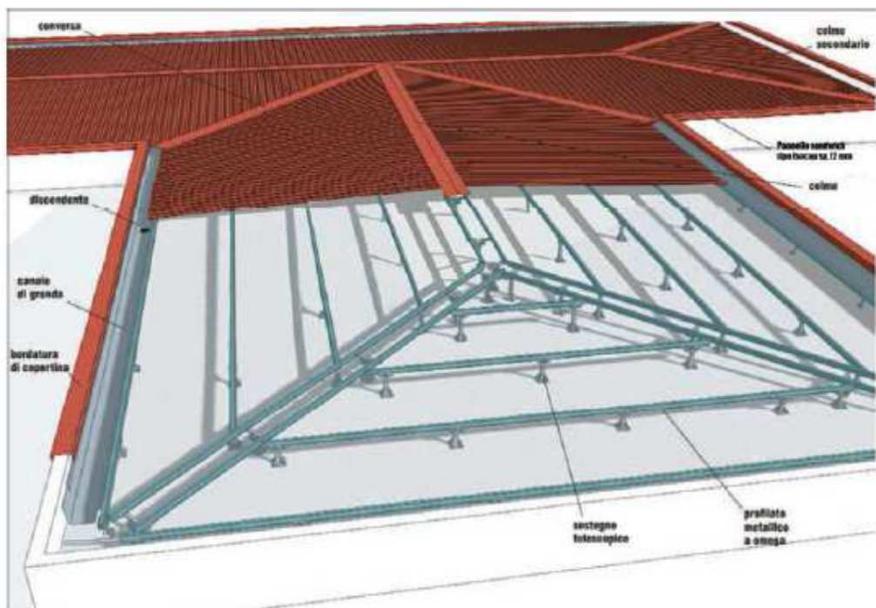
È stato prevista l'aumento della coibentazione della parete, con un cappotto esterno, certificato ETAG004, conforme quindi alle normative nazionali antincendio negli edifici scolastici (classe di reazione al fuoco B – s2, d0) per uno spessore di 80mm portando la trasmittanza da 0,749 a **0,219 W/m²K** migliorando quindi del 70,76%, ed un consumo evitato di **8512 metri cubi di metano**.

La copertura:



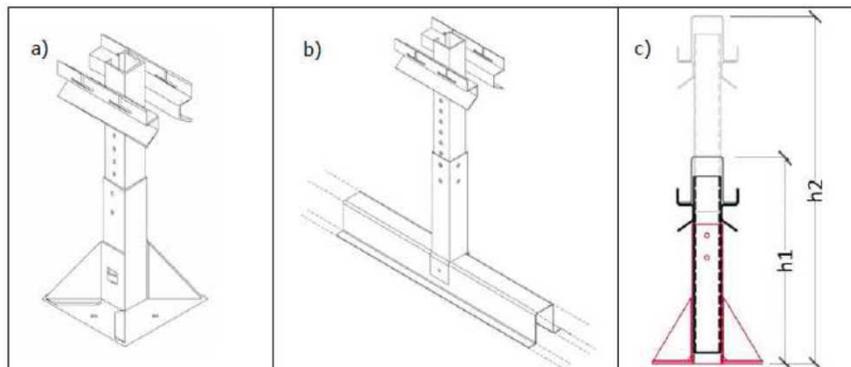
La copertura di tipo piano, portava ad un doppio svantaggio: una trasmittanza elevata dovuta alla natura della stessa e problematiche di trafileamento durante le piogge, a causa dell'accumulo idrico. Il progetto è stato quindi mirato al risolvere entrambi gli inconvenienti.

La copertura:

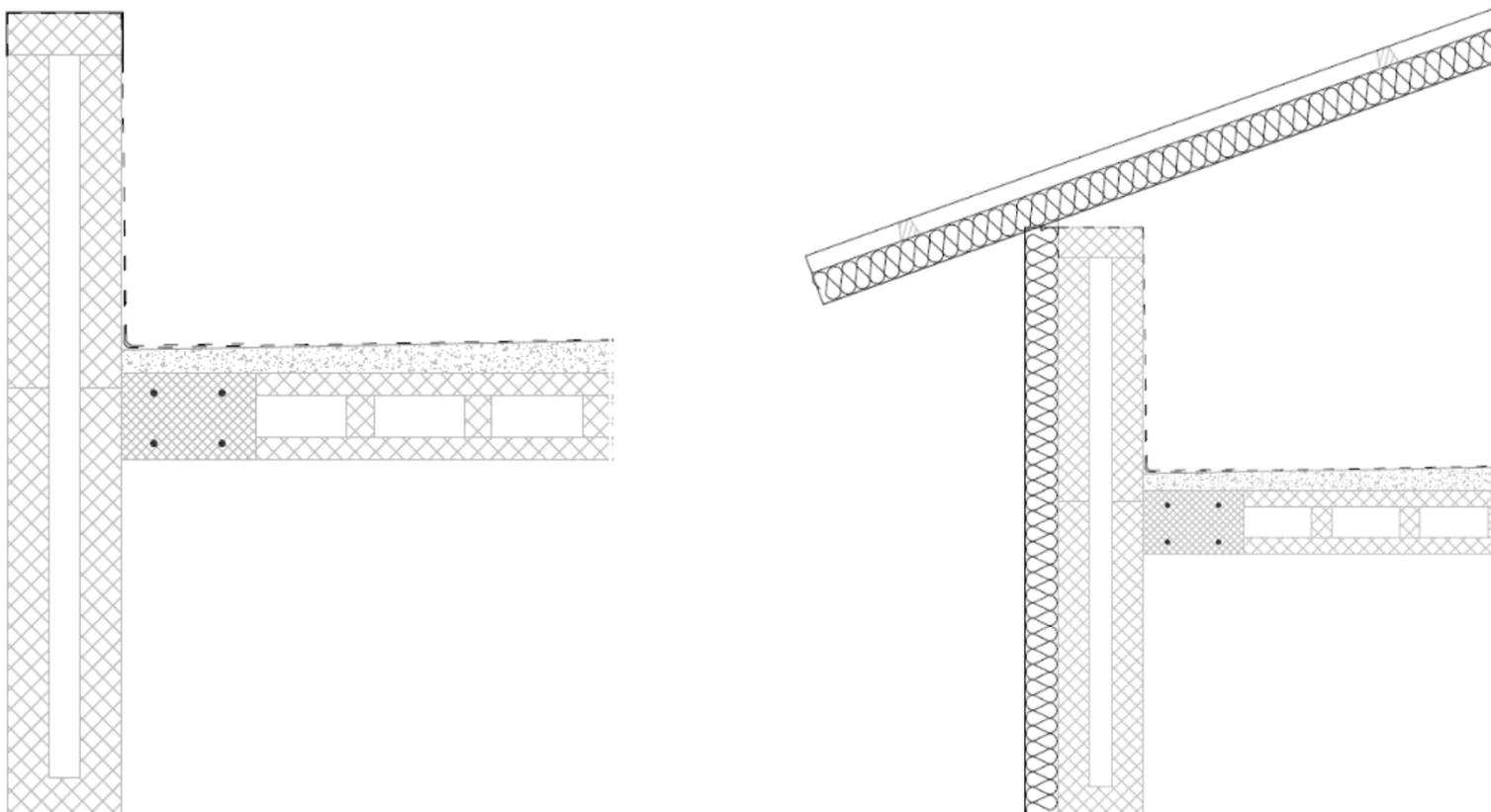


Viene quindi creata una nuova copertura inclinata, tramite piedi telescopici, formata da pannelli sandwich coibentati, con lo scopo di favorire il deflusso dell'acqua, e coibentare la struttura, con la creazione di un «sottotetto» non praticabile.

In copertura viene anche installato, direttamente sui pannelli sandwich grecati, il campo fotovoltaico.



La copertura:



Schematicamente si otterrà un sistema di questo tipo.

Il campo fotovoltaico:

DATI RELATIVI AL POSIZIONAMENTO DEL GENERATORE FV	
Posizionamento del generatore FV:	Installazione su tetto a falda
Angolo di azimut del generatore FV:	-45°
Angolo di tilt del generatore FV:	15°
Fattore di albedo:	Erba verde: 0,26
Fattore di riduzione delle ombre Kombre:	0,95

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Numero moduli:	192
Potenza nominale	245 Wp
Celle:	Silicio policristallino alta efficienza
Tensione circuito aperto VOC	37,3 V
Corrente di corto circuito ISC	8,62 A
Tensione VMP	30,7 V
Corrente IMP	7,99 A
Grado di efficienza:	14,9 %
Dimensioni:	1652 mm x 992 mm x 46mm

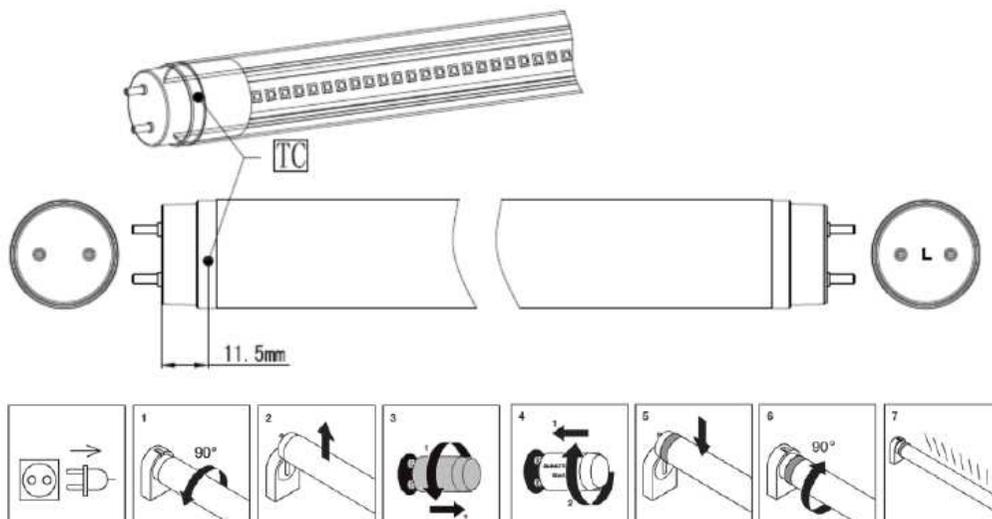
CONFIGURAZIONE CAMPO FOTOVOLTAICO	
Numero di stringhe	12
Numero di moduli per stringa	16
Tensione VMP a 25°C	491,2 V
Corrente IMP a 25°C	7,99 A x 3 = 23,97 A
Superficie complessiva moduli	1652 mm x 994 mm x 192 = 315,28 m ² .

CARATTERISTICHE DEL GRUPPO DI CONVERSIONE	
Ingresso max:	11000 Wp
Tensioni in ingresso consentite:	300 – 750 V
Corrente massima in ingresso:	36 A
Efficienza:	> 97,13 %
Peso:	38 kg

L'impianto fotovoltaico proposto, conformemente alle normative vigenti nazionali ($P = S_q/50$) è stato dimensionato su 4 inverter, 192 moduli policristallini da 245W per un totale di 46,02 kWp.

La producibilità stimata considerando i rendimenti ambientali e di Balance of System risulta di 37443,84 Wp e 51548,3 kWh/anno

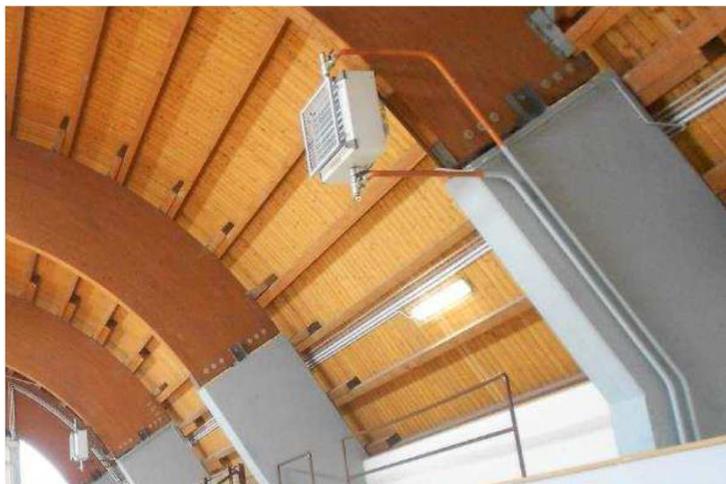
Le luci LED:



L'illuminazione è prevalentemente a neon da 58W e la previsione di sostituzione ha portato alla scelta di prodotti che ne permettano la mera sostituzione, inserendo solo nei quadri, appositi sistemi di protezione magnetotermici, differenziali, sezionatori, ecc... Oltre a contabilizzatori/misuratori di energia elettrica.



Le valvole termostatiche e la coibentazione dei tubi:



Ove non presenti, come nella foto effettuata nei bagni del fabbricato, risulta conveniente installare le valvole termostatiche al fine di regolare in maniera automatica ambiente per ambiente, la temperatura.

Alla stessa maniera, si è reso conveniente coibentare le tubazioni di adduzione ai terminali della palestra, per ridurre i consumi oltre che per sicurezza.



Le tempistiche di lavoro, i disagi:

La realizzazione degli interventi era altresì legata alla natura dell'edificio, trattandosi di un edificio scolastico, i lavori erano possibili solo nel periodo estivo, spalmati in due anni consecutivi, al fine di garantire all'utenza di usufruire della struttura senza disagi.

		ANNO 1												
OPERA	ATTIVITA'	SETTIMANA 1	SETTIMANA 2	SETTIMANA 3	SETTIMANA 4	SETTIMANA 5	SETTIMANA 6	SETTIMANA 7	SETTIMANA 8	SETTIMANA 9	SETTIMANA 10	SETTIMANA 11	SETTIMANA 12	SETTIMANA DA 13 a 53
CANTIERE	Allestimento cantiere	■												
	Approvvigionamento materiali	■	■	■	■									
ILLUMINAZIONE	Rimozione corpi illuminanti esistenti			■	■									
	Installazione nuove lampade led e collegamenti elettrici				■	■	■							
	Smaltimento vecchi corpi illuminanti									■				
INFISSI	Rimozione serramenti esistenti							■	■	■				
	Installazione nuovi serramenti							■	■	■				
	Smaltimento materiali di risulta e vecchi serramenti									■				
CAPPOTTO	Montaggio ponteggio	■	■											
	Installazione supporti				■	■	■							
	Applicazione pannelli isolanti				■	■	■							
	Rasatura con rete di armatura						■							
	Finitura										■	■	■	
	Tinteggiatura											■	■	■
CANTIERE	Rimozione cantiere												■	■

		ANNO 2												
OPERA	ATTIVITA'	SETTIMANA 1	SETTIMANA 2	SETTIMANA 3	SETTIMANA 4	SETTIMANA 5	SETTIMANA 6	SETTIMANA 7	SETTIMANA 8	SETTIMANA 9	SETTIMANA 10	SETTIMANA 11	SETTIMANA 12	SETTIMANA DA 13 a 53
CANTIERE	Allestimento cantiere	■												
	Approvvigionamento materiali	■	■	■	■									
COPERTURA	Installazione supporti			■	■									
	Applicazione pannelli isolanti				■	■	■	■						
VALVOLE	Rimozione detentori esistenti				■	■	■							
	Installazione nuove valvole termostatiche				■	■	■							
FOTOVOLTAICO	Installazione supporti							■	■	■				
	Installazione pannelli							■	■	■				
	Adeguamento impianti elettrici										■	■	■	
	Prove e collaudi											■	■	■
CANTIERE	Rimozione cantiere												■	■

I risultati ottenuti:

L'edificio, tramite certificazione energetica di tecnico terzo, risultava in **classe D** con **EPgl = 35,76 kWh/m³a**.

Le migliorie effettuate hanno portato ad una **riduzione** dell'indice di prestazione energetica **del 62,7%** con **EPgl = 13,34 kWh/m³a**, ricadente quindi in **classe B**.

L'importo complessivo dei lavori, dal caso iniziale (circa 260.000€) è aumentato a circa **1.030.000 €**, di cui circa 40.000€ per oneri della sicurezza, cantiere e impalcature, 130.000€ per l'impianto fotovoltaico 175.000€ di cappotto, 142.000€ di coibentazione copertura, 315.000€ di sostituzione infissi/avvolgibili e conferimenti in discarica, il restante in spese tecniche, imprevisti, iva (su lavori e spese tecniche) collaudi e certificazioni.

Il sovra costo è stato però giustificato dalla possibilità di accedere al bando con finanziamento completo, che nella configurazione precedente era invece negato.

Grazie per l'attenzione!