



POLITECNICO DI BARI

Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile-Architettura

Tesi di Laurea Magistrale in
Fisica Tecnica Ambientale

Edilizia scolastica nZEB.

Il caso della scuola materna "Sandro Pertini"

Relatore:

Prof. Ing. Pietro Stefanizzi

Correlatrice:

Ing. Monica Misceo

Laureanda:

Sabrina Angelillo

ANNO ACCADEMICO 2017 / 2018

1. Introduzione



L' Osservatorio Nazionale degli Edifici a Energia quasi Zero **nZEB**

-attività di ricerca finanziata dal MISE (Ricerca di Sistema Elettrico PAR 2016)-

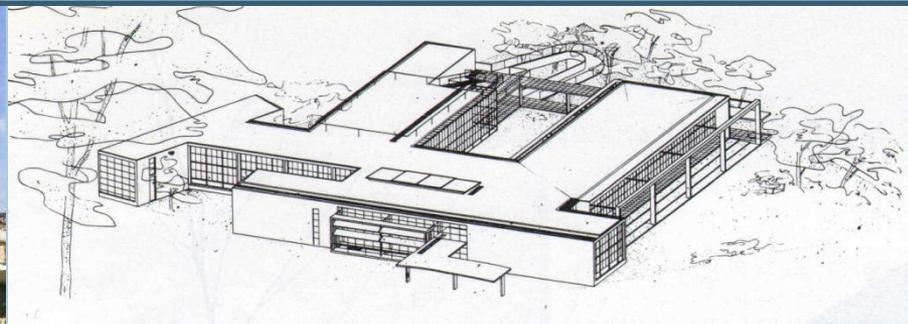
intende monitorare la realizzazione

degli edifici ad alta prestazione energetica nel nostro Paese

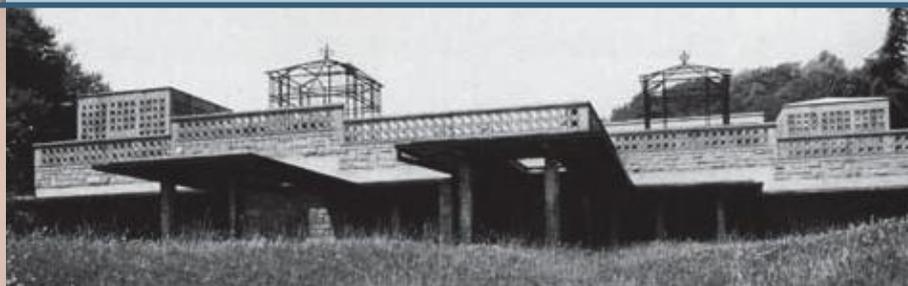
secondo la legislazione europea e italiana vigente.

Edilizia scolastica nZEB. Il caso della scuola materna "Sandro Pertini"

3. Edilizia Scolastica



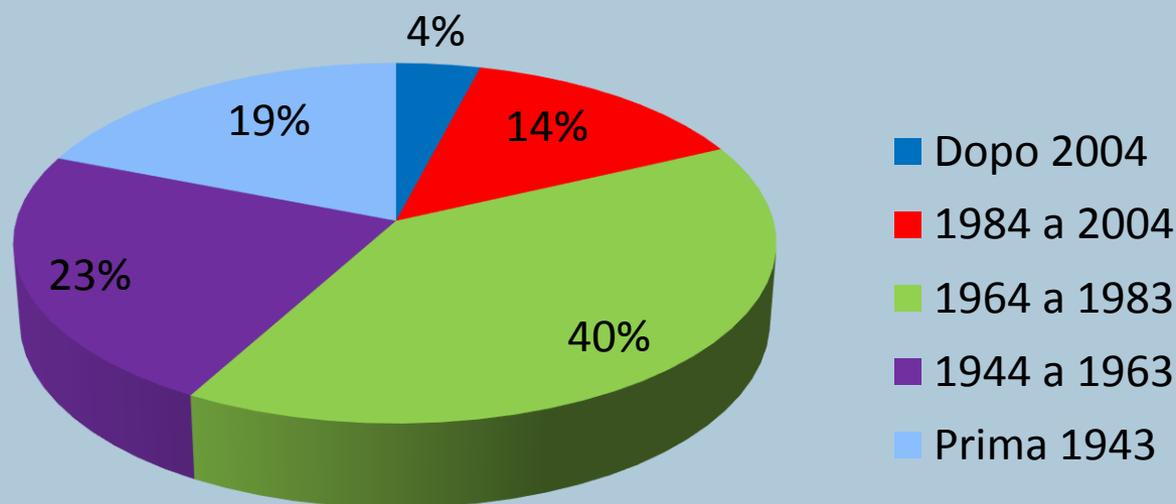
Giuseppe Terragni, Asilo infantile Sant'Elia a Como, 1934-1936;



Mario Ridolfi, Asilo d'infanzia Olivetti a Canton Vesco, Ivrea, 1954-1964

3. Edilizia Scolastica

Sul territorio nazionale, gli edifici ad esclusivo o prevalente uso scolastico sono 42.435, con 370.597 classi, per una superficie pari a 73 milioni di m² e una volumetria di 256 milioni di m³.

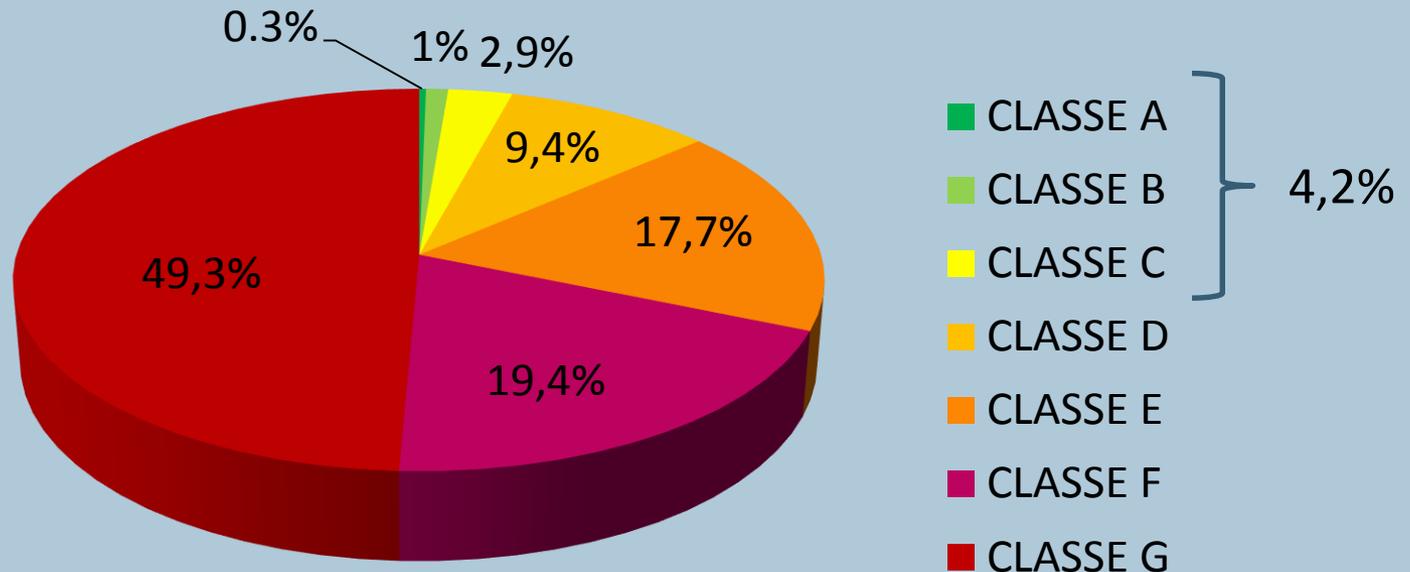


In Puglia gli edifici scolastici costruiti dal '75 in poi sono il 55,3%, contro il 36,4% del dato medio nazionale.

3. Edilizia Scolastica

Quasi un edificio su due (49,3%) si trova in classe G, mentre solo lo 0,3% in classe A.

Complessivamente gli edifici nelle prime tre classi energetiche raggiungono appena il 4,2%.



3. Caso di studio

Scuola Materna "Sandro Pertini" a Bisceglie (BAT)



Edilizia scolastica nZEB. Il caso della scuola materna "Sandro Pertini"

3. Caso di studio

Scuola Materna "Sandro Pertini" a Bisceglie (BAT)



© Luigi Filetici

Edilizia scolastica nZEB. Il caso della scuola materna "Sandro Pertini"

3. Caso di studio



Servizi

Edilizia scolastica nZEB. Il caso della scuola materna "Sandro Pertini"

3. Caso di studio



Servizi Aule didattiche Locali Tecnici

Edilizia scolastica nZEB. Il caso della scuola materna "Sandro Pertini"

3. Caso di studio



Servizi

Aule didattiche

Locali Tecnici

Mensa

Corridoio

Edilizia scolastica nZEB. Il caso della scuola materna "Sandro Pertini"

3. Caso di studio



TERMOLOG EpiX 9 **Logical** soft

Edilizia scolastica nZEB. Il caso della scuola materna "Sandro Pertini"

Chiusure verticali opache



Setti portanti in muratura armata , costituita da blocchi in laterizio che inglobano barre di armatura verticale.

Caratteristiche:

- Isolamento termico - inerzia termica - isolamento acustico
- protezione antincendio - sicurezza sismica -

3. Caso di studio

Elementi costruttivi

Chiusure verticali opache

Temperatura P/T Pressione

Gennaio

— Pressione di vapore [Pa]
— Pressione di saturazione [Pa]

- ✓ Trasmittanza OK
 $0,219 < 0,400 \text{ W/m}^2\text{K}$
(Zona C, 2017)
- ✓ Condensa superficiale assente
Frsti max < Frsti amm.
 $0,608 < 0,972$ (Novembre)
- ✓ Condensa assente
- ✓ Massa frontale
 $299 \geq 230 \text{ kg/m}^2$
Trasmittanza termica periodica
YIE = $0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$

INTERNO

t [°C]	λ [W/m·K]	ρ [kg/m ³]
0,000	0,029	0,700
0,029	0,700	1,400,000
1,724	0,203	850,000
2,581	0,031	15,000
0,061	0,330	1,300,000

C - ROFIX EPS-F 031 GREY

Temperatura P/T Pressione

Gennaio

— Pressione di vapore [Pa]
— Pressione di saturazione [Pa]

- ✓ Trasmittanza OK
 $0,229 < 0,340 \text{ W/m}^2\text{K}$
(Zona C, 2018)
- ✓ Condensa superficiale assente
Frsti max < Frsti amm.
 $0,608 < 0,970$ (Novembre)
- ✓ Condensa assente
- ✓ Massa frontale
 $256 \geq 230 \text{ kg/m}^2$
Trasmittanza termica periodica
YIE = $0,01 \text{ W/m}^2\text{K} \leq 0,1$

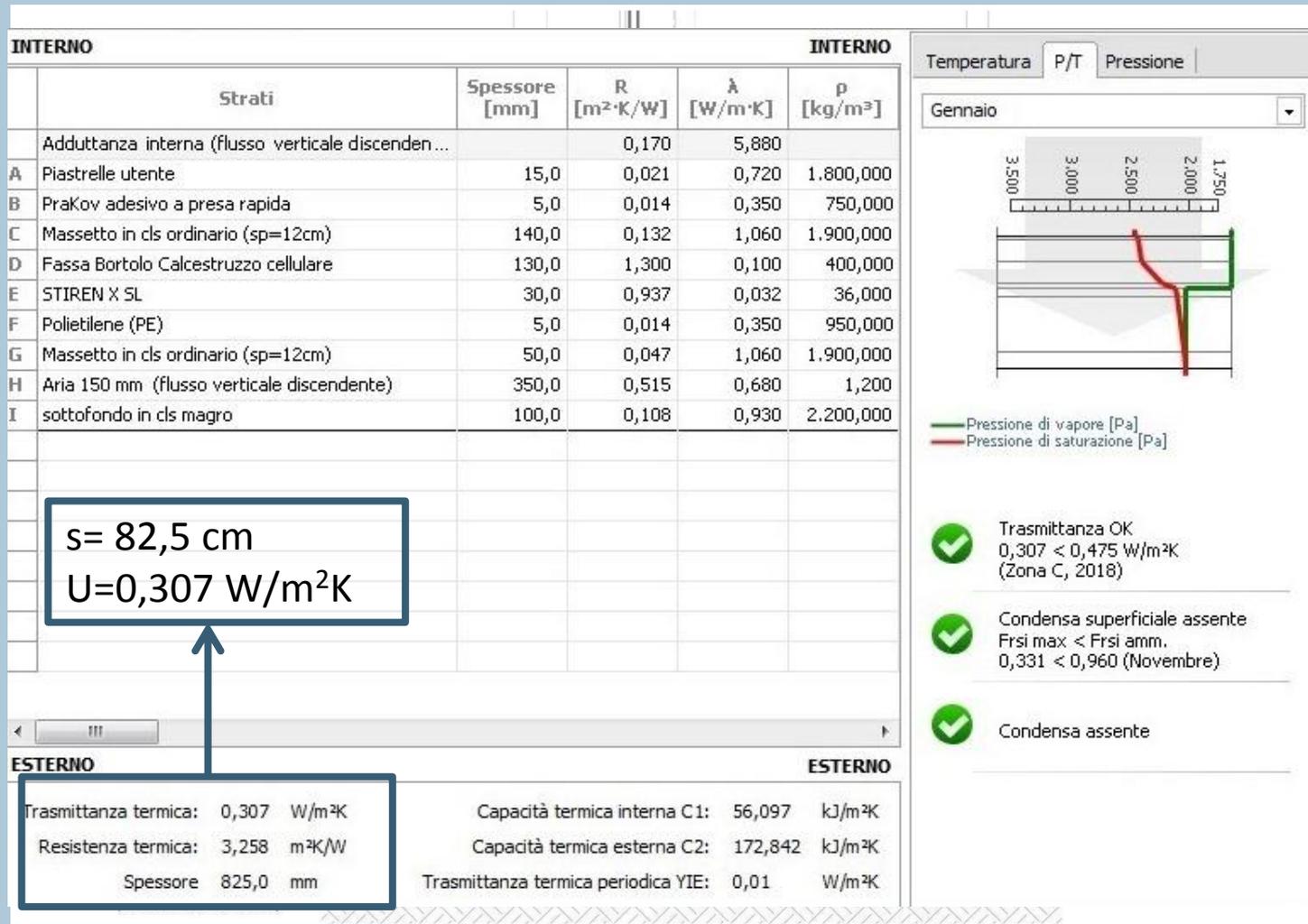
ESTERNO

interna C1:	44,073	kJ/m ² K
esterna C2:	22,481	kJ/m ² K
crio C3:	0,000	kJ/m ² K

Parete esterna con isolamento a cappotto s= 47cm

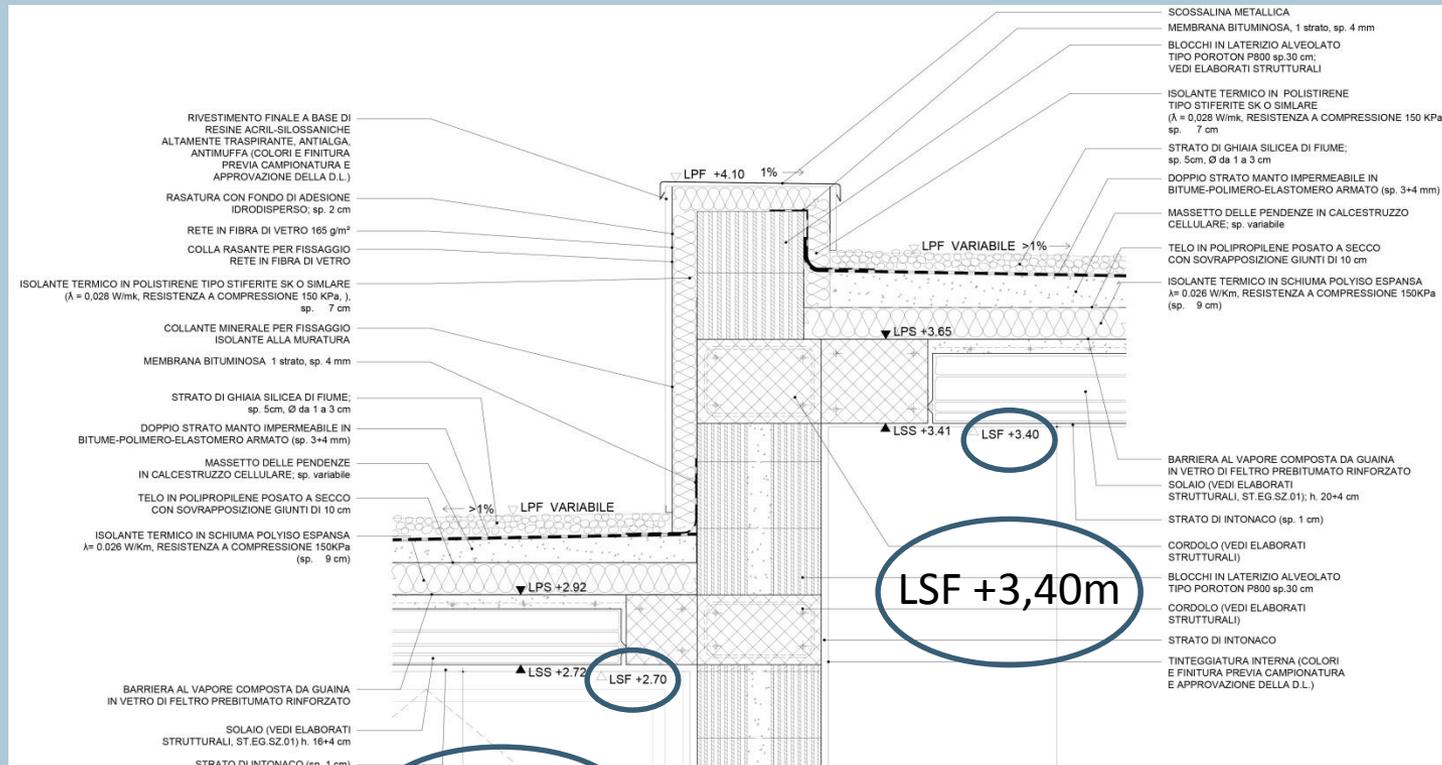
Parete esterna con isolamento a cappotto s= 42cm

Fondazioni e Chiusure orizzontali di base



Fondazione di tipo diretto su travi rovesce

Coperture



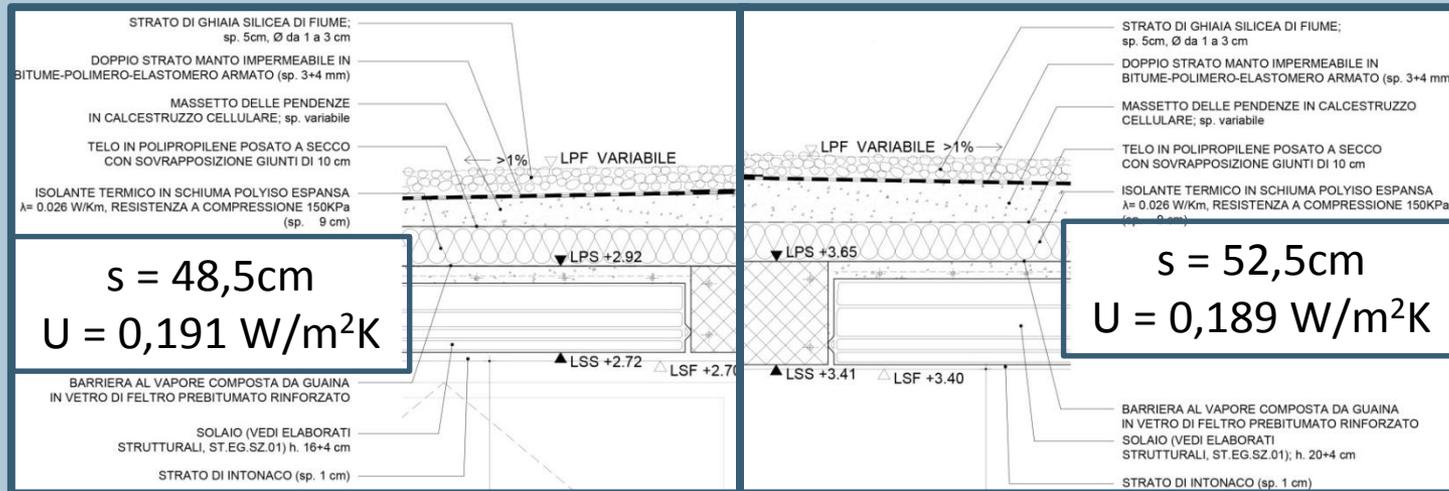
Copertura piana realizzata con solai in latero-cemento, a travetti e blocchi interposti.

Le aree adibite ad usi didattici e autorizzate dal liceo all'ora di copertura ad un coperto di impostato di 3,40m composta di 2,70m.

Coperture

Servizi

Aule



Trasmittanza OK
 $0,191 < 0,380\text{ W/m}^2\text{K}$
 (Zona C, 2017)



Condensa superficiale assente
 $\text{Fr}_{\text{si max}} < \text{Fr}_{\text{si amm.}}$
 $0,523 < 0,975$ (Novembre)



Condensa assente



Massa frontale
 $499 \geq 230\text{ kg/m}^2$
 Trasmittanza termica periodica
 $\text{YIE} = 0,01\text{ W/m}^2\text{K}$



Trasmittanza OK
 $0,189 < 0,380\text{ W/m}^2\text{K}$
 (Zona C, 2017)



Condensa superficiale assente
 $\text{Fr}_{\text{si max}} < \text{Fr}_{\text{si amm.}}$
 $0,523 < 0,975$ (Novembre)



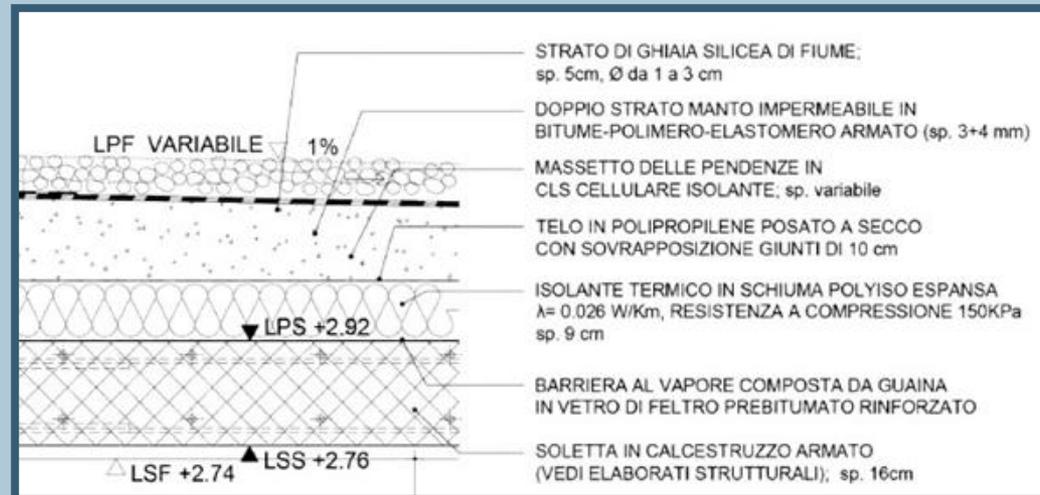
Condensa assente



Massa frontale
 $571 \geq 230\text{ kg/m}^2$
 Trasmittanza termica periodica
 $\text{YIE} = 0,01\text{ W/m}^2\text{K}$

Coperture

Corridoio



$$s = 48,5\text{cm}$$

$$U = 0,196 \text{ W/m}^2\text{K}$$



Trasmittanza OK
 $0,196 < 0,380 \text{ W/m}^2\text{K}$
 (Zona C, 2017)



Condensa superficiale assente
 $\text{Fr}_{\text{si max}} < \text{Fr}_{\text{si amm.}}$
 $0,523 < 0,974$ (Novembre)



Condensa assente



Massa frontale
 $525 \geq 230 \text{ kg/m}^2$
 Trasmittanza termica periodica
 $\text{YIE} = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$

Chiusure verticali vetrate



Chiusure verticali vetrate

Serramento singolo: VT_01_a [verso: Esterno]

Dati generali Geometria Vetro e telaio Apporti solari e chiusure Calcolo Dinamico Progetto estivo Documenti

Primo serramento Dati del secondo serramento >>

Forma

Larghezza cm Altezza cm

Spessori del telaio

Superiore cm Lato sx cm

Inferiore cm Lato dx cm

Divisioni

n° orizzontali Spessore cm

n° verticali Spessore cm

Area superficie vetro	Ag	5,110	m ²
Area telaio	Af	0,817	m ²
Lunghezza superficie vetrata	Lg	14,220	m
Area totale del serramento	Aw	5,927	m ²

Trasmittanza termica Uw W/m² K

Trasmittanza termica Uw, CORR W/m² K
compresa la chiusura

Trasmittanza verificata
1,440 < 2,600 W/m² K

Bisceglie - zona C - 2017

Trasmittanza termica Uw W/m² K Trasmittanza verificata
1,440 < 2,600 W/m² K

Trasmittanza termica Uw, CORR W/m² K

Bisceglie - zona C - 2017

Climatizzazione invernale

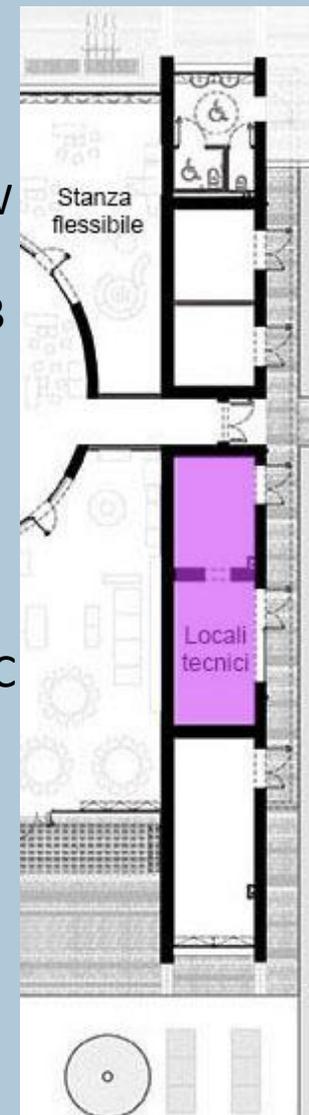
Pompa di Calore:

- Potenza termica utile 63kW
- COP : 3,73

Serbatoio di accumulo:

- capacità 300l
- Tmax di esercizio 60°C

Circolatori



Produzione di acqua calda sanitaria

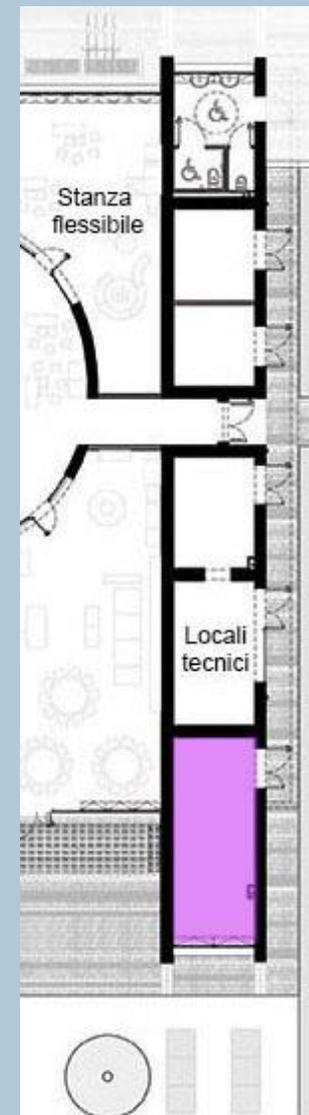


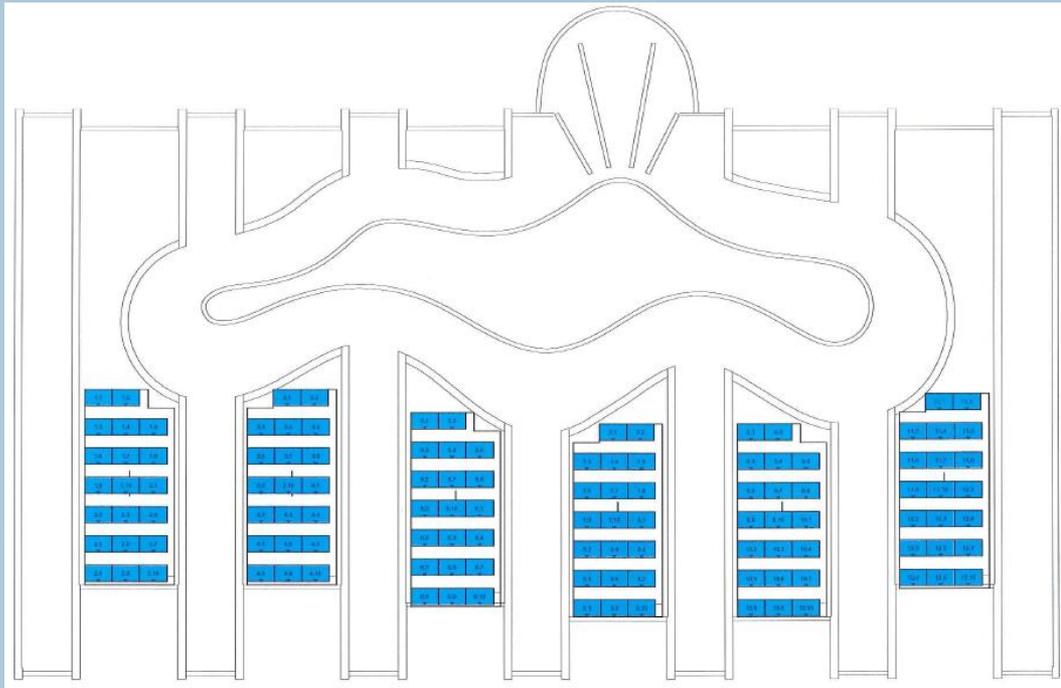
Pompa di Calore:
- Potenza termica utile 2kW
- COP : 3,49



Autoclave

Serbatoi per riserva
idrico potabile 1000l





Energia da Fonti Rinnovabili

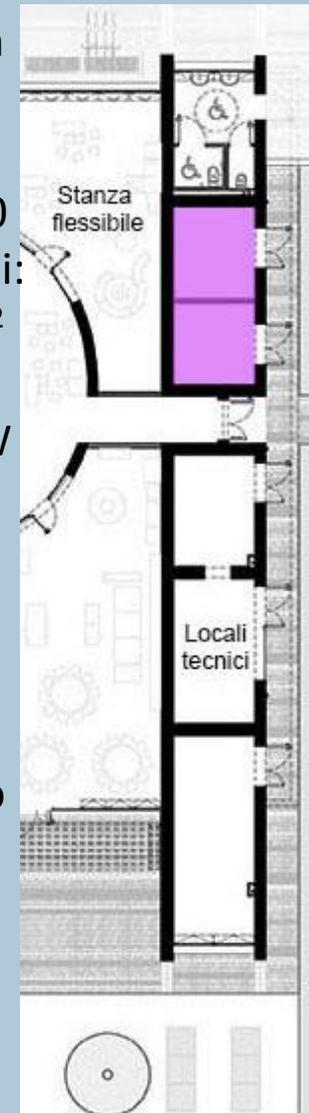
Pannelli fotovoltaici in silicio monocristallino

- n. Di pannelli: 120
- Superficie tot. Moduli: 187,44m²
- Potenza totale: 40,20kW



Batterie di accumulo
-capacità di accumulo 30 kW

Inverter

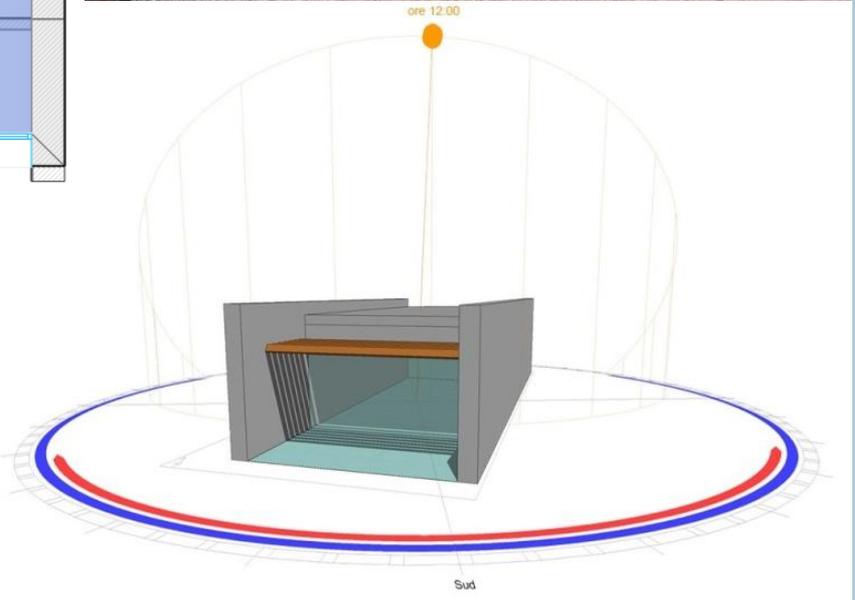
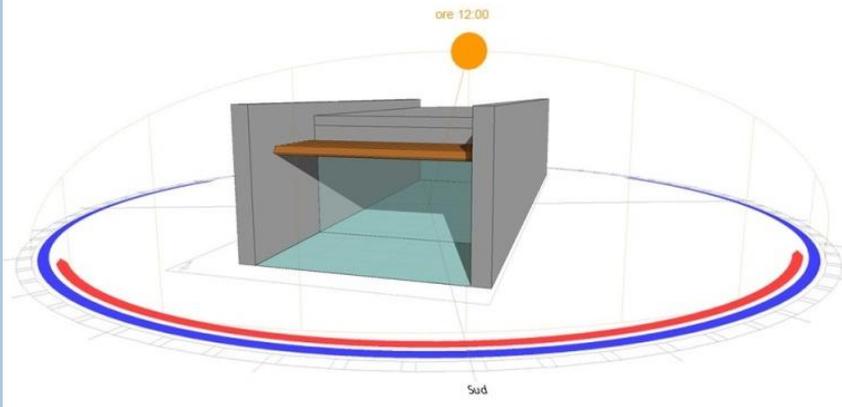
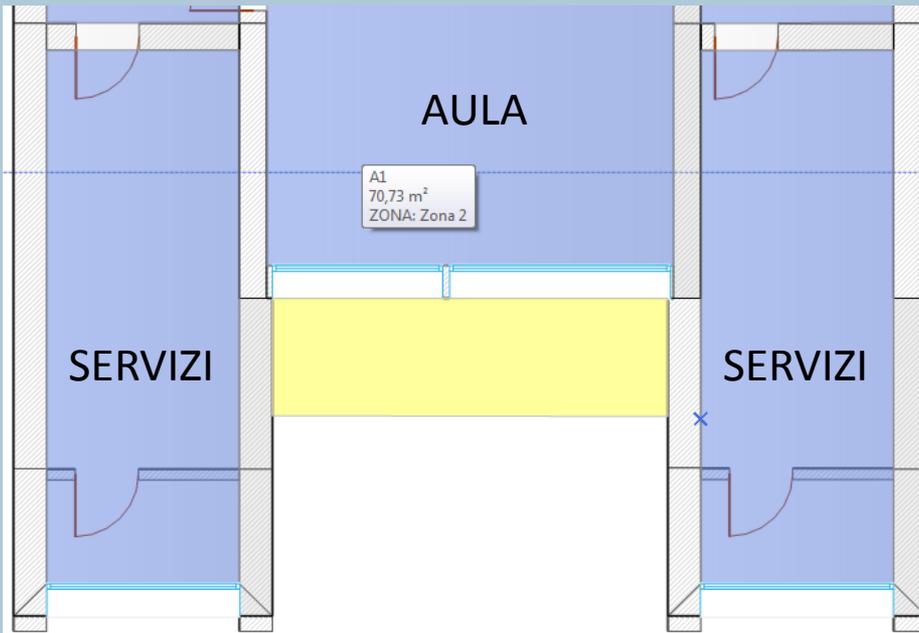


Illuminazione



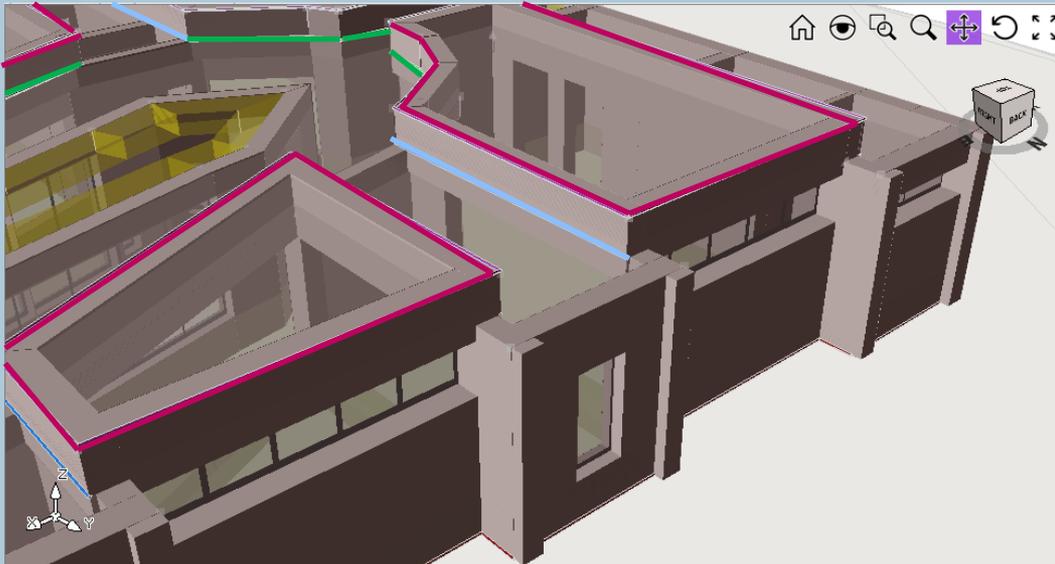
Edilizia scolastica nZEB. Il caso della scuola materna "Sandro Pertini"



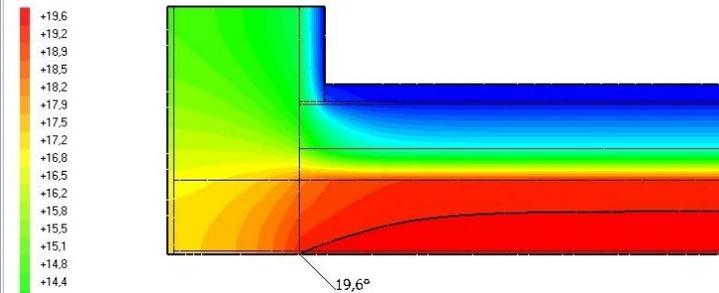


Ombreggiamento invernale

Ombreggiamento estivo



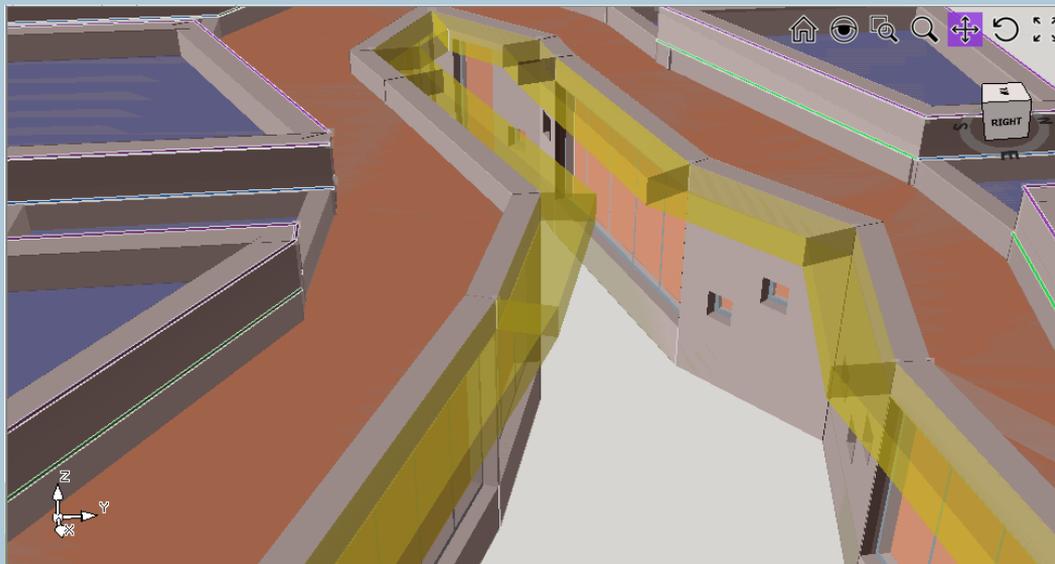
Temperatura T [°C]
Ponte termico copertura Servizi 08.09



Risultati

Risultati del calcolo

● Flusso Φ	4,250	[W]
● L2D	0,373	[W/mK]
● Ψ esterno	0,044	[W/mK]
● Ψ interno	0,067	[W/mK]
● N° triangoli	2.531	
● Δ % soluzioni	-0,06	[%]



Per ogni tipo di ponte termico si ricorrerà alla trasmittanza termica lineica esterna

$$\psi_e \text{ [W/mK]}$$

4. Risultati di calcolo

 Centralizzato	 Autonomo	 Assente	 Centralizzato	 Autonomo	 Assente	 Centralizzato	 Autonomo	 Assente	<input type="checkbox"/> OFF 	<input checked="" type="checkbox"/> ON 
Riscaldamento			Acqua calda sanitaria (ACS)			Raffrescamento			Servizio Ventilazione	Servizio Illuminazione

Fabbisogni di energia termica utile

	EPH,nd	39,57	kWh/m ²
	EPC,nd	19,75	kWh/m ²
	EPW,nd	6,46	kWh/m ²
	EPL,nd	18,21	kWh/m ²

Fabbisogni di energia primaria rinnovabile

	EPH,ren	38,11	kWh/m ²
	EPW,ren	7,18	kWh/m ²
	EPL,ren	15,7	kWh/m ²
	EPgl,ren	60,98	kWh/m ²

Fabbisogni di energia primaria non rinnovabile

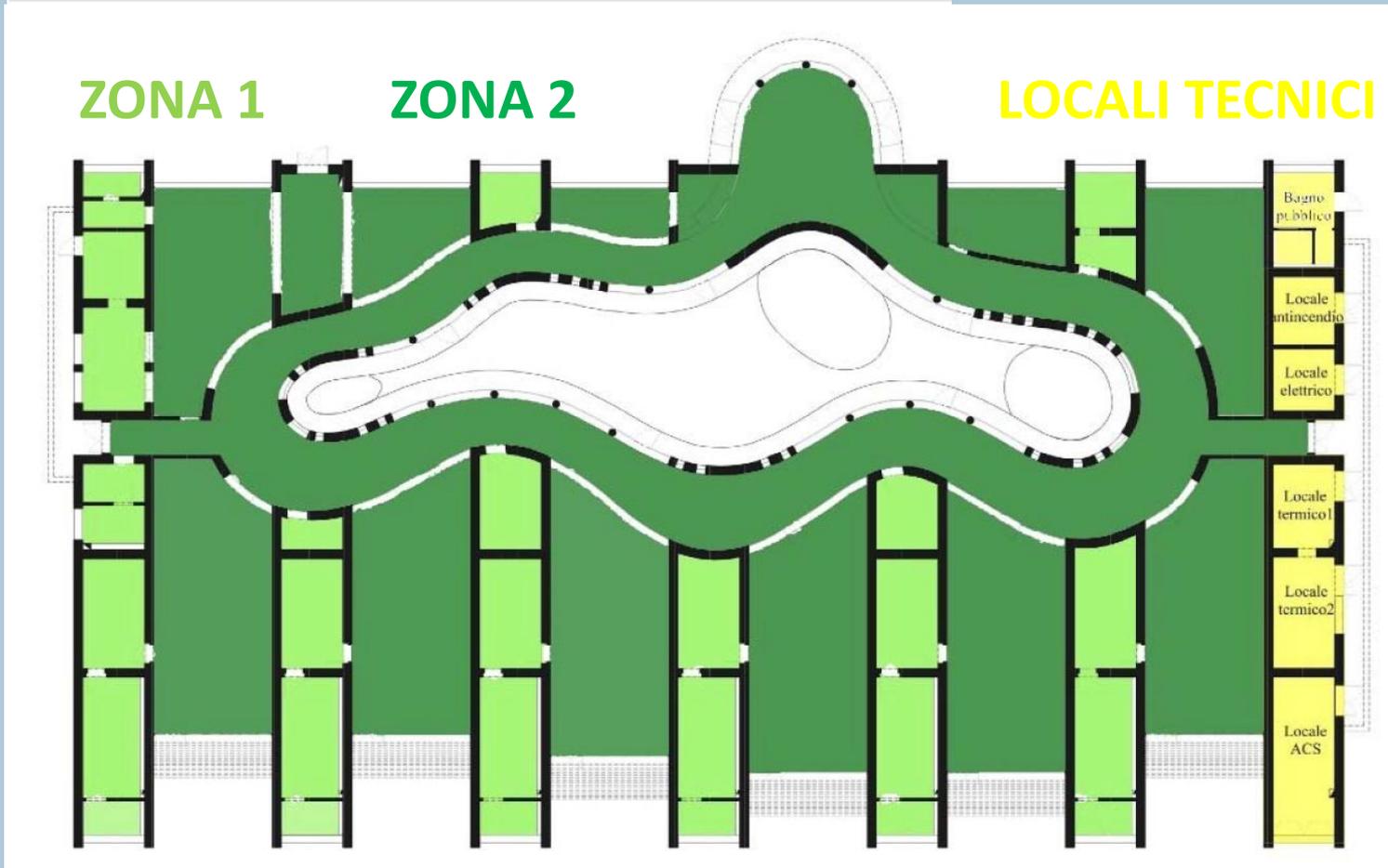
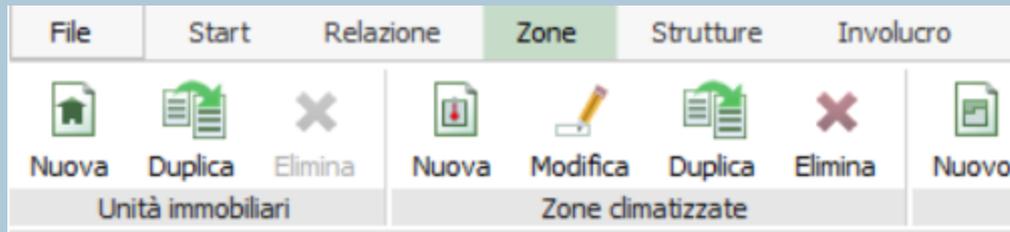
	EPH,nren	19,11	kWh/m ²
	EPW,nren	1,02	kWh/m ²
	EPL,ren	9,37	kWh/m ²
	EPgl,nren	29,5	kWh/m ²

Il metodo di calcolo dinamico orario rappresenta in modo realistico ed affidabile le condizioni di comfort e consumo in caso di progetto o diagnosi energetica.

La norma UNI EN ISO 52016 definisce come calcolare il bilancio energetico dell'involucro dell'edificio ora per ora e permette di ottenere l'andamento delle temperature interne (operante, radiante e dell'aria) e il carico termico richiesto all'impianto, mediante lo stesso modello energetico dell'analisi stazionaria mensile.

Obiettivo principale è quello di determinare il carico sensibile di riscaldamento e raffrescamento, valutare la temperatura interna invernale ed estiva e calcolare il fabbisogno di energia per riscaldamento e raffrescamento degli ambienti

Zona 1 e Zona 2



Zona 1 e Zona 2

Nelle Zone termiche sono stati applicati i seguenti **profili d'uso**:

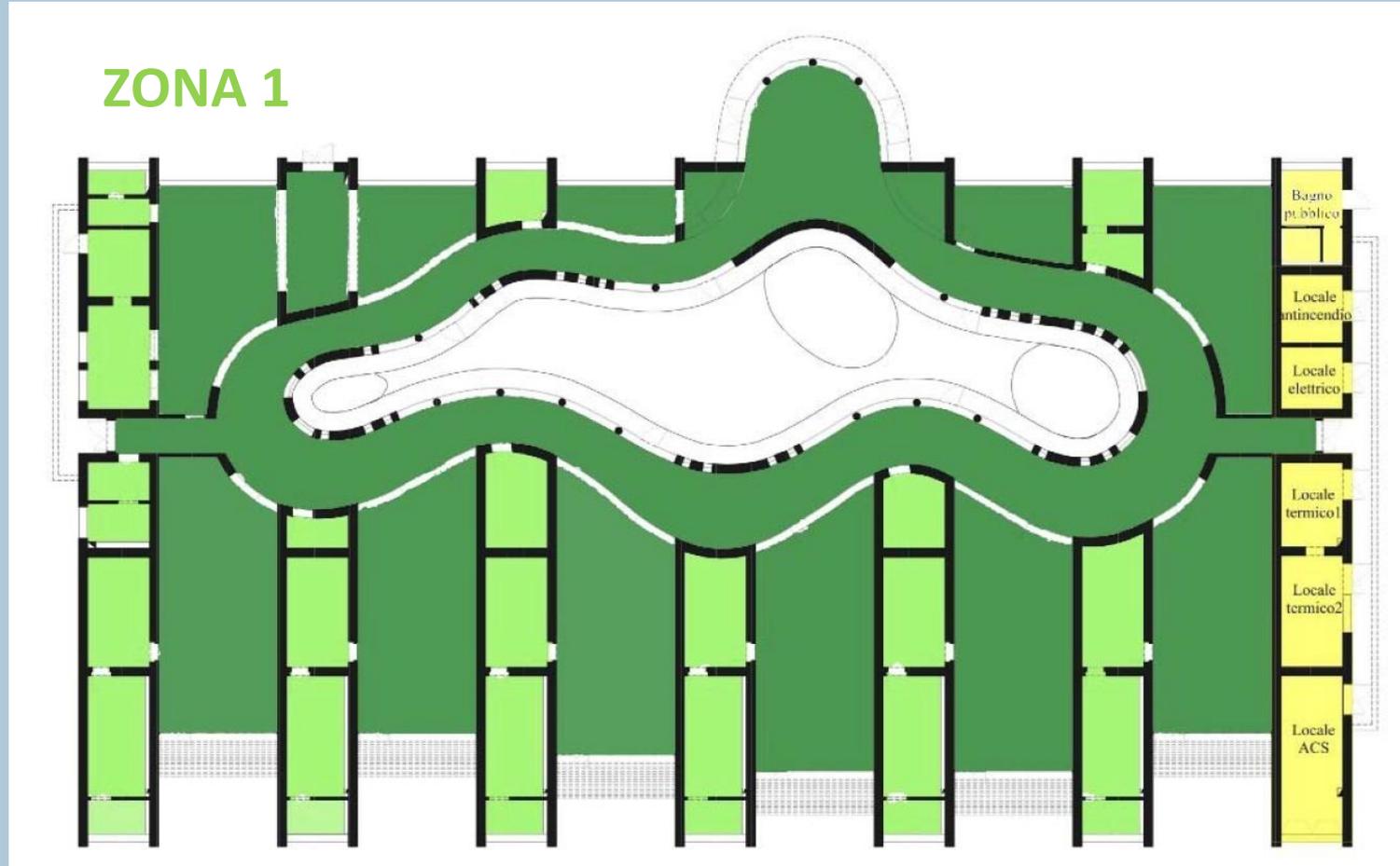
Periodo di riscaldamento (1 gennaio – 31 marzo; 15 novembre – 31 dicembre):

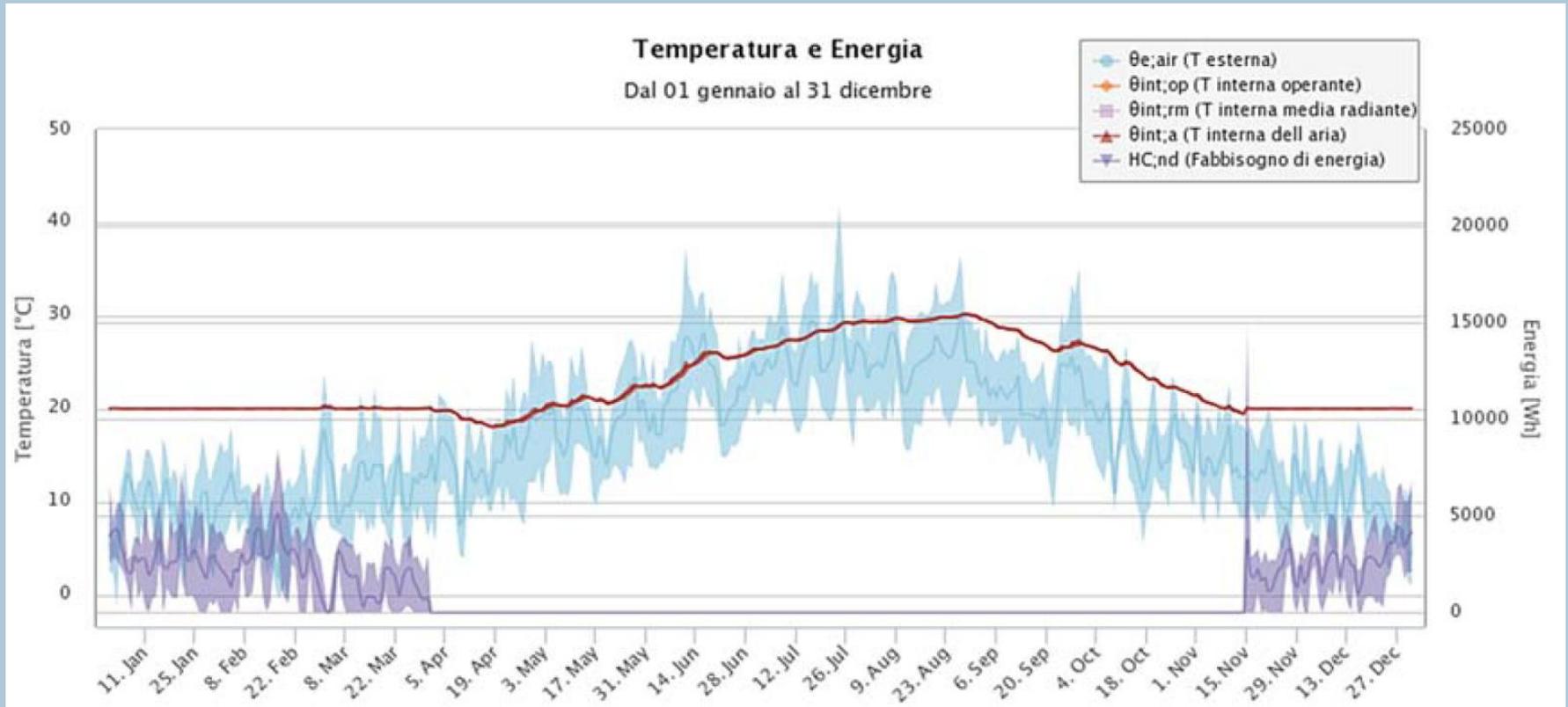
- Temperatura: set point di 20°C per tutto il periodo;
- Ventilazione: 0,5 vol/h nelle ore scolastiche;
0,05 vol/h nelle ore di chiusura della scuola;
- Carico termico: Zona 1 → 80 persone (10080 W);
Zona 2 → 100 persone (12600 W);
- Produzione di vapore: 8,1 kg nelle ore scolastiche;
1,2 kg nelle ore di chiusura della scuola;

Zona 1 e Zona 2

Periodo di raffrescamento (1 aprile – 30 giugno; 1 settembre – 14 novembre):

- Temperatura: libera;
- Ventilazione: 2 vol/h nelle ore scolastiche;
0,05 vol/h nelle ore di chiusura della scuola;
- Carico termico: Zona 1 → 80 persone (10080 W);
Zona 2 → 100 persone (12600 W);
- Produzione di vapore: 8,1 kg nelle ore scolastiche;
1,2 kg nelle ore di chiusura della scuola;

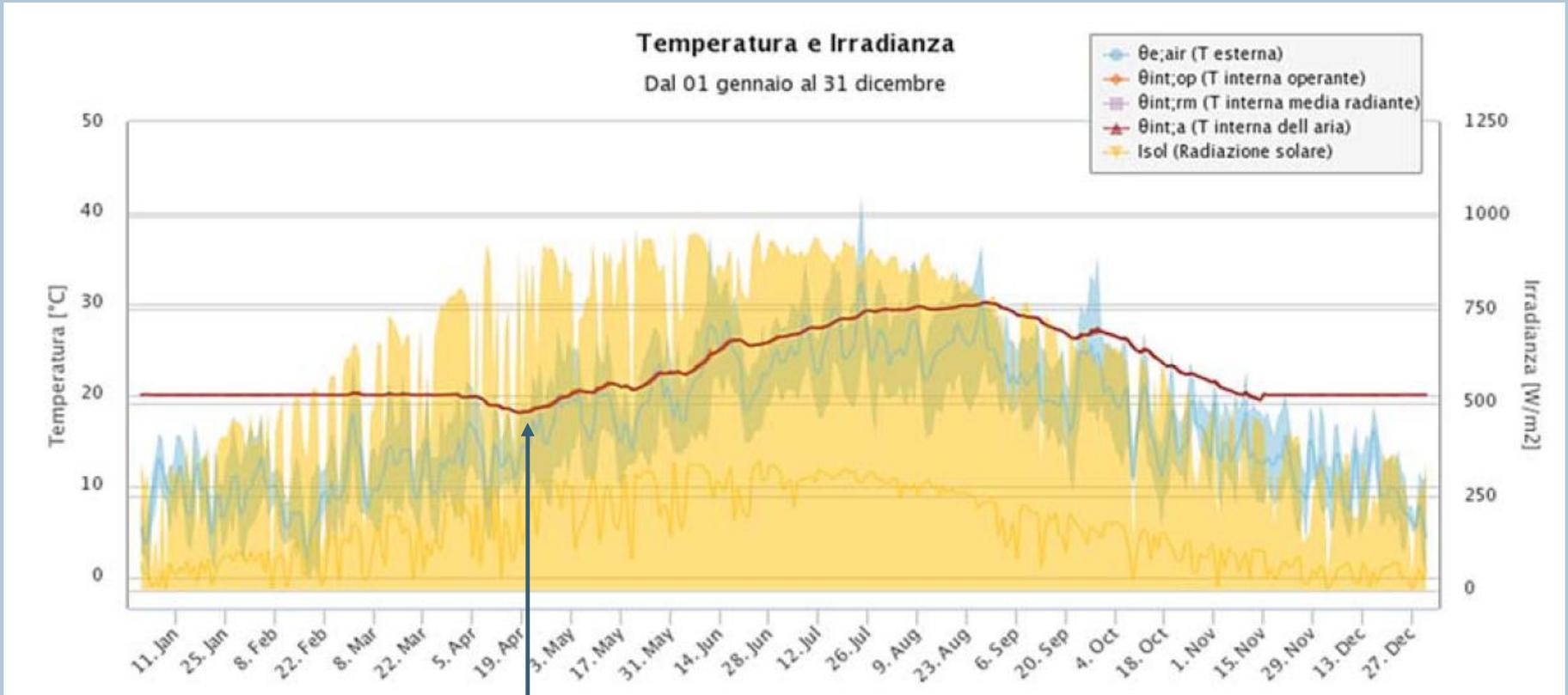




Temperatura interna dell'aria

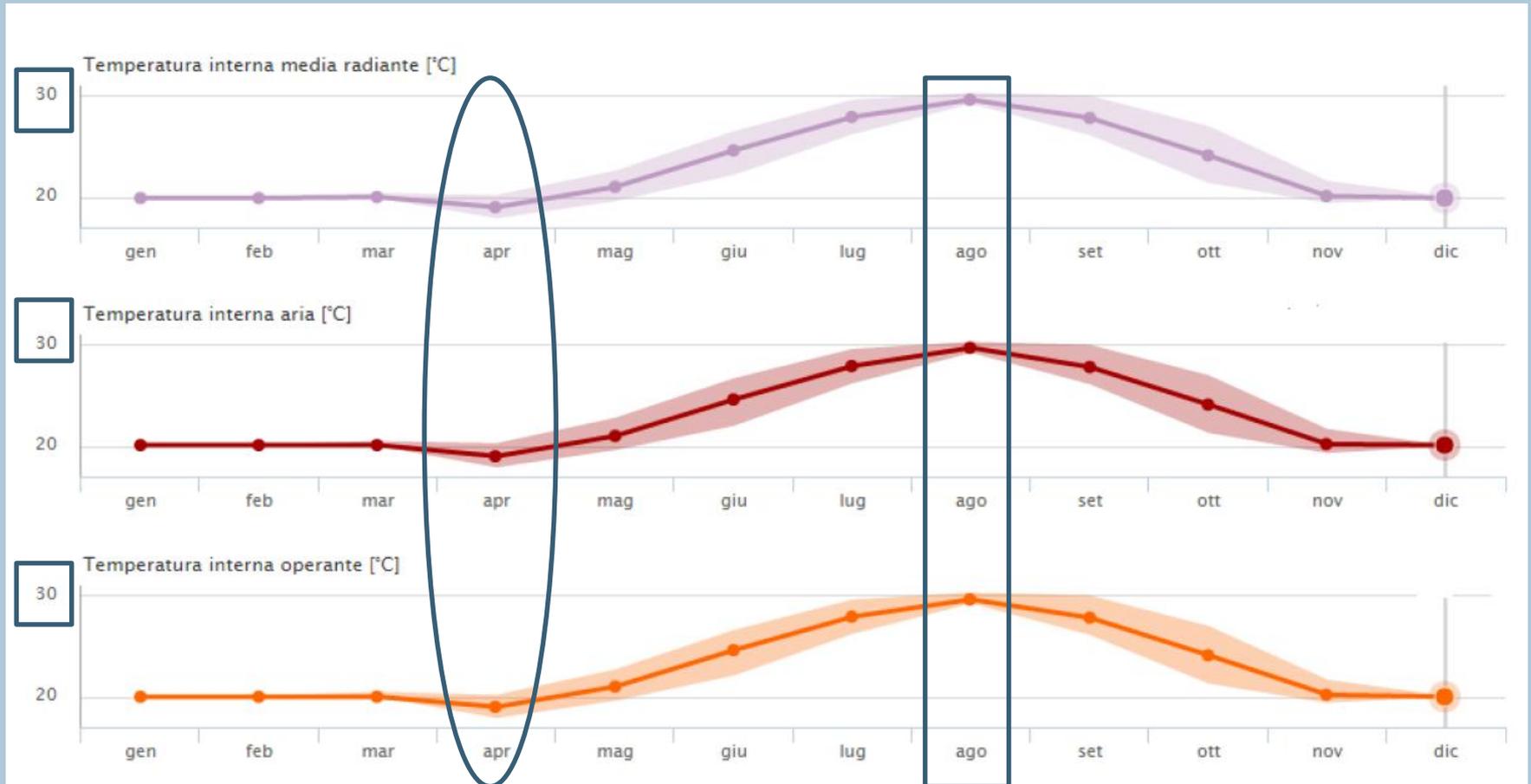
Temperatura esterna dell'aria

Fabbisogno di energia

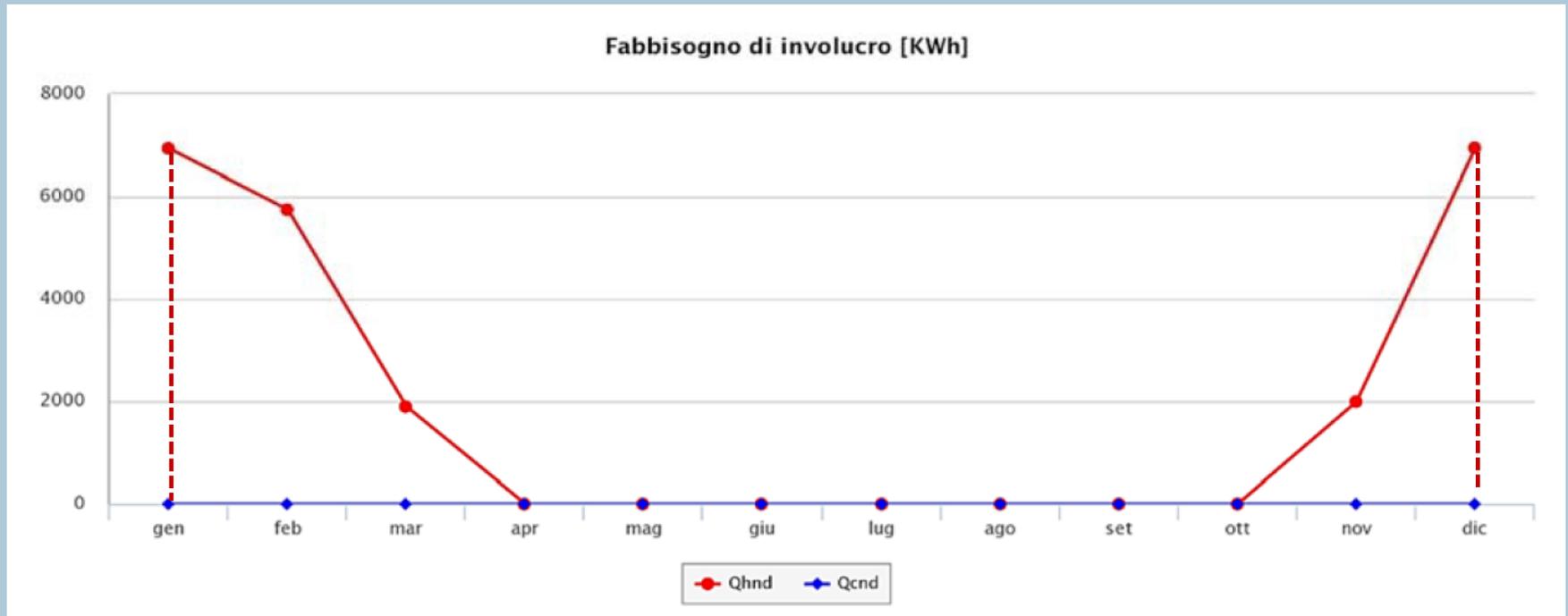


▼ Irradianza [W/m²]

Zona 1



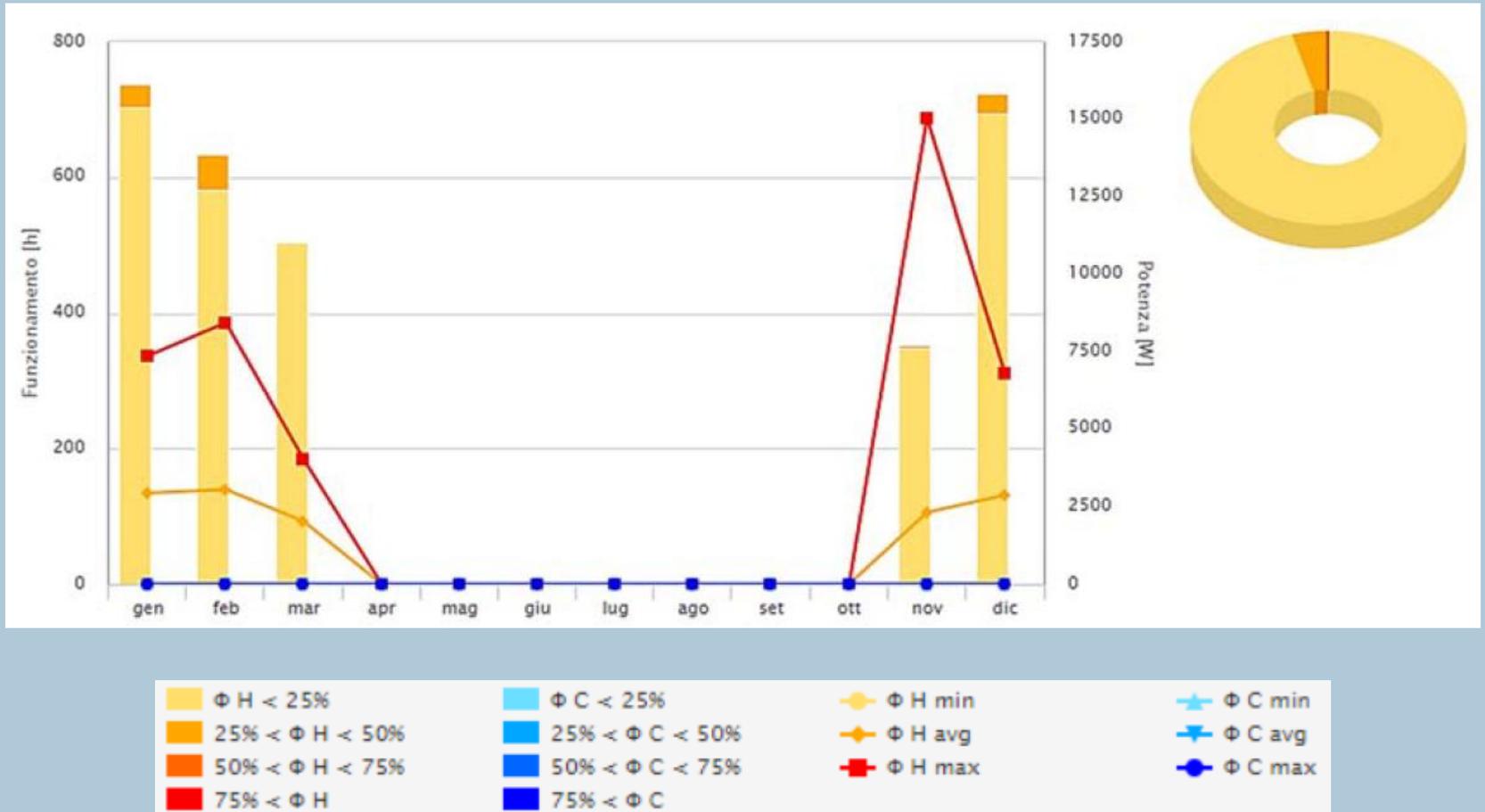
Zona 1

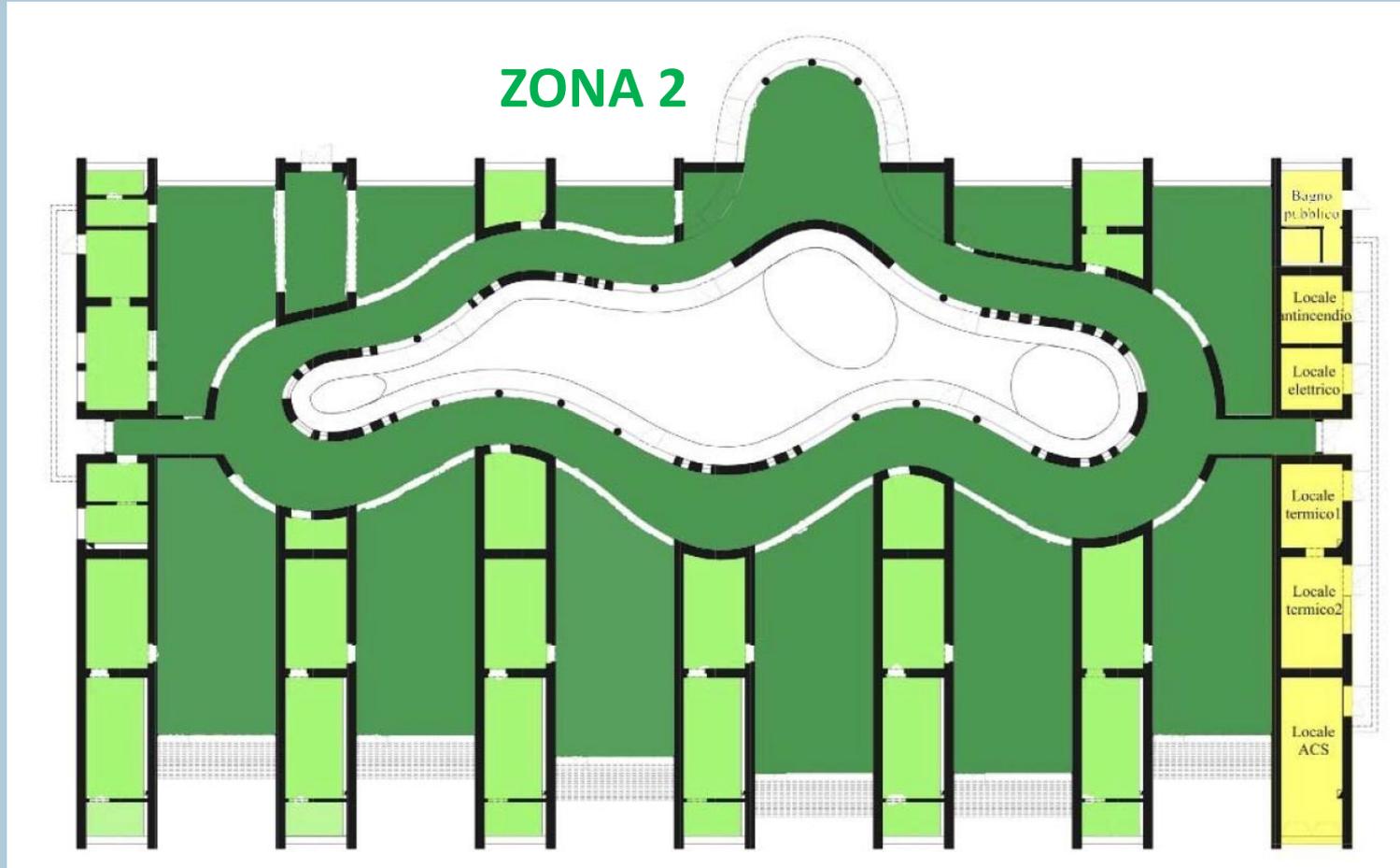


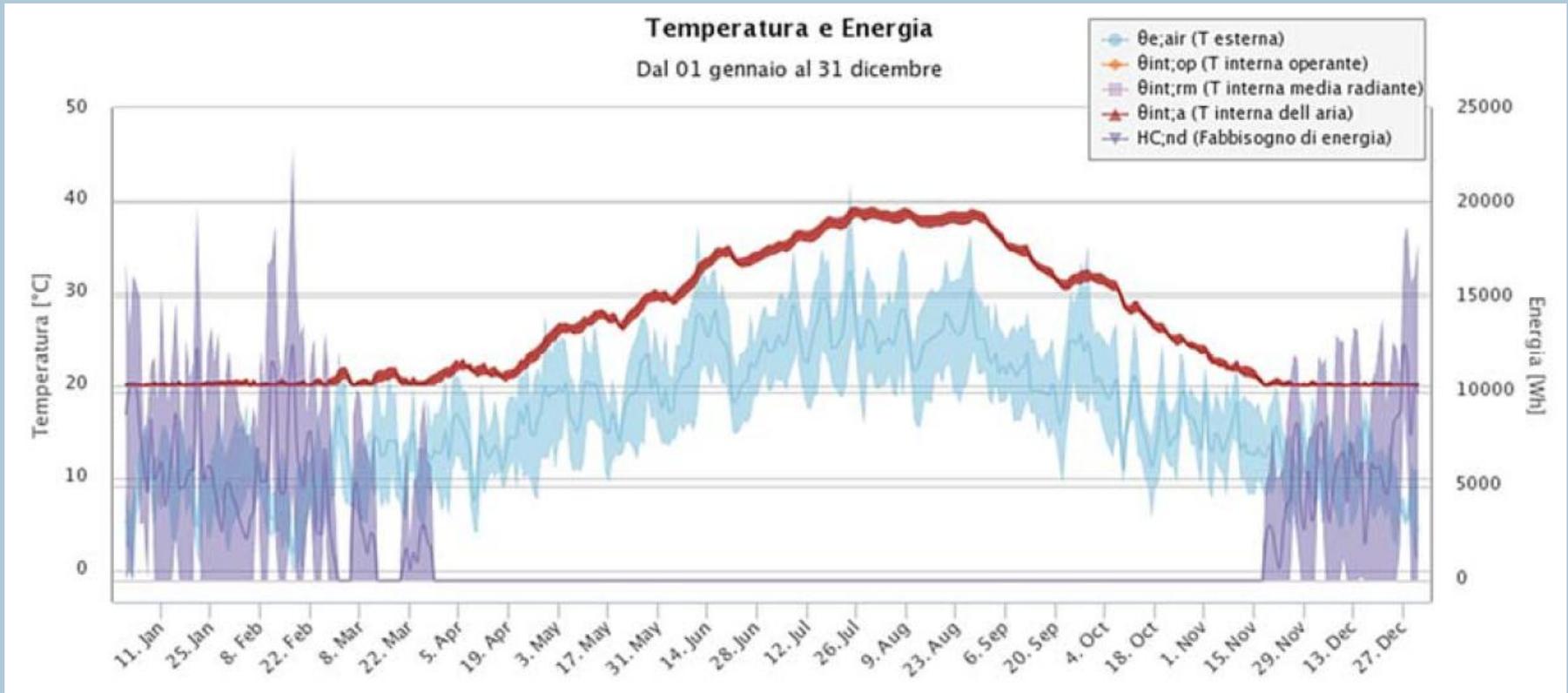
—●— Fabbisogno di energia di involucro - Riscaldamento [kWh]

—●— Fabbisogno di energia di involucro - Riscaldamento [kWh]

Potenza e tempo di funzionamento impianto



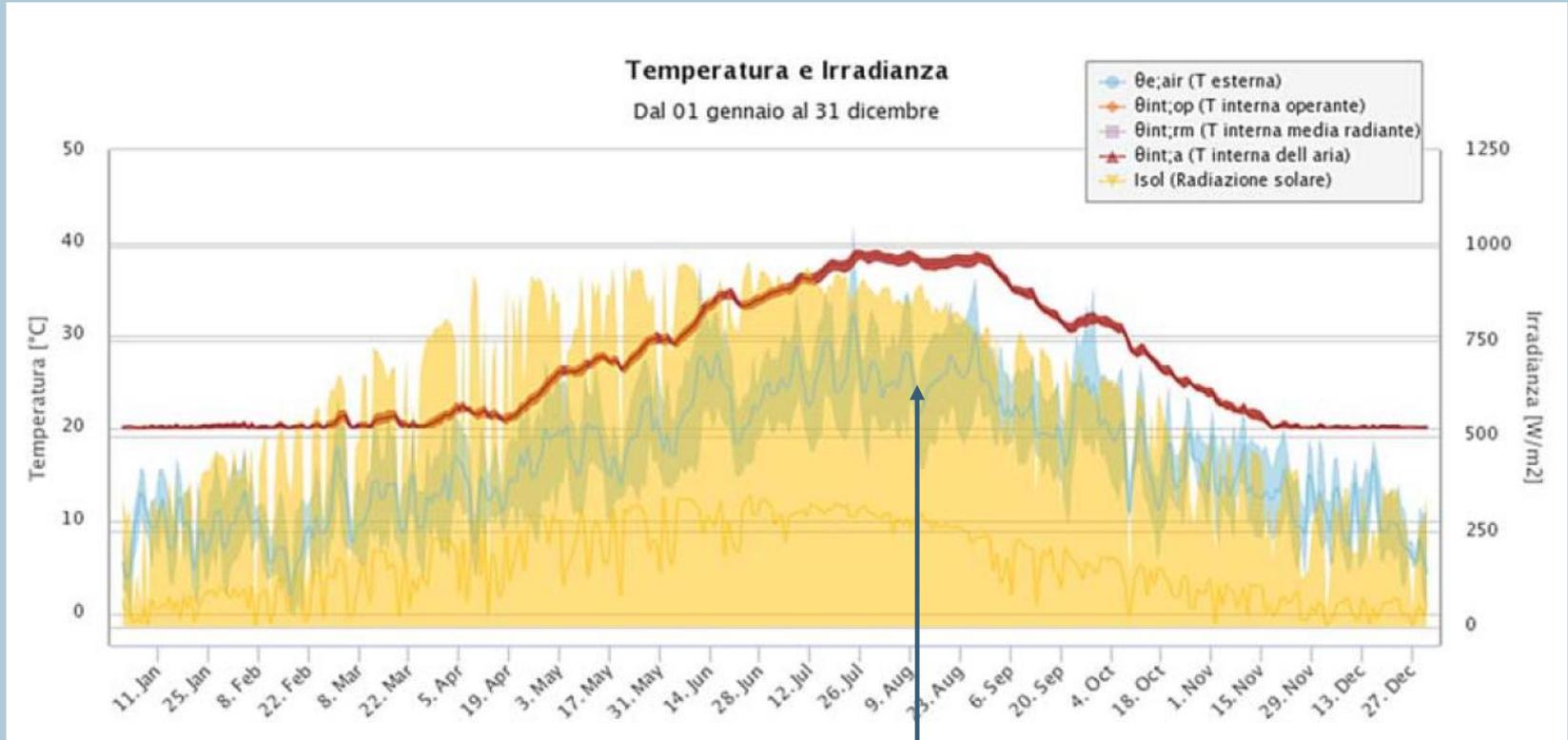




Temperatura interna dell'aria

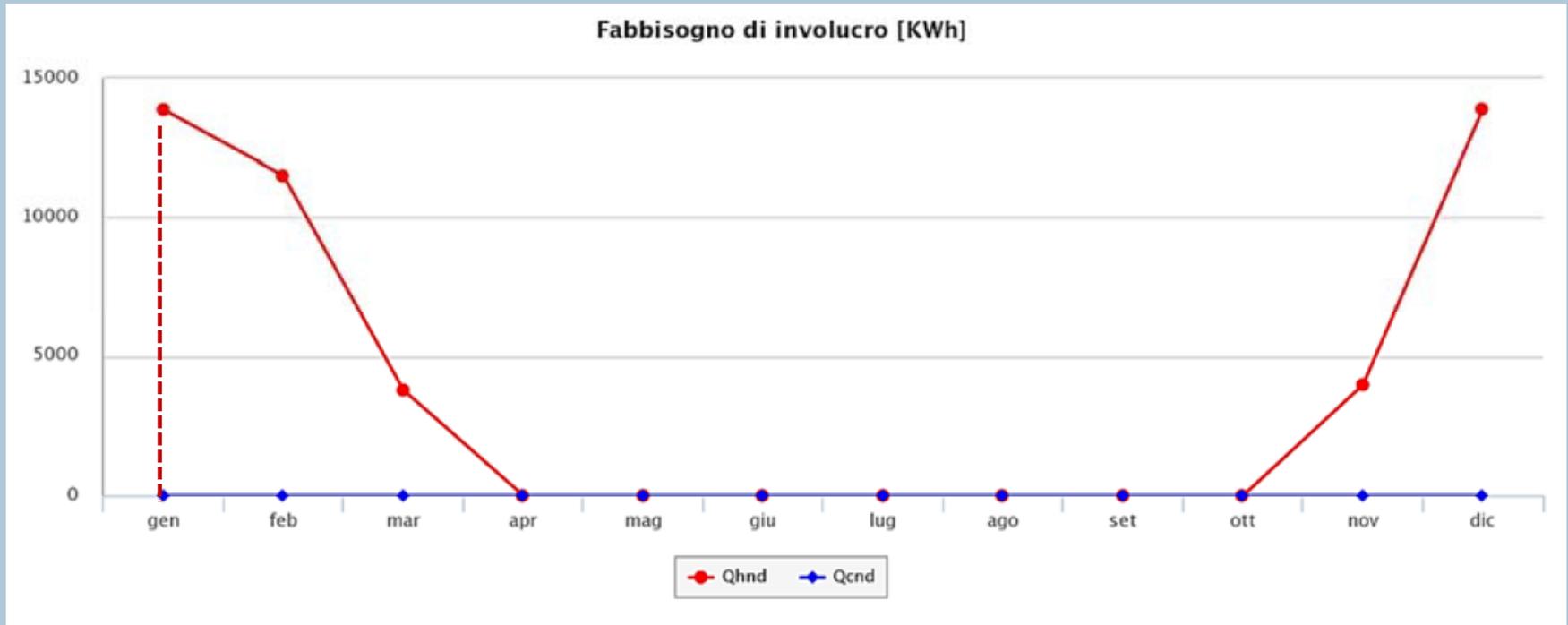
Temperatura esterna dell'aria

Fabbisogno di energia



—▼ Irradianza [W/m²]

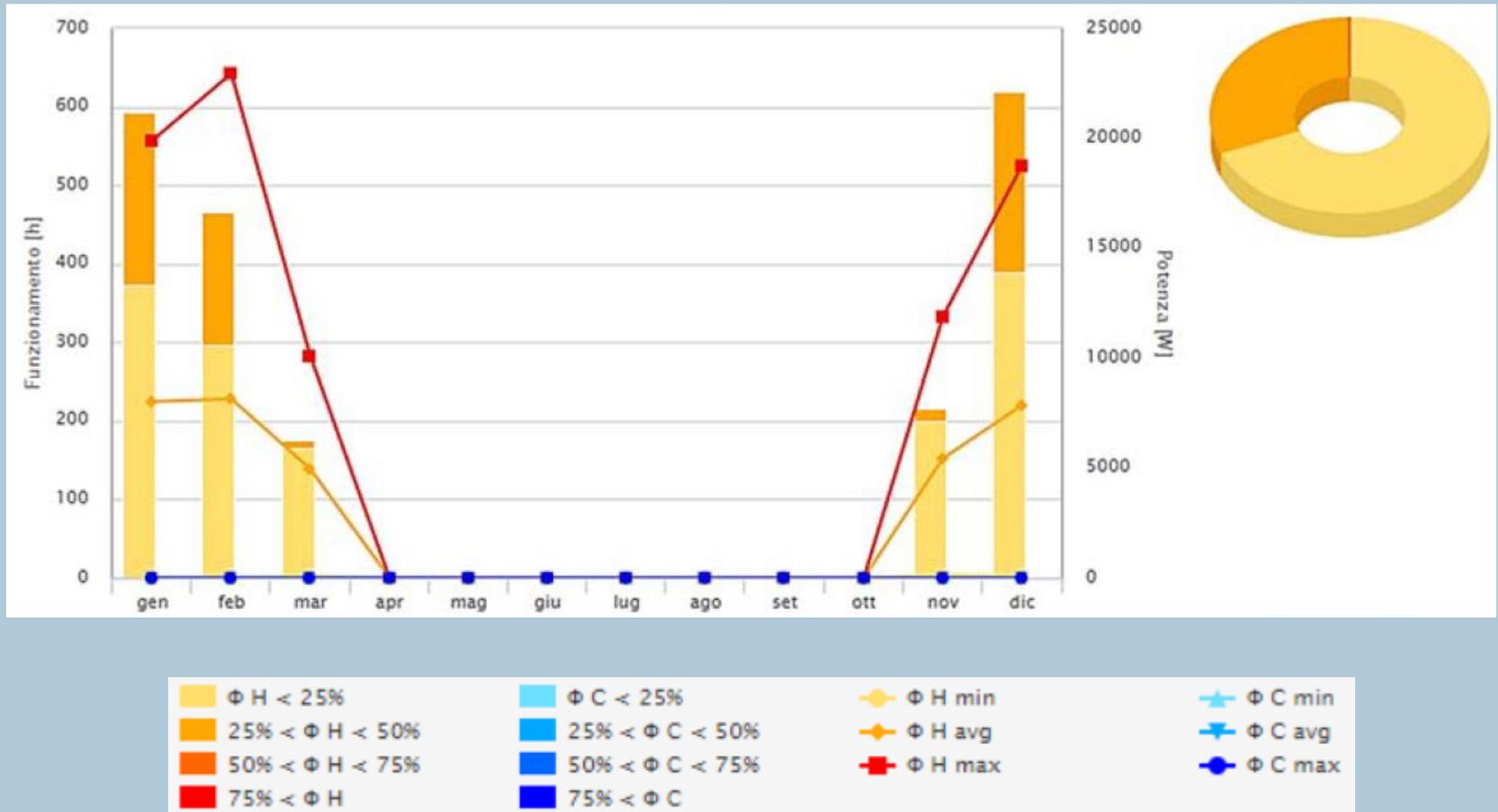
Zona 2



—●— Fabbisogno di energia di involucro - Riscaldamento [kWh]

—●— Fabbisogno di energia di involucro - Riscaldamento [kWh]

Potenza e tempo di funzionamento impianto



Verifiche di legge secondo Normativa NAZIONALE: L.90/2013 – D.M. Requisiti Minimi

Valori limite di riferimento: Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90 - anno 2021

Tipo di intervento: Nuova costruzione o demolizione e ricostruzione - NZEB

ESITO DELLE VERIFICHE		
	Esito	Verificato
Condensa superficiale e interstiziale	26 / 26	SI
Inerzia termica	10 / 10	SI
Trasmittanza partizioni interne	N.C.	-
Coefficiente medio globale di scambio termico H'T	1 / 1	SI
Area solare estiva equivalente per unita di superficie utile	1 / 1	SI
Indice di prestazione termica	2 / 2	SI
Efficienza media stagionale	2 / 2	SI
Indice di prestazione globale	1 / 1	SI
Prestazioni limite D.Lgs 28/2011 con fonti rinnovabili	4 / 4	SI
		VERIFICATO NZEB

INVOLUCRO

- $H'_T < H'_{T, LIMITE}$ [kWh/m²]
- $A_{SOL, EST} / A_{SUP UTILE} \leq (A_{SOL, EST} / A_{SUP UTILE})_{LIMITE}$



IMPIANTI

- $\eta_H > \eta_{H, LIMITE}$
- $\eta_W > \eta_{W, LIMITE}$



ENERGIA

- $EP_{H, nd} < EP_{H, lim}$ [kWh/m²]
- $EP_{C, nd} < EP_{C, lim}$ [kWh/m²]
- $EP_{gl, tot} < EP_{gl, tot, lim}$ [kWh/m²]



FER

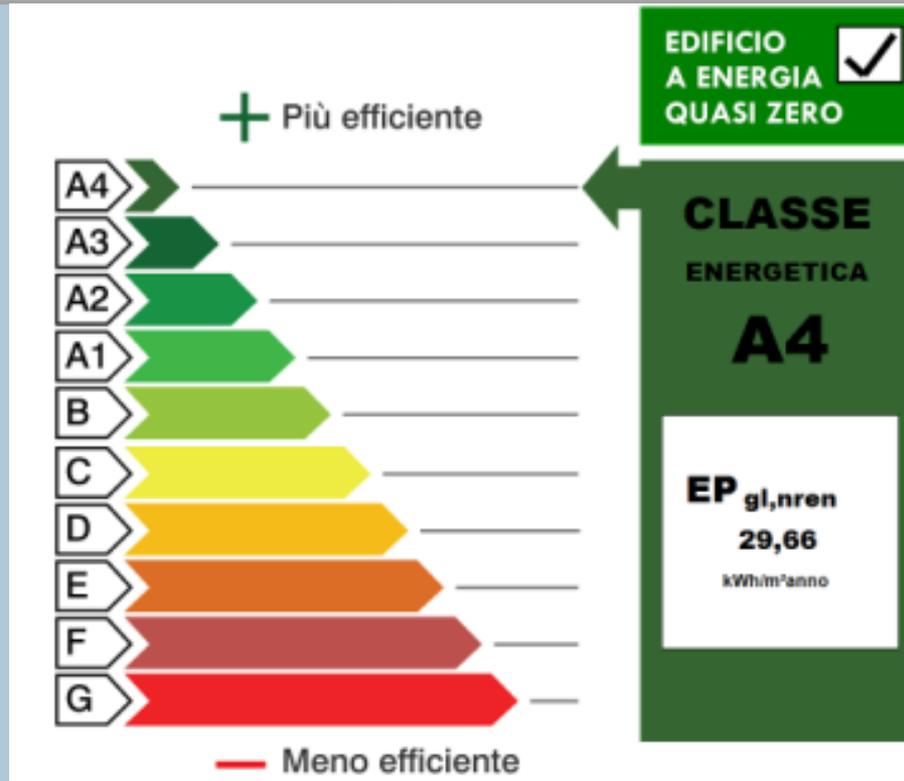
- Copertura % per la produzione di ACS da FR
- Copertura % complessiva



5. Certificazione energetica

Fabbisogni di energia primaria

EPH,nren	19,42 kWh/m ²
EPW,nren	1,02 kWh/m ²
EPL,nren	9,22 kWh/m ²
EPgl,nren	29,66 kWh/m²



5. Certificazione energetica



ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI



DATI GENERALI

Destinazione d'uso

- Residenziale
- Non residenziale

Classificazione D.P.R. 412/93: E.7

Oggetto dell'attestato

- Intero edificio
- Unità immobiliare
- Gruppo di unità immobiliari

Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: 1

- Nuova costruzione
- Passaggio di proprietà
- Locazione
- Ristrutturazione importante
- Riqualificazione energetica
- Altro: _____

Dati identificativi

Regione: Puglia
 Comune: Bisceglie (BT)
 Indirizzo: piazza Hackert
 Piano: 1
 Interno:
 Coordinate GIS: 4565610, 626862

Zona climatica: C
 Anno di costruzione: 2017
 Superficie utile riscaldata: 1.217,4 m²
 Superficie utile raffrescata: 0,0 m²
 V lordo riscaldato: 6.140,0 m³
 V lordo raffrescato: 0,0 m³

Comune catastale			A883				Sezione		-		Foglio		-		Particella		-	
Subalterni	da	-	a	-	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a
Altri subalterni																		

5. Conclusioni

Riconoscimenti:

-ShortListed del 2010 del World Architecture News Awards (**WAN Awards**) nella categoria Education - Future Projects;

-ShortListed del 2016 del **LEAF Awards** (Leading European Architecture Forum);

-ShortListed del 2018 del LEAF nella categoria Best Regenerative Impact;

-10 Best Practices italiane da Legambiente.



LEGAMBIENTE

5. Conclusioni

Ottenere edifici ad alte prestazioni energetiche è possibile solo se vengono applicate raffinate strategie progettuali.

La scuola d'infanzia "Sandro Pertini", dimostra che è possibile realizzare un edificio performante, senza dover sostenere costi di costruzione e manutenzione eccessivi.

Infatti il costo a m² si aggira intorno ai 900€, compresi di arredi interni.

Si ricorda che il consumo complessivo attuale a livello nazionale di un edificio scolastico , inteso come consumo medio annuo è circa di 100 kWh/m²anno, a differenza dei 29,66 kWh/m² a ottenuti per il nostro caso di studio nZEB.

Grazie per l'attenzione