



Ricerca di Sistema elettrico

Riqualificazione energetica degli edifici pubblici
esistenti: direzione nZEB
Studio dell'edificio scolastico di riferimento nel Nord
Italia (zona climatica E: $2.100 < GG \leq 3.000$)

V. Corrado, I. Ballarini, S. Paduos, L. Tulipano, P. Signoretti



RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI PUBBLICI ESISTENTI: DIREZIONE NZEB
STUDIO DELL'EDIFICIO SCOLASTICO DI RIFERIMENTO NEL NORD ITALIA (ZONA CLIMATICA E: $2.100 < GG \leq 3.000$)

V. Corrado, I. Ballarini, S. Paduos, L. Tulipano - Politecnico di Torino
P. Signoretti – ENEA

Settembre 2016

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2015

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto: Edifici a energia quasi zero (nZEB), Studi sulla riqualificazione energetica del parco esistente di edifici pubblici

Obiettivo: Studio dell'edificio scolastico di riferimento nella zona climatica Nord Italia (zona E: $2.100 < GG \leq 3.000$)

Responsabile del Progetto: ing. Luciano Terrinoni, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione *“Riqualificazione energetica degli edifici pubblici esistenti: direzione nZEB -Studio dell'edificio scolastico di riferimento nella zona climatica Nord Italia (zona E: $2.100 < GG < 3.000$)”*

Responsabile scientifico ENEA: Paolo Signoretti.

Responsabile scientifico Politecnico di Torino: Vincenzo Corrado

Indice

SOMMARIO.....	5
1 INTRODUZIONE	8
2 TIPOLOGIA EDILIZIA AD USO SCOLASTICO	10
2.1 ANALISI DELLA LETTERATURA	10
2.2 INDIVIDUAZIONE DEL CASO STUDIO	14
3 DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA DI CALCOLO	16
3.1 CARATTERISTICHE GENERALI DELLA PROCEDURA.....	16
3.2 ASSUNZIONI GENERALI DI CALCOLO	23
4 ANALISI DEL CASO STUDIO ALLO STATO DI FATTO	25
4.1 CARATTERIZZAZIONE DELL'EDIFICIO	25
4.1.1 <i>Contesto esterno</i>	25
4.1.2 <i>Fabbricato</i>	29
4.1.3 <i>Impianti</i>	34
4.1.4 <i>Utenza</i>	37
4.1.5 <i>Consumi energetici</i>	39
4.2 COSTRUZIONE DEL MODELLO	42
4.2.1 <i>Profili di occupazione</i>	42
4.2.2 <i>Gestione degli impianti</i>	49
4.2.3 <i>Definizione delle zone termiche</i>	52
4.2.4 <i>Ombreggiamenti, esposizione, schermature e chiusure oscuranti</i>	55
4.2.5 <i>Dispersioni verso terreno e locali non riscaldati</i>	61
4.2.6 <i>Capacità termica</i>	62
4.2.7 <i>Ventilazione</i>	64
4.2.8 <i>Apporti termici interni</i>	78
4.2.9 <i>Parametri impiantistici</i>	92
4.3 VALUTAZIONI ENERGETICHE.....	97
4.3.1 <i>Valutazione d'esercizio (operational rating)</i>	97
4.3.2 <i>Valutazione adattata all'utenza (tailored rating)</i>	98
4.3.3 <i>Calibrazione del modello</i>	99
4.3.4 <i>Valutazione adattata all'utenza calibrata (calibrated tailored rating) con dati climatici standard</i>	104
4.3.5 <i>Valutazione standard, verifica dei requisiti e classificazione energetica</i>	106
5 ANALISI DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE	110
5.1 DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI	110
5.2 SOLUZIONI TECNOLOGICHE E COSTI	111
5.3 VALUTAZIONI ENERGETICHE, AMBIENTALI ED ECONOMICHE.....	114
5.3.1 <i>Cost optimality</i>	114
5.3.2 <i>Soluzioni conformi al D.M. 26 giugno 2015</i>	118
5.3.3 <i>Soluzioni nZEB</i>	121
5.3.4 <i>Confronto delle soluzioni tecnologiche proposte</i>	129
5.4 ANALISI DI SENSIBILITÀ	133
6 CONCLUSIONI.....	136
7 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	137
APPENDICE A. CONFRONTO TRA SEAS 3.0 E UNI/TS 11300	140
ALLEGATO A. RELAZIONE TECNICA, PROVINCIA DI TORINO	165
ALLEGATO B. ELABORATI PROGETTUALI	195

ALLEGATO C.	DOCUMENTAZIONE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO E VENTILAZIONE MECCANICA.....	201
ALLEGATO D.	APPARECCHIATURE ELETTRICHE E DISPOSITIVI DI ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE	218
ALLEGATO E.	INFORMAZIONI RELATIVE ALL'UTENZA E ALL'OCCUPAZIONE	225

Sommario

La presente attività si riferisce all'Accordo di Programma stipulato fra il Ministero dello Sviluppo Economico ed ENEA nell'anno 2016 riguardante il Piano Annuale di Realizzazione 2015, area D "Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici", tema di ricerca "D.2 Edifici a energia quasi zero (nZEB)", progetto D.2.1 "Studi sulla riqualificazione energetica del parco esistente di edifici pubblici (scuole, ospedali, uffici della PA centrale e locale) mirata a conseguire il raggiungimento della definizione di edifici a energia quasi zero (nZEB)", obiettivo "a.1 Studio dell'edificio scolastico di riferimento nella zona climatica Nord Italia (zona E: $2.100 < GG \leq 3.000$)". Il tema sviluppato nell'ambito del presente accordo di collaborazione tra ENEA e il Dipartimento Energia del Politecnico di Torino riguarda la riqualificazione energetica di edifici scolastici pubblici, in applicazione del D.M. 26 giugno 2015 sulle nuove prescrizioni ed i requisiti minimi.

L'attività consiste nell'individuazione di un caso-studio rappresentativo delle tipologie di edilizia scolastica del secondo dopoguerra, nell'effettuazione di una diagnosi energetica e nella definizione d'interventi di retrofit inquadrabili in una ristrutturazione importante di 1° livello, che consideri sia i requisiti riferiti al 2015, sia una trasformazione dell'edificio in nZEB, secondo le definizioni del D.M. 26 giugno 2015 Requisiti minimi. Attraverso un'analisi di sensibilità si considerano infine interventi singoli o pacchetti di interventi di riqualificazione, al fine di valutarne l'incidenza sulla prestazione energetica globale dell'edificio. Occorre dunque conoscere il comportamento reale dell'utenza e il consumo energetico del sistema costituito dall'insieme del fabbricato e degli impianti e dispositivi tecnologici. L'analisi dello stato di fatto consente di costruire il bilancio di usi finali di energia, individuare le eventuali cause di sprechi e definire gli interventi più appropriati da proporre al fine della trasformazione in nZEB e del miglioramento delle prestazioni energetiche, valutandone la fattibilità tecnica ed economica.

Gli interventi riguardano sia l'involucro edilizio, sia gli impianti tecnici (in particolare climatizzazione, illuminazione, produzione di ACS, ventilazione), sia la generazione efficiente di energia termica ed elettrica. Sono proposte soluzioni tecnologiche avanzate, ma allo stesso tempo coerenti con i principi di fattibilità tecnico-ambientale-economica e replicabilità su larga scala. Le soluzioni proposte sono orientate all'efficienza energetica, alla gestione intelligente dell'energia e allo sfruttamento delle energie rinnovabili. L'analisi energetica è basata sui vari indicatori, anche disaggregati per servizio e per vettore energetico. L'analisi economica comprende il calcolo dei seguenti indicatori: costo globale e tempo di ritorno attualizzato.

Lo svolgimento dell'attività ha previsto l'utilizzo di fogli di calcolo in formato Excel, al fine di valutare contemporaneamente il fabbisogno netto e di energia primaria dell'edificio come previsto dalle specifiche UNI/TS 11300 parti 1, 2, 3, 4, 5 [4] [5] [6] [7] [8]¹, ed il corrispondente costo globale.

Il calcolo energetico è stato altresì svolto mediante il software SEAS 3.0 (Software Energetico per Audit Semplificati), nato da una collaborazione fra ENEA e DESTEC dell'Università di Pisa, al fine di confrontare i risultati ottenuti mediante differenti strumenti di indagine.

Il lavoro è strutturato nelle seguenti fasi:

- A. Attività preliminari
 - a. Analisi della letteratura sulla tipologia edilizia scolastica
 - b. Individuazione del caso-studio
- B. Analisi dello stato di fatto
 - a. Caratterizzazione del caso studio
 - b. Modellazione dello stato di fatto

¹ È stato trascurato il calcolo delle prestazioni energetiche per il trasporto di persone e/o cose, previsto dalla norma UNI/TS 11300-6 "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili", Marzo 2016.

- c. Analisi energetica-ambientale-economica dello stato di fatto
- C. Analisi degli interventi di retrofit
 - a. Individuazione degli interventi di retrofit
 - b. Definizione dei costi degli interventi di retrofit
 - c. Modellazione degli interventi di retrofit
 - d. Analisi energetico-ambientale-economica degli interventi di retrofit
 - e. Analisi di sensibilità

In seguito vengono illustrate le sezioni in cui si è articolata l'attività svolta.

A. Attività preliminari

A.a Analisi della letteratura sulla tipologia edilizia scolastica

È stata svolta sia una ricerca bibliografica, sia la consultazione di indagini statistiche effettuate dall'ISTAT e da altri enti preposti.

A.b Individuazione del caso-studio

Ha comportato incontri con dirigenti scolastici e della Città Metropolitana di Torino per verificare la disponibilità di documentazione progettuale, l'interesse all'effettuazione di misure e indagini soggettive, nonché l'effettuazione di sopralluoghi per verificare l'adeguatezza dell'edificio scelto. Il caso studio scelto è l'I.T.I.S. Peano + I.P.I.A. Zerboni sito in Corso Venezia n. 29 a Torino.

B. Analisi dello stato di fatto

B.a Caratterizzazione del caso studio

È stata raccolta la documentazione progettuale esistente sull'edificio e le informazioni reperibili sull'utenza (ore di presenza, comportamento) e sulla gestione del fabbricato e degli impianti. È stato eseguito il rilievo dello stato di fatto, confrontando la coerenza con le informazioni riportate nella documentazione progettuale presente. Sono state recepite informazioni sui consumi energetici dell'edificio e sull'andamento delle variabili meteorologiche nel periodo di riscaldamento considerato in tre stagioni di riscaldamento prese in esame (2012/13, 2013/14, 2014/15).

B.b Modellazione dello stato di fatto

Sulla base delle informazioni raccolte sull'edificio, in particolare sulla stratigrafia delle strutture opache dell'involucro, sulle caratteristiche delle strutture trasparenti, sugli impianti esistenti (riscaldamento, climatizzazione, produzione di ACS, ventilazione, illuminazione), è stato modellato l'edificio con individuazione delle zone termiche. Nel caso studio in oggetto è presente un impianto di riscaldamento, mentre non sono presenti l'impianto di raffrescamento e di produzione di acqua calda sanitaria. Sono stati definiti i profili di occupazione e ricavati gli apporti interni legati agli occupanti, alle apparecchiature elettriche e ai dispositivi d'illuminazione. È stato calcolato il numero di ricambi d'aria in merito alla ventilazione, in relazione ai fattori di occupazione.

B.c Analisi energetica-ambientale-economica dello stato di fatto

È stata eseguita una valutazione energetica adattata all'utenza calibrata (*validated tailored energy rating*) secondo la normativa UNI EN 15603 [21]. La calibrazione del modello è stata svolta al fine di far coincidere l'indice di prestazione energetica operativo e quello effettivo (secondo la normativa UNI CEI/TR 11428, [22]).

Sono stati analizzati i termini di bilancio di energia dell'edificio, disaggregati per servizio e vettore energetico, i trend annuali di consumo, verificati gli impatti ambientali e i costi energetici e di manutenzione dello stato di fatto, effettuando i confronti con i dati di benchmark.

C. Analisi degli interventi di retrofit

C.a Individuazione degli interventi di retrofit

Sono stati individuati gli interventi di retrofit nel rispetto dei requisiti minimi previsti dal D.M. 26 giugno 2015 [3] per il miglioramento delle prestazioni energetiche e il raggiungimento degli standard al 2015 ed nZEB.

C.b Definizione dei costi degli interventi di retrofit

È stata effettuata un'indagine di mercato fra i produttori di tecnologie e le associazioni culturali e di categoria, al fine di definire il costo degli interventi di retrofit individuati.

C.c Modellazione degli interventi di retrofit

Attraverso l'utilizzo dei fogli di calcolo in formato Excel, è stata svolta la modellazione dell'edificio post-retrofit secondo le metodologie previste dal D.M. 26 giugno 2015 [3] (calcolo standardizzato secondo la normativa UNI/TS 11300 parte 1, 2, 3, 4, 5 [4] [5] [6] [7] [8]). Sono stati simulati differenti scenari di intervento, in relazione alle misure di efficienza energetica individuate precedentemente.

C.d Analisi energetico-ambientale-economica degli interventi di retrofit

Sono stati valutati i diversi indicatori energetici-ambientali-economici in relazione agli interventi di retrofit ipotizzati. Sono presi in considerazione sia interventi singoli, sia pacchetti di interventi.

C.e Analisi di sensibilità

È stata effettuata un'analisi parametrica volta a verificare l'influenza di interventi specifici di riqualificazione sul fabbisogno energetico globale dell'edificio, e sul rispettivo costo. A seguito dell'ipotesi di riqualificazione globale dell'edificio secondo le disposizioni di legge così come riportate all'interno del DM Requisiti Minimi per il 2015 e il 2019, l'analisi prevede la valutazione energetica ed economica considerando separatamente le misure di efficienza energetica, così come segue:

- riqualificazione energetica del solo fabbricato (isolamento termico dell'involucro opaco e trasparente, inserimento di schermature solari);
- riqualificazione energetica del solo impianto (sostituzione del generatore di calore, efficientamento del sistema di regolazione della temperatura ambiente per il riscaldamento);
- utilizzo di fonti energetiche rinnovabili (collettori solari termici e pannelli fotovoltaici);
- efficientamento del sistema di illuminazione ambiente.

1 Introduzione

L'attività illustrata nella presente relazione riguarda lo studio di un edificio scolastico di riferimento nella zona climatica del Nord Italia, sul quale è stata svolta in una prima fase una diagnosi energetica, indispensabile per individuare gli interventi di riqualificazione applicabili al fine di ridurre i consumi e migliorare l'efficienza energetica dell'edificio.

La diagnosi energetica è stata realizzata secondo la metodologia prevista dalla principale normativa tecnica di riferimento (UNI CEI EN 16247 parte 1, 2, 3, [23] [24] [25] e UNI CEI/TR 11428 [22]) e ha previsto la costruzione di un modello energetico i cui risultati devono convergere con le prestazioni derivanti dai dati di consumo effettivo, attraverso la calibrazione del modello.

Lo schema riassuntivo della procedura seguita per lo svolgimento della diagnosi, secondo la norma UNI CEI/TR 11428 [22] è mostrato in Figura 1.1.

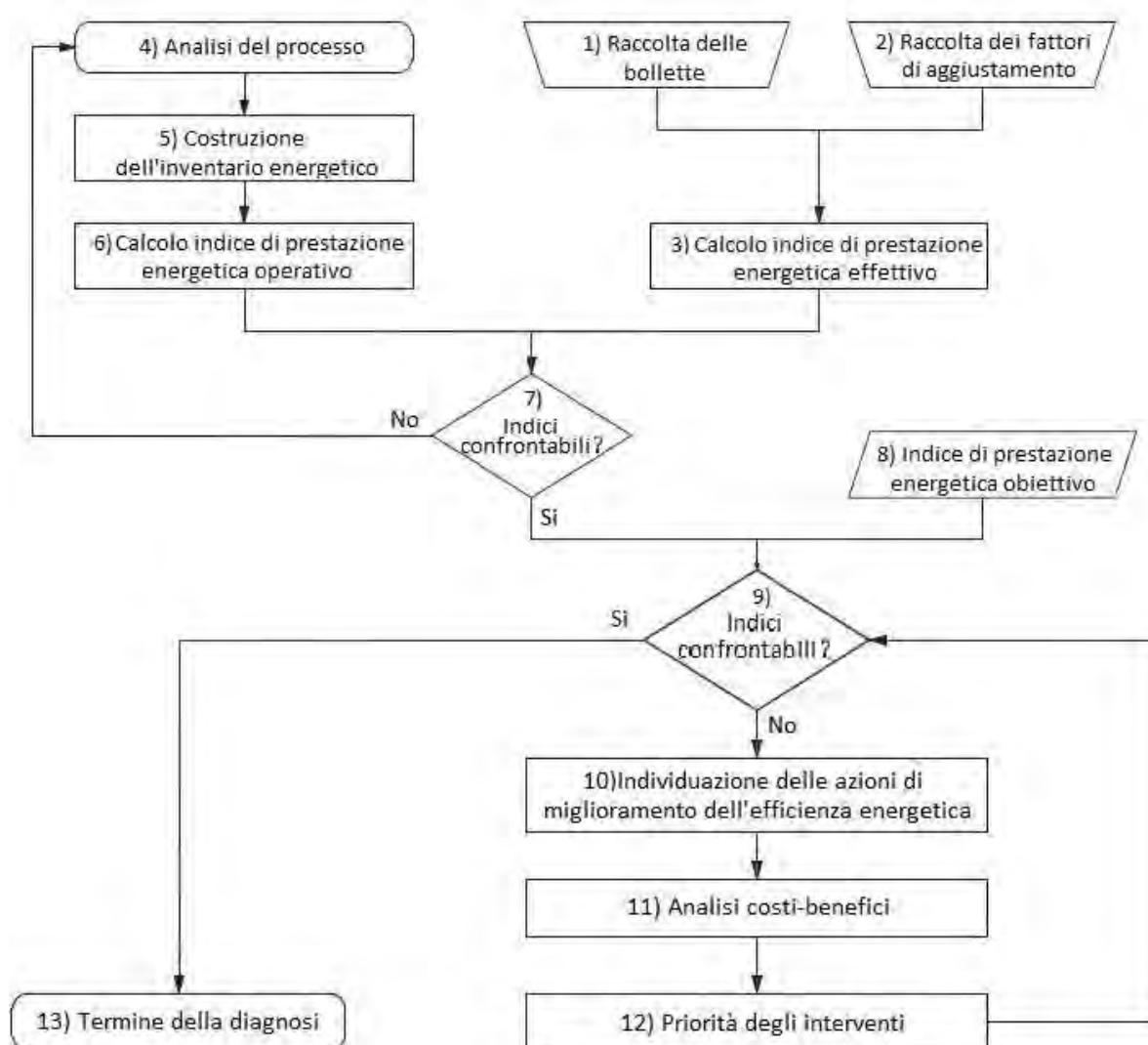


Figura 1.1. Schema procedurale per lo svolgimento di una diagnosi energetica (Fonte UNI CEI/TR 11428)

I punti 1,2 e 3 dello schema in Figura 1.1 esplicano l'*operational rating*, ossia una valutazione d'esercizio che esamina il sistema energetico attuale, con l'uso reale e i dati climatici effettivi relativi al periodo di

tempo esaminato. Si procede attraverso la raccolta dei dati relativi alle bollette di fornitura energetica e la ricostruzione dei consumi effettivi di elettricità e combustibili, per uno o più anni considerati significativi, e con l'identificazione e la raccolta dei fattori di correzione cui riferire i consumi energetici. Viene quindi calcolato un indice di prestazione energetica effettivo espresso in energia.

I punti 4, 5 e 6 dello schema riassumono invece la *tailored rating*, ossia una valutazione adattata all'utenza reale; si procede mediante la raccolta delle informazioni necessarie alla creazione dell'inventario energetico, allo svolgimento della diagnosi e al calcolo dell'indice di prestazione energetica operativo.

Si attua un confronto tra l'indice di prestazione energetica operativo e quello effettivo. Se gli indici convergono, si prosegue l'analisi, altrimenti si ritorna al passo 4. Gli scostamenti percentuali accettabili vengono stabiliti in funzione del settore di intervento.

Viene individuato l'indice di prestazione energetica obiettivo; se i valori espressi dagli indicatori sono tra loro comparabili, la diagnosi è conclusa (punto 13), invece se esiste uno scarto significativo tra l'indice di prestazione operativo e l'indice di prestazione obiettivo, si individuano le misure di miglioramento dell'efficienza. Per tali misure devono essere condotte analisi di fattibilità tecnico-economiche. Le misure individuate sono ordinate in funzione degli indici concordati.

La valutazione energetica validata rappresenta una sintesi tra la valutazione di calcolo adattata all'utenza e la valutazione d'esercizio, che permette di ridurre gli intervalli di confidenza dei dati usati nella valutazione di calcolo attraverso il confronto con il consumo reale di energia.

L'applicazione di tale metodo è consigliato per valutare l'effetto di possibili interventi di riqualificazione energetica, come nel caso in oggetto.

2 Tipologia edilizia ad uso scolastico

2.1 Analisi della letteratura

Studi sul patrimonio immobiliare scolastico italiano, necessari per restituire un quadro d'insieme dello stato di fatto degli edifici utilizzati per l'istruzione pubblica, sono stati svolti all'interno del progetto Republic ZEB [31][32] e da parte di enti e società di ricerca quali ENEA [33] e CRESME [34][35]. È stato inoltre sviluppato un Piano d'Azione Nazionale per incrementare gli edifici ad energia quasi zero a cura del Ministero dello sviluppo economico, in collaborazione con l'ENEA, l'RSE e il CTI [36].

Gli edifici ad esclusivo o prevalente uso scolastico sono circa 51.000, per una superficie pari a 73,2 milioni di m² e una volumetria di 256 milioni di m³. La quota maggiore di edifici (39%) ha dimensione compresa tra 1.000 e 3.000 m², con una superficie media di 1.819 m².

Il 43% circa degli edifici si divide tra tre classi di superficie: il 16% ha una superficie compresa tra 751 e 1.000 m² (media 899 m²), il 14% tra 501 e 750 m² (media 631 m²) e il 13% tra 351 e 500 m² (media 435 m²).

Per gli edifici scolastici, considerando l'altezza dell'interpiano pari a 3 m, edifici di forma rettangolare con un lato pari a 10 m e copertura piana, in media l'area di occupazione dell'edificio è pari a 335 m², l'area dell'involucro pari al 30% del volume e il numero medio di piani pari a 3 [31]. Il grafico in Figura 2.1 mostra il numero di edifici scolastici in Italia suddivisi per periodo di costruzione, il grafico in Figura 2.2 per zona climatica.

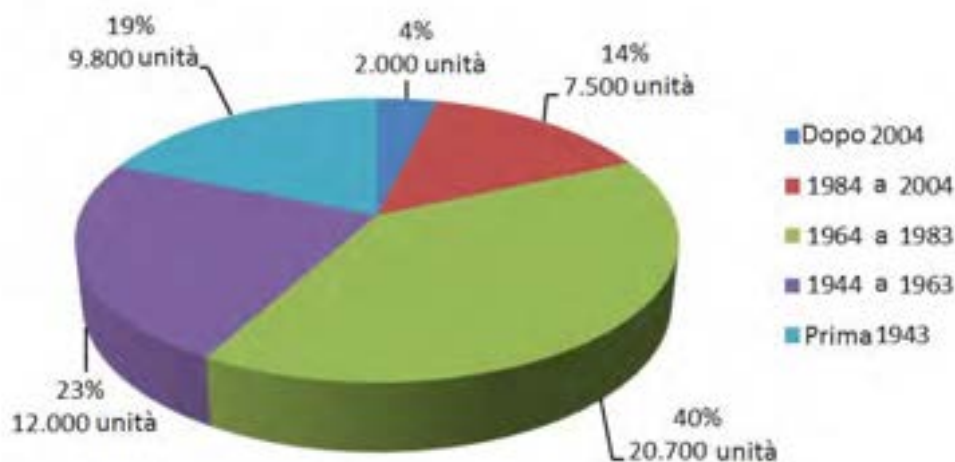


Figura 2.1. Edifici scolastici. Periodo di costruzione (Fonte dati: RePublic_ZEB)

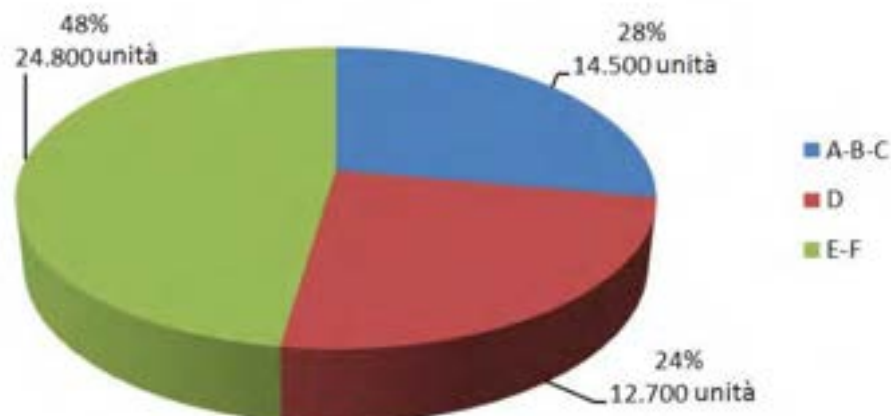


Figura 2.2. Edifici scolastici. Zone climatiche (Fonte dati: RePublic_ZEB)

Dai grafici sopra risulta evidente un'alta percentuale di edifici concentrati nell'epoca di costruzione 1964-1983 ed un'elevata concentrazione in zone climatiche E-F.

I grafici in Figura 2.3 e Figura 2.4 mostrano i materiali di costruzione utilizzati in base alla zona climatica di appartenenza e al periodo di costruzione.

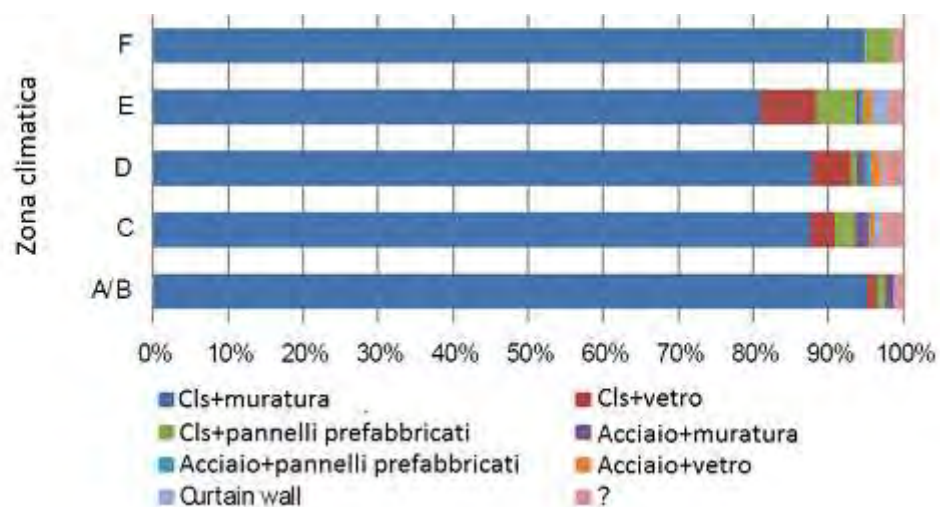


Figura 2.3. Edifici scolastici. Materiali di costruzione per zone climatiche (Fonte dati: RePublic_ZEB)

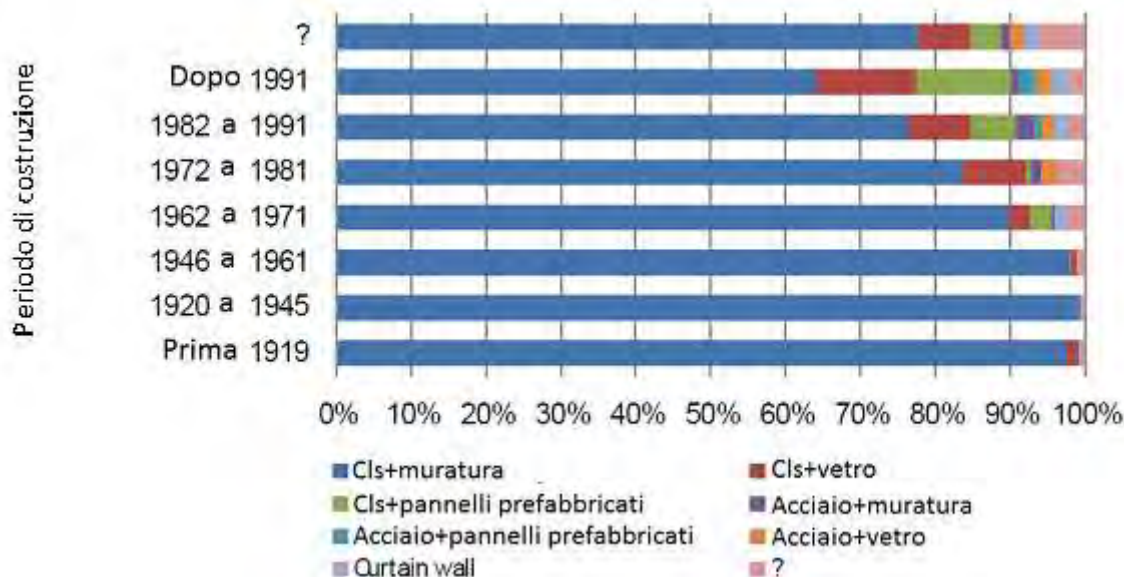


Figura 2.4. Edifici scolastici. Materiali di costruzione per periodi di costruzione (Fonte dati: RePublic_ZEB)

Le percentuali delle diverse fonti di energia utilizzate per il riscaldamento invernale degli edifici ad uso scolastico sono mostrate in Figura 2.5.

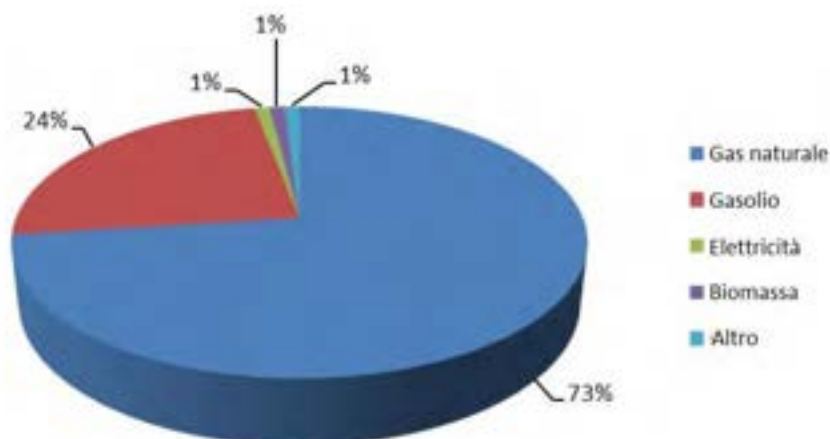


Figura 2.5. Fonti di energia utilizzate per il riscaldamento invernale (Fonte dati: RePublic_ZEB)

Per quanto riguarda il raffrescamento estivo, solo il 20% degli edifici scolastici è dotato di impianti di raffrescamento (di cui l'85% presenta sistemi a split).

Il consumo di energia primaria si attesta intorno a 120 kWh/m² a per il servizio di riscaldamento e acqua calda sanitaria, e 35-40 kWh/m² per raffrescamento. Analizzando i consumi in dettaglio, quelli termici sono dovuti essenzialmente al fabbisogno di riscaldamento invernale, con un utilizzo trascurabile di ACS, mentre i consumi di energia elettrica sono dovuti principalmente all'illuminazione degli ambienti e alle apparecchiature legate alle attività di ufficio e didattiche (per laboratori e attività tecniche degli alunni, presenti in misura variabile in relazione all'ordine, grado e tipologia di scuola), come mostrato in Figura 2.6.

Il fabbisogno di climatizzazione estiva può ritenersi trascurabile e, comunque, connesso ai soli spazi uso ufficio dedicati alle attività amministrative. L'occupazione degli spazi è limitata alle ore diurne, per 5 - 6 giorni settimanali e a meno della stagione estiva, in cui gli immobili sono scarsamente utilizzati [34].

ORARIO DI FUNZIONAMENTO	CONSUMI TERMICI		CONSUMI ELETTRICI		
	riscaldamento	ACS	condizionamento	illuminazione	apparecchi utilizzatori
diurno (7.00-14.00 o 7.00-16.30) 5 o 6 giorni su 7	assente	assente	assente	assente	assente
	trascurabile	trascurabile	trascurabile	trascurabile	trascurabile
	medio	medio	medio	medio	medio
	elevato	elevato	elevato	elevato	elevato

Figura 2.6. Edifici scolastici. Consumi termici ed elettrici. (Fonte: CRESME 2011)

Di norma, dunque, gli impianti di riscaldamento costituiscono la fonte primaria di dispendio energetico, dovuta anche, nel caso specifico, a una limitata manutenzione, alla mancanza di regolazione delle temperature nelle diverse zone/ambienti e di programmazione degli orari di funzionamento della centrale termica. Inoltre, presupposto che di norma non esistono impianti di ventilazione forzata, i ricambi d'aria resi necessari dall'affollamento delle aule sono affidati all'apertura dei serramenti, con conseguente ulteriore dispendio energetico [34].

Per analizzare la tendenza del mercato nazionale riguardo la riqualificazione energetica degli edifici esistenti non residenziali verso target nZEB si è tenuto conto delle valutazioni ISTAT 2011 e di quelle elaborate dal CRESME, dall'ENEA e dall'ANCE in riferimento ai trend del mercato negli ultimi anni. È possibile stimare che, fino al 2020, si realizzeranno ogni anno riqualificazioni energetiche su circa 12,5 milioni di m², tra settore pubblico e privato.

Tenendo presente il trend del mercato, in riferimento alle valutazioni dell'ISTAT 2011 e considerando i dati disponibili ANCE, CRESME ed ENEA, le superfici per anno, soggette a riqualificazione energetica del costruito esistente, si stimano, per la destinazione d'uso scuola, pubblica e privata, pari a circa 8,5 milioni di m².

Per la stima della distribuzione delle superfici riferite alle zone climatiche si è fatto riferimento all'analisi della letteratura esistente². Le valutazioni delle stime per le definizioni percentuali tra gli edifici pubblici e privati sono coerenti con quelle relative al parco degli edifici esistenti.

Ipotizzando, come sopra riportato, che l'1% di queste riqualificazioni saranno tali da rendere nZEB le superfici in oggetto, si può stimare quanto segue.

In Figura 2.7 è riportata la superficie totale, suddivisa per edifici ad uso scuole, per zona climatica, con una stima del risparmio ottenibile facendo riferimento all'incremento di risparmio ottenibile per edifici nZEB in riferimento al rispetto dei requisiti di legge vigenti.

² CRESME, "Determinazione dei fabbisogni e dei consumi energetici dei sistemi edificio-impianto - Caratterizzazione del parco immobiliare ad uso RESIDENZIALE", report RdS/2012/109.

		PUBBLICO				PRIVATO			TOTALE
EDIFICI NON RESIDENZIALI		Stima Risparmio specifico requisiti NZEB	1% Superficie da riqualificare per anno	Superficie edifici NZEB che produce risparmio nel periodo 2015÷2018**	Stima Risparmi	1% Superficie da riqualificare per anno	Superficie edifici NZEB che produce risparmio nel periodo 2015÷2020*	Stima Risparmi	Stima Risparmi Totali al 2020
Tipologia	zona climatica	kWh/m ² anno	m ² /anno	m ²	TEP	m ² /anno	m ²	TEP	TEP
Scuole	A-B-C	9	23.968	95.872	321	2.663	15.979	42	362
	D	19	15.048	6.192	451	1.672	10.032	59	510
	E-F	31	37.214	148.856	1.808	4.135	24.809	234	2.043

(*) Valore cumulato per le annualità dal 2015 al 2020.

(**) Valore cumulato per le annualità dal 2015 al 2018.

Figura 2.7. Previsione di realizzazione edifici esistenti nZEB al 2020 (da PANZEB)

2.2 Individuazione del caso studio

Il progetto consiste nell'individuazione di un edificio caso di studio con destinazione d'uso "scuola", con caratteristiche di modelli di tipologia diffusa sul territorio nazionale e suscettibili d'interventi di riqualificazione importanti.

L'attività prevede lo svolgimento di una diagnosi energetica e in seguito l'identificazione delle tecnologie più appropriate per la riqualificazione verso il target nZEB (*nearly-Zero Energy Building*) riguardo l'involucro, gli impianti di climatizzazione, di controllo e di illuminazione artificiale e gli impianti alimentati da fonti rinnovabili. Viene effettuata un'analisi economica dei costi e una diagnosi energetica ex-post al fine di valutare gli effetti energetici degli interventi proposti.

L'edificio oggetto del presente studio deve collocarsi in zona climatica E ($2100 < GG \leq 3000$), nel nord Italia, al fine di effettuare una comparazione (che non è oggetto della presente attività) con altri due casi studio della stessa tipologia edilizia e destinazione d'uso siti in zona climatica D ($1400 < GG \leq 2100$) nel centro Italia e in zona B ($600 < GG \leq 900$) nel sud Italia; le zone climatiche prescelte concentrano circa il 75 % della popolazione italiana, e quindi presumibilmente anche di quella scolastica, e rappresentano inoltre le più significative per quanto riguarda la diversità climatica.

Poiché una parte non trascurabile dell'intero patrimonio edilizio scolastico nazionale pubblico è stato edificato oltre sessant'anni fa ed è assoggettabile a tutela (secondo l'ex Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio), è stato necessario investigare sul grado di riqualificazione energetica al quale è possibile arrivare in tali casi, tenendo conto dei rapporti costi-benefici.

Il caso studio scelto è l'I.T.I.S. Peano + I.P.I.A. Zerboni, sito in Corso Venezia n.29 a Torino, appartiene come epoca di costruzione al secondo dopoguerra.

L'edificio oggetto di studio è rappresentativo di più dell'80% degli edifici scolastici siti in zona climatica E per quanto riguarda i materiali da costruzione con cui è realizzato (cls + muratura), come illustrato in Figura 2.3 a pag. 11, e di più del 95% per i materiali impiagati in relazione al periodo di costruzione 1946-1961 (Figura 2.4, pag. 12).

Anche dal punto di vista impiantistico, essendo dotato esclusivamente dell'impianto di riscaldamento e non presentando impianti per la produzione di acqua calda sanitaria e per la ventilazione forzata (ad eccezione

di pochi ambienti, come mostrato in seguito), rispecchia la maggioranza degli edifici scolastici per quanto riguarda i consumi termici ed elettrici (vedi Figura 2.6 pag. 13).

Presenta inoltre anche laboratori con apparecchiature elettriche come in un'ampia porzione di edifici con destinazione d'uso scolastica e l'assenza di dispositivi di controllo automatico per quanto riguarda l'illuminazione artificiale.

Non essendo stato oggetto di interventi di riqualificazione energetica recenti (ad eccezione della sostituzione parziale degli infissi con nuovi serramenti a più elevate prestazioni energetiche), si presta al fine dell'individuazione di interventi di retrofit da proporre, verificando il rispetto dei requisiti minimi previsti dal D.M. 26 giugno 2015 [3] nel caso di una ristrutturazione importante di I livello, con l'obiettivo di trasformare l'edificio esistente in un edificio ad energia quasi zero.

3 Descrizione della procedura di calcolo

3.1 Caratteristiche generali della procedura

La procedura seguita per il calcolo, illustrata in Figura 3.1., si suddivide in due fasi: la fase di *pre-retrofit* e quella di *post-retrofit*.

Il metodo di calcolo delle prestazioni energetiche utilizzato è quello previsto dalle specifiche tecniche UNI/TS 11300 parti 1, 2, 3, 4, 5 [4] [5] [6] [7] [8]. Le prestazioni energetiche relative all'illuminazione sono calcolate secondo la norma UNI 15193 [17]. La valutazione economica si basa sul calcolo del costo globale, come specificato dalla norma UNI EN 15459 [20]. Gli strumenti utilizzati per il calcolo sono stati in parallelo i fogli di calcolo messi a punto dal Politecnico di Torino per l'applicazione delle suddette norme ai fini dell'analisi costi-benefici, e il software SEAS 3.0 (Software Energetico per Audit Semplificati).

Nella fase *pre-retrofit* è stato analizzato l'edificio allo stato di fatto. Sono state effettuate una valutazione energetica adattata all'utenza (*tailored energy rating*) e una valutazione energetica d'esercizio (*operational energy rating*), descritte al Capitolo 1. Attraverso il confronto è stata effettuata la calibrazione del modello (*calibrated tailored energy rating*).

Con riferimento alla valutazione *tailored*, sono stati utilizzati i dati climatici reali misurati nelle tre stagioni di riscaldamento analizzate (2012/13, 2013/14, 2014/15), mentre l'utenza è stata modellata considerando l'uso reale dell'edificio. L' *operational energy rating* ha invece riguardato l'analisi dei dati sui consumi dell'edificio forniti per le stagioni sopra riportate.

Si è quindi svolta la calibrazione del modello, e la successiva valutazione energetica definita *calibrated tailored*, caratterizzata da dati climatici di input standard (da UNI 10349 parti 1 e 3 [11] [12]) ed utenza reale.

La fase *post-retrofit* ha riguardato le analisi energetiche ed economiche volte alla definizione di possibili misure di efficienza energetica da adottare in caso di riqualificare l'edificio. Al modello *calibrated tailored* si è applicata la procedura di ottimizzazione (*cost optimality*), volta alla definizione del set di misure di efficienza energetica che se adottate, porterebbero a minimizzare il costo globale dell'intervento nell'arco dei 30 anni considerati nell'analisi.

Partendo da tale soluzione di riqualificazione "ottimale" sotto il profilo economico, si sono indagate soluzioni che fossero anche rispondenti ai requisiti richiesti dall'attuale legislazione energetica vigente al 2015 e al 2019 (target nZEB). Si è quindi resa necessaria una ultima modellazione, caratterizzata dall'adozione sia di dati climatici sia di utenza *standard*.

Per ogni soluzione modellata è infine stata calcolata la classe energetica, attraverso l'utilizzo dell'edificio di riferimento per la certificazione energetica secondo il D.M. 26 giugno 2015 [3].

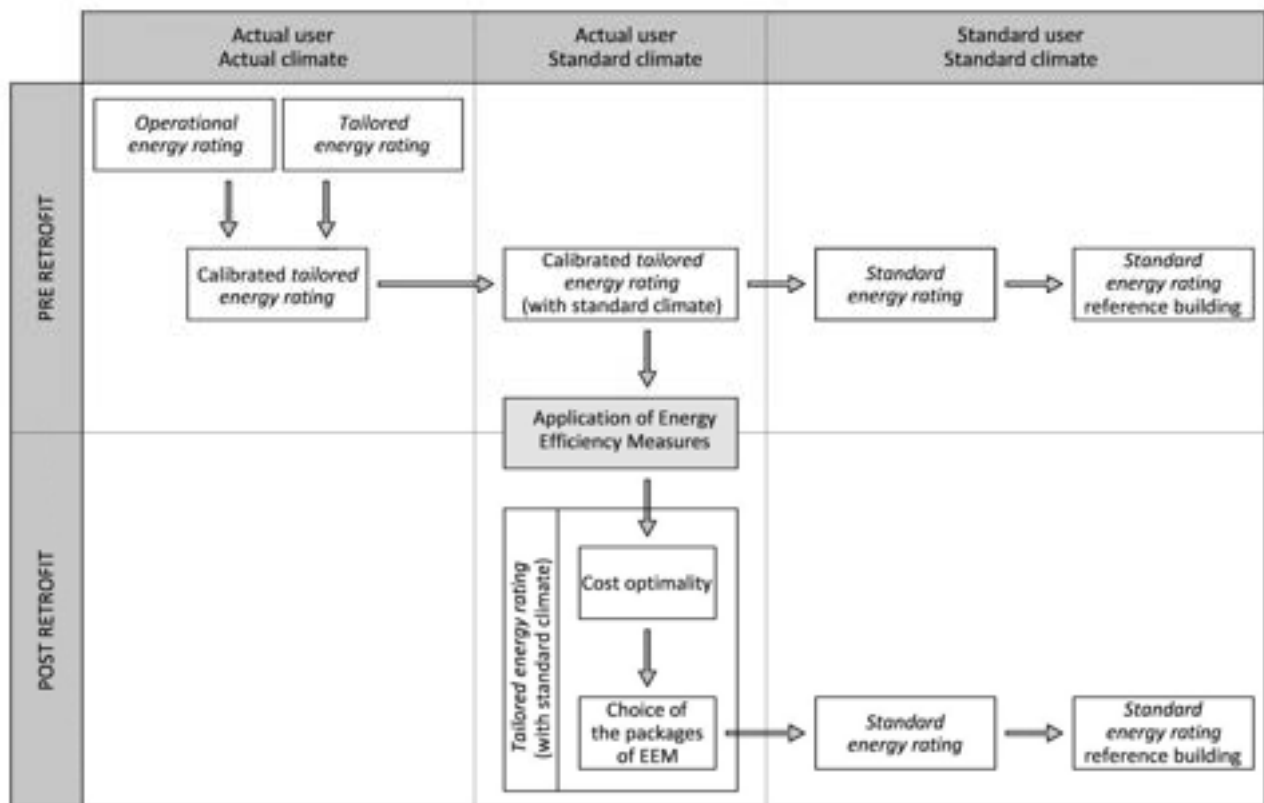


Figura 3.1. Procedura di calcolo

Il calcolo del fabbisogno energetico

La determinazione delle prestazioni energetiche degli edifici secondo UNI/TS 11300, prevede il calcolo delle seguenti grandezze:

- fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento e il raffrescamento ambiente;
- fabbisogno di energia termica utile per acqua calda sanitaria;
- fabbisogno di energia per la ventilazione meccanica;
- efficienza e fabbisogno di energia primaria degli impianti di riscaldamento o di climatizzazione invernale;
- efficienza e fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria;
- efficienza e fabbisogno di energia primaria degli impianti di raffrescamento o di climatizzazione estiva;
- fabbisogno di energia per l'illuminazione degli ambienti interni ed esterni di pertinenza dell'edificio;
- quota di energia rinnovabile utilizzata per il riscaldamento o climatizzazione invernale, raffrescamento o climatizzazione estiva, ventilazione, produzione di acqua calda sanitaria e illuminazione;
- energia primaria, emissioni di CO₂, costi ed altri indicatori complementari.

Per il calcolo del fabbisogno utile di riscaldamento e raffrescamento, la procedura di calcolo prevista dalla norma UNI/TS 11300-1 comprende i seguenti passi:

1. Definizione dei confini dell'insieme degli ambienti climatizzati e non climatizzati dell'edificio;
2. Definizione dei confini delle diverse zone di calcolo;
3. Definizione delle condizioni interne di calcolo e dei dati di ingresso relativi al clima esterno;
4. Calcolo, per ogni mese e per ogni zona dell'edificio, dei fabbisogni ideali di energia termica per riscaldamento ($Q_{H,nd}$) e raffrescamento ($Q_{C,nd}$);

5. Calcolo della stagione di riscaldamento e di raffrescamento;
6. Per i mesi estremi della stagione di riscaldamento e di raffrescamento, eventuale ricalcolo dei fabbisogni di energia sulle frazioni di mese comprese rispettivamente nelle stagioni di riscaldamento e di raffrescamento;
7. Eventuale calcolo, per ogni mese o frazione di mese e per ogni zona dell'edificio, dei fabbisogni di energia termica per umidificazione ($Q_{H, hum, nd}$) e per deumidificazione ($Q_{C, dhum, nd}$);
8. Aggregazione dei risultati relativi ai diversi mesi e alle diverse zone servite dagli stessi impianti.

Nel caso in esame non si sono considerate l'umidificazione e la deumidificazione dell'aria.

Il fabbisogno ideale di energia termica per riscaldamento è ricavato effettuando il bilancio energetico per ogni zona termica dell'edificio, considerando le dispersioni per trasmissione e per ventilazione e gli apporti gratuiti interni e solari con il relativo fattore di utilizzazione.

I dati di ingresso per i calcoli si suddividono in:

- dati relativi alle caratteristiche tipologiche dell'edificio (volume interno, superficie lorda e netta dell'ambiente climatizzato, superfici di tutti i componenti dell'involucro e della struttura edilizia, tipologie e dimensioni dei ponti termici lineari, orientamenti di tutti i componenti dell'involucro edilizio, caratteristiche geometriche di tutti elementi esterni che ombreggiano i componenti trasparenti dell'involucro edilizio, riflettanza solare dell'ambiente esterno);
- dati relativi alle caratteristiche termiche e costruttive dell'edificio (trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro edilizio e capacità termiche areiche dei componenti della struttura dell'edificio, trasmittanze di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio, fattori di assorbimento solare delle facce esterne dei componenti opachi dell'involucro edilizio, emissività delle facce esterne dei componenti dell'involucro edilizio, fattori di riduzione della trasmittanza di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio in presenza di schermature mobili, fattori di riduzione dovuti al telaio dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio, coefficienti di trasmissione lineare dei ponti termici);
- dati climatici (medie mensili della temperatura esterna media giornaliera, medie mensili dell'umidità massica media giornaliera, irradianza solare totale media mensile sul piano orizzontale e per ciascun orientamento);
- dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio (destinazione d'uso, temperatura interna di regolazione per il riscaldamento e per il raffrescamento, umidità relativa interna di regolazione nel periodo di riscaldamento e di raffrescamento, tipo di ventilazione e regime di funzionamento dell'eventuale impianto di ventilazione, tasso di ricambio d'aria o portata minima di progetto, durata del periodo di raffrescamento e di riscaldamento, regime di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, modalità di gestione delle chiusure oscuranti e delle schermature mobili, apporti di energia termica interni e portate di vapore acqueo).

Per ricavare i dati di ingresso necessari allo svolgimento della diagnosi energetica dell'edificio, si sono riscontrate difficoltà nel reperire alcune informazioni, sia sul fabbricato e sugli impianti tecnici, sia sulle modalità di gestione dell'edificio da parte dell'utenza. In particolare, le prestazioni energetiche dei componenti d'involucro opaco e trasparente e delle componenti impiantistiche di cui non si possedevano informazioni progettuali, sono state ricavate mediante sopralluogo ed utilizzo di dati da letteratura. Attraverso questionari sottoposti all'utenza si è cercato di risalire alla modalità di gestione ed occupazione degli spazi climatizzati. Mediante incontri con il personale scolastico, il dirigente, e il personale tecnico della Città Metropolitana di Torino, responsabile della gestione degli impianti dell'edificio, sono state infine ricavate ulteriori informazioni utili ai fini della modellazione dell'edificio.

L'energia erogata riferita agli usi di riscaldamento, acqua calda sanitaria, illuminazione e – nella fase post-retrofit – ventilazione, è stata calcolata adottando le specifiche tecniche UNI/TS 11300-2 e UNI/TS 11300-4.

In accordo con quanto specificato dalla UNI/TS 11300-5, gli indici adottati per la definizione della prestazione energetica dell'edificio sono riferiti all'energia primaria E_p , sia non rinnovabile $nren$ sia totale tot , riferita ai singoli usi, e globale gl :

$$E_{p,gl,tot} = E_{p,H,tot} + E_{p,C,tot} + E_{p,W,tot} + E_{p,V,tot} + E_{p,L,tot} + E_{p,T,tot}$$

dove i pedici hanno il seguente significato:

- H = climatizzazione invernale,
- C = climatizzazione estiva,
- W = acqua calda sanitaria,
- V = ventilazione,
- L = illuminazione artificiale,
- T = trasporto di persone e cose.

Per l'edificio in esame $E_{p,C}$ ed $E_{p,T}$ non sono stati considerati.

Gli indici di prestazione energetica EP sono valutati in kWh/m² anno, e si riferiscono al fabbisogno di energia primaria rapportato alla superficie netta climatizzata:

$$EP = \frac{E_p}{A}$$

La valutazione della prestazione energetica si è altresì basata sulla definizione della quota rinnovabile del fabbisogno (*Renewable Energy Ratio, RER*), così definita:

$$RER = \frac{EP_{ren}}{EP_{tot}}$$

dove EP_{ren} rappresenta l'energia l'indice di prestazione energetica rinnovabile, mentre EP_{tot} la somma della quota non rinnovabile (EP_{nren}) e rinnovabile (EP_{ren}).

L'analisi costi-benefici e la cost-optimality

La metodologia proposta per la definizione di possibili soluzioni riqualificazione energetica ed nZEB parte dalla valutazione del caso ottimale di riqualificazione dell'edificio (bibliografia da [41] a [45]), ossia dell'intervento di riqualificazione energetica che comporta il minore costo globale stimato nell'arco di un periodo fissato a 30 anni (considerando investimenti, esercizio e manutenzione). Il livello ottimale dei costi è calcolato a livello macroeconomico e a livello finanziario.

Per il calcolo macroeconomico, il costo globale GC è definito considerando anche il costo delle emissioni di gas a effetto serra, pari al valore monetario del danno ambientale causato dalle emissioni di CO₂ legate al consumo energetico di un edificio.

Per il calcolo a livello finanziario, la metodologia si basa sulla valutazione del costo globale, che considera l'investimento iniziale, la somma dei costi annuali (energia, manutenzione, esercizio ed eventuali costi aggiuntivi), la sostituzione straordinaria di sistemi e componenti, il valore finale, nonché i costi di smaltimento, se del caso, tutte con riferimento all'anno di partenza (attualizzazione).

La valutazione del costo globale è riportata dalla norma UNI EN 15459 [20]. Secondo tale norma il costo globale $C_g(t)$ riferito all'anno iniziale t_0 è calcolato come segue:

$$C_g(t) = C_l + \sum_j \left[\sum_{i=1}^t (C_{a,i}(j) \cdot R_{disc}(i)) - Val_{F,t}(j) \right]$$

a partire dal costo dell'investimento iniziale C_i , e considerando per ogni componente o sistema j , il costo annuale Ca per ogni anno i (riferito all'anno iniziale) e il valore finale Val_f . Il costo globale è strettamente dipendente dalla durata del periodo di calcolo t . $R_{disc}(i)$ è il tasso di sconto per l'anno i .

La definizione della soluzione ottimale in funzione dei costi e della relativa prestazione energetica è effettuata mediante una procedura di ottimizzazione che si basa su una tecnica di ricerca dell'ottimo secondo un processo sequenziale [41]. Il metodo considera, per ogni misura di efficienza energetica, un numero discreto di opzioni (ad esempio, diversi livelli di isolamento termico), descritte da parametri pertinenti (ad esempio, la trasmittanza termica). Vengono applicati e confrontati differenti pacchetti di misure di efficienza energetica (ved. Paragrafo 5.1): ogni pacchetto è un insieme di misure di efficienza energetica.

Lo schema della procedura di ottimizzazione è illustrato in Figura 3.2.

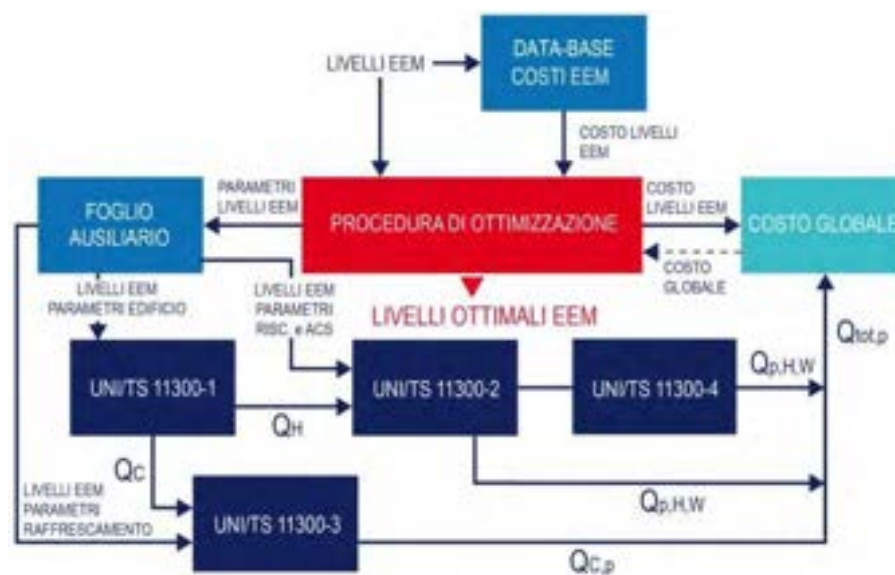


Figura 3.2. Schema del percorso di calcolo

La definizione di soluzioni nZEB

A partire dall'insieme di misure di efficienza energetica ottimale in funzione dei costi, si investigano soluzioni volte alla trasformazione in nZEB dell'edificio.

I requisiti di edificio a energia quasi zero (nZEB: *nearly zero energy building*) così come specificato nel D.M. 26 giugno 2015 sono sintetizzati in Tabella 3.1 e Tabella 3.2.

Tabella 3.1. Requisiti da rispettare nella progettazione di edifici di nuova costruzione o nella riqualificazione importante di edifici esistenti per la conversione in nZEB (D.M. 26 giugno 2015)

Parametro	Definizione	Condizione	U.M
INVOLUCRO DEL FABBRICATO			
H'_T	Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente.	$H'_T < H'_{T,limite}$ Il valore di riferimento $H'_{T,limite}$ è tabulato e varia in base al rapporto di forma e alla zona climatica	[W/ m ² K]
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile.	$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq (A_{sol,est}/A_{sup\ utile})_{limite}$ Il valore di riferimento è tabulato e varia in base alla categoria di edificio	[-]
EFFICIENZE MEDIE STAGIONALI DEGLI IMPIANTI			
η_H	Climatizzazione invernale	$\eta_H > \eta_{H,limite}^1$	[-]
η_W	Produzione dell'acqua calda sanitaria	$\eta_W > \eta_{W,limite}^1$	[-]
η_C	Climatizzazione estiva (Compreso l'eventuale controllo dell'umidità)	$\eta_C > \eta_{C,limite}^1$	[-]
INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA			
$EP_{H,nd}$	Indice di prestazione termica utile per riscaldamento	$EP_{H,nd} < EP_{H,nd,limite}^{(2019,2021)}^2$	[kWh/m ²]
$EP_{C,nd}$	Indice di prestazione termica utile per il raffrescamento	$EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite}^{(2019,2021)}^2$	[kWh/m ²]
$EP_{gl,tot}$	Indice di prestazione globale totale dell'edificio	$EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,limite}^{(2019,2021)}^2$ $EP_{gl,tot} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C + EP_L^3 + EP_T^3$	[kWh/m ²]
Note: ¹ Efficienza relativa all'edificio di riferimento. ² Indice calcolato sull'edificio di riferimento. ³ Non si calcola per la categoria E.1, fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3).			

Tabella 3.2. Integrazione delle fonti di energia rinnovabile

Percentuale minima di copertura del consumo energetico complessivo ^{2,3} .	Percentuale minima di copertura del consumo energetico per la produzione di ACS ² .	Potenza elettrica degli impianti alimentati da FER da installare sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze [kW] ² .
50% ¹	50% ¹	1/50 x Impronta dell'edificio
Note: ¹ Tali obblighi non si applicano qualora l'edificio sia allacciato ad una rete di teleriscaldamento che ne copra l'intero fabbisogno di calore per il riscaldamento degli ambienti e la fornitura di ACS ² Per gli edifici pubblici gli obblighi di cui ai precedenti commi sono incrementati del 10%. ³ Tale percentuale tiene conto dei seguenti servizi: produzione di acqua calda sanitaria, riscaldamento e raffrescamento.		

Per il presente lavoro di analisi, i possibili pacchetti di misure di efficienza energetica analizzati devono essere tali che:

- l'indice di prestazione energetica (EP), espresso in kWh/m² sia inferiore a quello determinato con la metodologia *cost-optimal* [41] (un edificio a energia quasi zero ha una prestazione migliore rispetto ad un edificio ottimale in termini energetici, ma un costo superiore);
- il differenziale dei costi globali (ΔGC) tra l'edificio allo stato di fatto e le varie soluzioni sia negativo (l'intervento risulta quindi comunque economicamente vantaggioso rispetto allo stato di fatto);

- siano soddisfatti tutti i requisiti minimi di prestazione energetica definiti a livello nazionale per un edificio nZEB, come da Tabella 3.1 e Tabella 3.2.

Riguardo l'edificio riqualificato, il differenziale di costo globale (ΔGC) mette in evidenza la differenza tra il costo globale dell'edificio da ristrutturare e dell'edificio post ristrutturazione.

In riferimento alla Figura 3.3, ogni punto rappresenta un pacchetto di misure di efficienza energetica, definito da specifici valori della prestazione energetica (EP) e differenziale di costo globale (ΔGC).

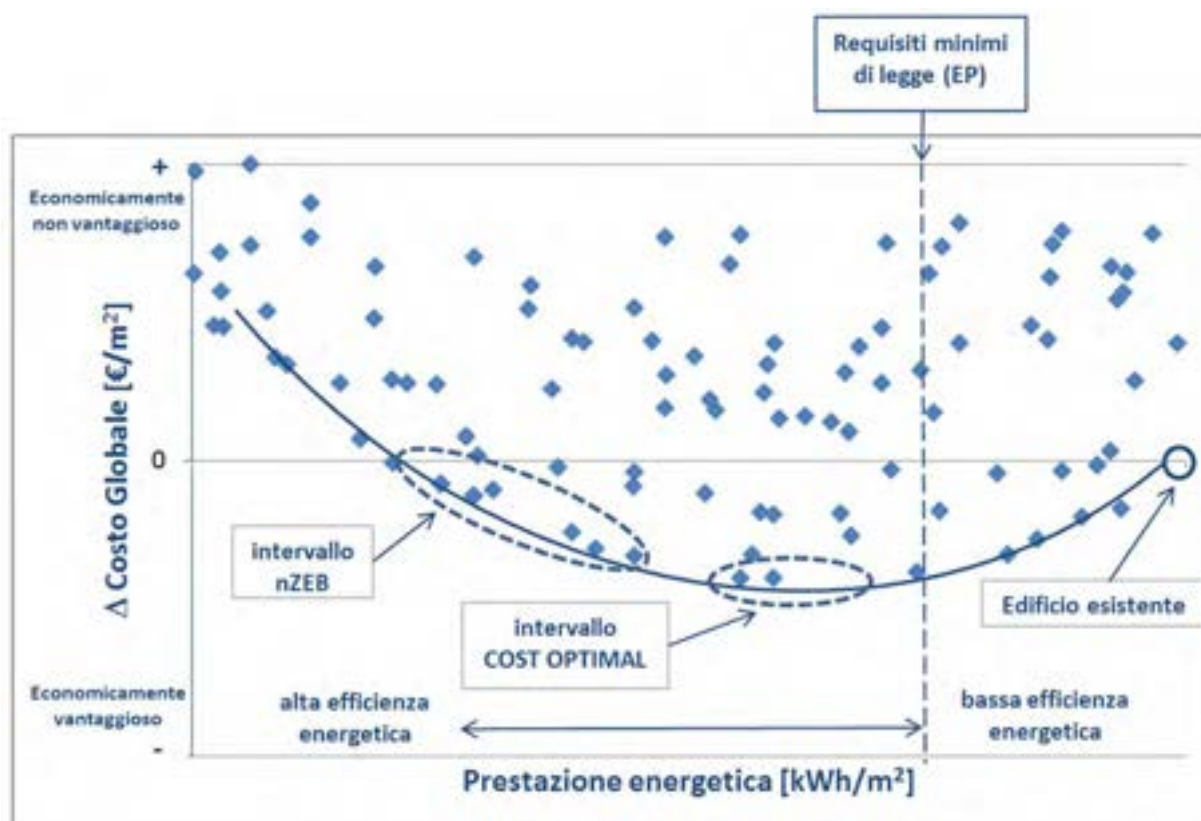


Figura 3.3. Relazione tra costo globale e prestazione energetica [ref. Progetto IEE RePublic_ZEB].

Dall'analisi della Figura 3.3 è possibile fare le seguenti considerazioni:

- l'edificio esistente è in genere caratterizzato da un insoddisfacente valore di EP e da un differenziale di costo globale pari a zero (ciò in quanto l'edificio esistente viene assunto come base di riferimento);
- a seguito della ristrutturazione, la prestazione energetica migliora, mentre il differenziale di costo globale è negativo per alcuni casi di ristrutturazione che sono quelli economicamente convenienti;
- il livello ottimale in funzione dei costi è il livello di prestazione energetica proprio di alcune soluzioni con il costo più basso. Considerate le incertezze e le semplificazioni, si ritiene più corretta l'individuazione di un intervallo ottimale piuttosto che di un solo punto ottimale;
- la linea tratteggiata rappresenta il requisito legislativo nazionale minimo di EP (in questo caso inteso come EP_{nren}) nel 2015. Secondo la direttiva EPBD gli Stati membri devono adottare le necessarie misure per ridurre in modo significativo il divario tra tale requisito e il livello ottimale in funzione dei costi;
- l'intervallo di edifici nZEB viene qui definito dai casi caratterizzati da un consumo di energia primaria inferiore alla soluzione ottimale e da un costo globale compreso tra quello del caso ottimale e dell'edificio di riferimento.

3.2 Assunzioni generali di calcolo

In accordo con la bozza di norma ISO/DIS 52000-1 [28], la prestazione energetica dell'edificio è definita in termini di energia primaria non rinnovabile (EP_{nren}) e di quota rinnovabile (RER).

I fattori di conversione in energia primaria, mostrati in Tabella 3.3, sono assunti dal D.M. 26 giugno 2015 [3].

Tabella 3.3. Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici (da D.M. 26 giugno 2015) e in emissioni di CO₂ (da ISO/DIS 52000-1)

Vettore energetico	Fattore di conversione in energia primaria			Fattore di produzione di CO ₂ [g/Kwh] K
	Non rinnovabile	Rinnovabile	Totale	
	$f_{P,nren}$	$f_{P,ren}$	$f_{P,tot}$	
Gas naturale ¹	1,05	0	1,05	220
GPL	1,05	0	1,05	220
Gasolio e Olio combustibile	1,07	0	1,07	290
Carbone	1,10	0	1,10	360
Biomasse solide ²	0,20	0,80	1,00	40
Biomasse liquide e gassose ²	0,40	0,60	1,00	70/100
Energia elettrica da rete ³	1,95	0,47	2,42	420
Teleriscaldamento ⁴	1,5	0	1,5	260
Rifiuti solidi urbani	0,2	0,2	0,4	
Teleraffrescamento ⁴	0,5	0	0,5	260
Energia termica da collettori solari ⁵	0	1,00	1,00	0
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico, mini-eolico e mini-idraulico ⁵	0	1,00	1,00	0
Energia termica dall'ambiente esterno – free cooling ⁵	0	1,00	1,00	0
Energia termica dall'ambiente esterno – pompa di calore ⁵	0	1,00	1,00	0

¹ I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.
² Come definite dall'allegato X del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.
³ I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.
⁴ Fattore assunto in assenza di valori dichiarati dal fornitore e asseverati da parte terza.
⁵ Valori convenzionali funzionali al sistema di calcolo.

Per la determinazione del costo globale sono state utilizzate le seguenti assunzioni di calcolo:

- periodo di calcolo pari a 30 anni;
- tasso di interesse reale del 3%;
- costi di energia elettrica e gas naturale da Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEG);
- costo della biomassa da indagini di mercato;

- scenari di tendenza energia sviluppata con il modello PRIMES;
- costi per la manutenzione annuale variabili dallo 0% al 4% del costo dell'investimento a seconda della tecnologia;
- durata della vita utile degli elementi costruttivi fissata a 20 anni, per gli impianti periodi variabili da 15 a 20 anni.
- IVA pari al 22%.

I costi delle misure di efficienza energetica sono stati ricavati da indagini di mercato.

4 Analisi del caso studio allo stato di fatto

4.1 Caratterizzazione dell'edificio

Nel presente paragrafo vengono illustrati le informazioni e i dati raccolti per quanto riguarda il contesto in cui sorge l'edificio, le caratteristiche del fabbricato e degli impianti presenti, l'utenza e i consumi energetici misurati nelle tre stagioni di riscaldamento analizzate (2012/13, 2013/14, 2014/15), in relazione ai rispettivi dati climatici.

Alla fine della caratterizzazione dell'edificio si è fatto riferimento alla documentazione reperita presso la Città Metropolitana di Torino (fra cui la relazione tecnica di cui all'Allegato A e gli elaborati progettuali di cui all'Allegato B) e sono stati effettuati numerosi sopralluoghi, eseguendo il rilievo dello stato di fatto. È stata verificata in tal modo la coerenza delle informazioni progettuali con quanto derivante dai rilievi e dalle analisi in situ.

Attraverso incontri il personale scolastico e con i responsabili della gestione dell'edificio sono state raccolte ulteriori informazioni necessarie allo svolgimento della diagnosi energetica dell'edificio.

Gli occupanti (studenti, personale docente e tecnico-amministrativo) sono stati sottoposti a questionari sulle abitudini legate all'utilizzo dell'edificio.

4.1.1 Contesto esterno

Il caso studio è l'I.T.I.S. Giuseppe Peano, sito in Corso Venezia, 29 a Torino (circoscrizione 5) (Figura 4.1); l'edificio attualmente comprende anche l'I.P.I.A. Zerboni.

L'istituto nasce nell'attuale sede nell'anno scolastico 1961/1962 e nel 1966 viene intitolato al matematico piemontese Giuseppe Peano. Nel 1968 è introdotta la specializzazione in Informatica Industriale e nel 1995 il Liceo Scientifico Tecnologico [46].

Nell'anno scolastico 2013/2014 risultano iscritti 764 studenti.

Sono presenti 88 docenti e 27 componenti del personale ATA.



Figura 4.1. Inquadramento territoriale (da Google Maps)

Il complesso è costituito da due volumi: il primo, leggermente a U, ospita la scuola, mentre il secondo, a pianta rettangolare, la palestra sul cortile interno.

L'edificio scolastico si affaccia su Corso Venezia a sud-est, su Via Villar a nord-est e in parte su Via Michele Antonio Vibò a sud-ovest, mentre gli altri lati si affacciano sull'interno dell'isolato e sul cortile (da Figura 4.2 a Figura 4.4). Su Corso Venezia è presente un cantiere per la realizzazione di un asse viario; pertanto non sono presenti edifici. I fabbricati adiacenti al complesso sono di altezza inferiore (Figura 4.5).

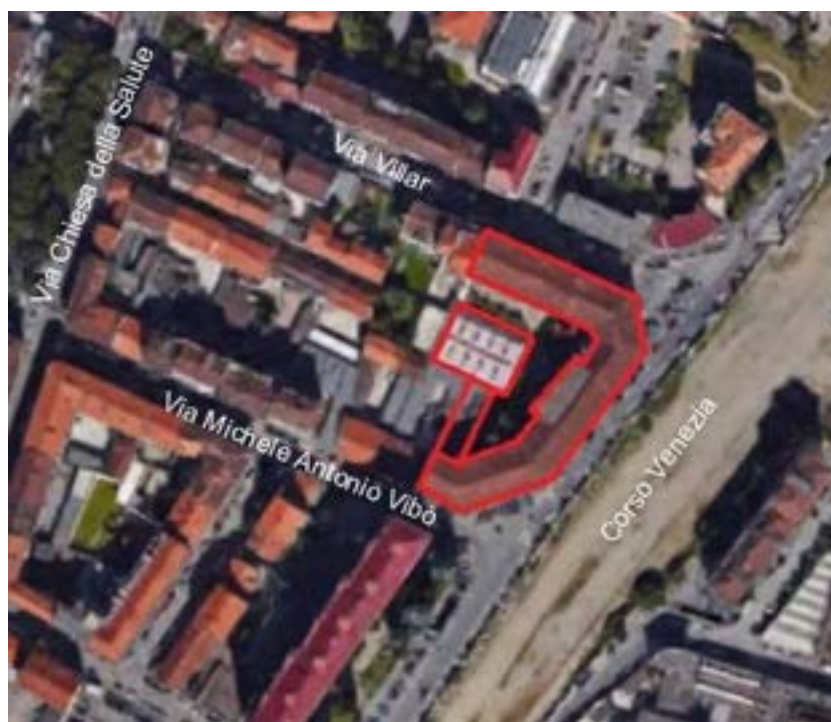


Figura 4.2. Vista dall'alto sull'isolato con individuazione del complesso scolastico (elaborazione da Google Maps)

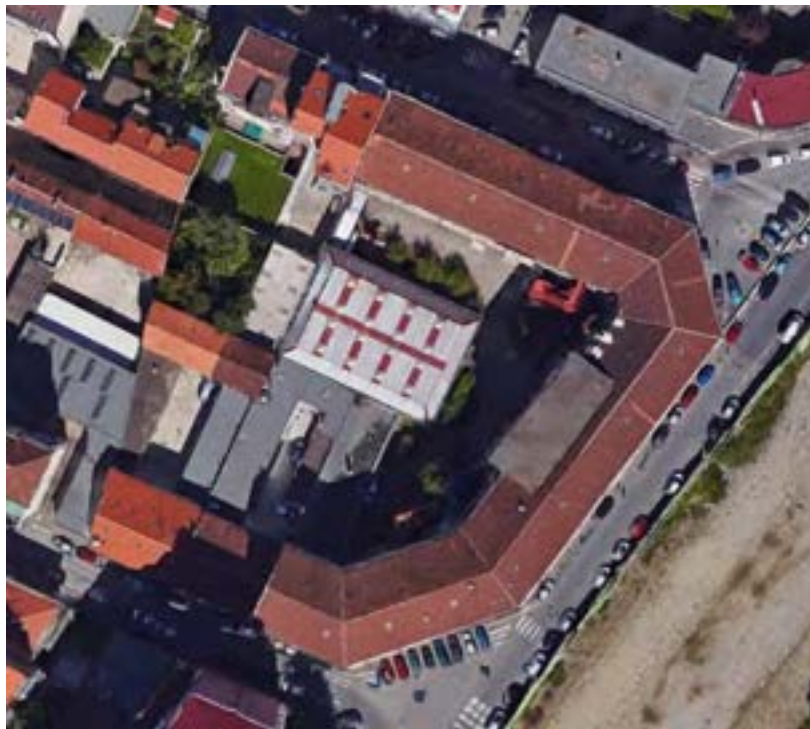


Figura 4.3. Vista dall'alto sull'edificio (da Google Maps)



Figura 4.4. Vista 3D sull'edificio (da Google Maps)



Figura 4.5. Planimetria con indicazione del numero di piani degli edifici adiacenti al complesso scolastico (elaborazione da Geoportale Comune di Torino)

L'ingresso principale è collocato su Corso Venezia (Figura 4.6).



Figura 4.6. Prospetto principale su Corso Venezia

La palestra, di altezza inferiore rispetto all'edificio scolastico, è raggiungibile dal cortile interno (Figura 4.7), ma collegata alla restante parte del complesso scolastico, che raggiunge 17,30 m di altezza fino alla linea di gronda sul prospetto principale.



Figura 4.7. Cortile interno (palestra e scuola)

L'edificio pertanto è poco ombreggiato da ostacoli esterni e presenta una schermatura al vento media.

4.1.2 Fabbricato

La struttura è stata realizzata negli anni Quaranta del Novecento, ad eccezione della palestra nel cortile interno, costruita in tempi più recenti.

La scuola è composta da quattro piani fuori terra e un piano seminterrato non riscaldato. La palestra è su un unico piano parzialmente interrato (Allegato B).

La Tabella 4.1 mostra i dati generali sul fabbricato e le caratteristiche geometriche.

Tabella 4.1. Dati generali sul fabbricato (caratteristiche geometriche)

Caratteristica	Simbolo	Unità di misura	Valore
Volume lordo riscaldato	V_l	m^3	47223
Superficie netta di pavimento	A_f	m^2	8935
Superficie dell'involucro disperdente	A_e	m^2	11549
Superficie dell'involucro finestrato	A_w	m^2	1399
Rapporto di forma	S/V	m^{-1}	0,24

Durante i sopralluoghi sono stati rilevati i componenti di involucro opaco e trasparente.

Per la caratterizzazione dei componenti di involucro, si è fatto riferimento a quanto riportato nella relazione tecnica all'Allegato A. Le caratteristiche di alcuni componenti non presenti all'interno della relazione tecnica sono state assunte per analogia costruttiva, confrontando il componente con soluzioni tecnologiche coeve ricavate da banche dati in letteratura. Le principali caratteristiche termofisiche dei componenti edilizi sono riportate in Tabella 4.2, Tabella 4.3 e Tabella 4.4.

Le pareti perimetrali esterne sono pareti a cassavuota in laterizio pieno nel corpo edilizio principale, e in termo laterizio nella palestra. La parete sottofinestra e la parete che ospita il cassonetto delle avvolgibili, ove presenti, sono di spessore ridotto.

I componenti opachi verticali, indicati in Tabella 4.2, presentano valori del coefficiente di assorbimento solare pari a 0,6 e di emissività pari a 0,9.

Tabella 4.2. Caratteristiche dei componenti opachi verticali

COMPONENTI OPACHI VERTICALI						
Codice	Descrizione	Spessore	Trasmittanza termica	Capacità termica areica esterna ³	Capacità termica areica interna ³	Trasmittanza termica periodica ³
		s	U _c	K _e	K _i	Y _{ie}
[-]	[-]	[m]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]	[kJ/m ² K]	[W/m ² K]
M1	Parete perimetrale scuola	0,50	1,41	109,70	72,30	0,548
M2	Parete vs locali alla stessa temperatura	0,50	1,33	69,50	70,10	0,347
M3	Parete perimetrale palestra	0,30	1,04	64,30	55,40	0,600
M4	Parete sottofinestra	0,26	1,83	109,40	71,70	0,804
M5	Parete cassonetto	0,50	1,40	106,00	42,10	0,482
M6	Parete sottile vs esterno	0,12	1,97	53,40	35,80	1,996
M7	Parete controterra	0,50	1,92	142,10	76,70	0,302
M8 ⁴	Parete interna in laterizio	0,12	2,05	53,60	53,60	1,533
M9	Parete interna in acciaio-vetro	0,01	6,00	-	-	-
M10 ⁵	Parete in vetrocemento	8,00	3,50	-	-	-

Il pavimento del piano terra confina in parte con il terreno e in parte con il piano seminterrato non riscaldato. Il pavimento della palestra è a contatto con il terreno; la copertura della palestra è di tipo sandwich. Il solaio superiore del corpo edilizio principale è in latero-cemento, non coibentato, e confina con il sottotetto non riscaldato.

³ Il calcolo della capacità termica areica interna ed esterna e della trasmittanza termica periodica è stato effettuato secondo la UNI EN ISO 13786:2008.

⁴ V. Corrado et al., "Building Typology Brochure – Italy. Fascicolo sulla Tipologia Edilizia Italiana", Torino, 2011.

⁵ ASHRAE Handbook: Fundamentals, 2009. Vengono trascurati gli apporti solari attraverso tale componente.

Tabella 4.3. Caratteristiche delle componenti opache orizzontali

COMPONENTI OPACHE ORIZZONTALI					
Codice	Descrizione	Spessore	Trasmittanza termica	Capacità termica areica esterna ³	Capacità termica areica interna ³
		s	U_c	K_e	K_i
[-]	[-]	[m]	[W/m ² K]	[kJ/m ² K]	[kJ/m ² K]
S1	Solaio interpiano	0,38	1,25	61,60	72,30
S2	Pavimento palestra	0,46	1,26	83,50	59,40
S3	Pavimento su terreno	0,53	1,51	114,40	57,40
S4	Solaio vs sottotetto	0,33	1,65	63,60	75,30
S5	Copertura palestra	0,12	0,44	7,40	5,70
S6 ⁴	Copertura scuola	-	2,20	-	-
S7	Copertura manica ovest	0,24	2,14	119,30	68,60

I serramenti sono di due tipologie: telaio in legno e vetro semplice, originari e deteriorati, e telaio in alluminio e vetro doppio, installati a partire dal 2009 a sostituzione di alcuni infissi del primo tipo (Figura 4.8).



Figura 4.8. Particolare infissi (in legno e vetro singolo a sinistra, in alluminio e vetro doppio a destra).

Nell'edificio che ospita la palestra vi sono serramenti con telaio metallico e vetro singolo. Attraverso i sopralluoghi effettuati, sono stati rilevati gli infissi presenti in ogni locale dell'edificio (Allegato B), caratterizzati in base alla tipologia, esposizione, ombreggiamenti, presenza di tende interne e di chiusure oscuranti.

Le caratteristiche dei serramenti sono state valutate secondo quanto previsto nelle norme UNI/TS 11300-1 [4] e UNI EN ISO 10077-1 [9]. In particolare:

- Le chiusure oscuranti presenti sono avvolgibili in legno senza riempimento in schiuma, con permeabilità all'aria alta (a cui corrisponde una resistenza termica aggiuntiva pari a 0,12 m²K/W);
- Le schermature mobili sono costituite da tende bianche interne con coefficiente di trasmissione solare pari a 0,7 (a cui corrisponde un fattore di riduzione solare g_{gl+sh}/g_{gl} pari a 0,8);

- Gli infissi originali sono costituiti da telaio in legno tenero di spessore 50 mm (a cui corrisponde un valore di trasmittanza termica pari a $2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$) e vetro singolo di spessore 3 mm (a cui corrisponde un valore di trasmittanza termica pari a $5,78 \text{ W/m}^2\text{K}$);
- Gli infissi recentemente sostituiti sono costituiti da telaio in alluminio con taglio termico di spessore 70-75 mm (a cui corrisponde un valore di trasmittanza termica pari a $2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$) e doppio vetro normale con intercapedine d'aria tipo 4-12-4 (a cui corrisponde un valore di trasmittanza termica pari a $2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$). Il valore del ponte termico in corrispondenza della giunzione fra vetro e telaio è assunto pari a $0,08 \text{ W/mK}$;
- Gli infissi presenti nell'edificio della palestra esterna sono costituiti da telaio in alluminio senza taglio termico (a cui corrisponde un valore di trasmittanza termica pari a $7,00 \text{ W/m}^2\text{K}$) e doppio vetro normale con intercapedine d'aria tipo 4-6-4 (a cui corrisponde un valore di trasmittanza termica pari a $3,30 \text{ W/m}^2\text{K}$). Il valore del ponte termico in corrispondenza della giunzione fra vetro e telaio è assunto pari a $0,02 \text{ W/mK}$.

Le caratteristiche dei serramenti presenti nell'edificio sono mostrate nella Tabella 4.4.

Tabella 4.4. Caratteristiche dei componenti trasparenti

COMPONENTI TRASPARENTI										
Codice	Descrizione				Area	Fattore di forma telaio	Trasmittanza termica (finestra)	Trasmittanza termica (finestra + chiusura oscurante)	Coefficiente di trasmissione solare totale per incidenza normale (vetro)	Coefficiente di trasmissione solare totale (vetro + schermatura)
	Telaio	Vetro	Chiusura oscurante	Schermatura mobile	A	F _F	U _w	U _{w+shut}	g _{gl,n}	g _{gl+sh}
[-]	[-]				[m ²]	[-]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[-]	[-]
F1.L_1	L	S	no	no	4,00	0,41	4,25	4,25	0,85	0,85
F1.L_2	L	S	si	no	4,00	0,41	4,25	2,81	0,85	0,85
F1.L_3	L	S	no	si	4,00	0,41	4,25	4,25	0,85	0,68
F1.L_4	L	S	si	si	4,00	0,41	4,25	2,81	0,85	0,68
F1.A_1	A	D	no	no	4,00	0,41	2,82	2,82	0,75	0,75
F1.A_2	A	D	si	no	4,00	0,41	2,82	2,11	0,75	0,75
F1.A_3	A	D	no	si	4,00	0,41	2,82	2,82	0,75	0,60
F1.A_4	A	D	si	si	4,00	0,41	2,82	2,11	0,75	0,60
F2.L_2	L	S	si	no	4,56	0,33	4,52	2,93	0,85	0,85
F2.A_1	A	D	no	no	4,56	0,33	2,89	2,89	0,75	0,75
F2.A_2	A	D	si	no	4,56	0,33	2,89	2,14	0,75	0,75
F3.L_1	L	S	no	no	7,20	0,41	4,24	4,24	0,85	0,85
F4.A_1	A	D	no	no	1,28	0,46	2,90	2,90	0,75	0,75

COMPONENTI TRASPARENTI										
Codice	Descrizione				Area	Fattore di forma telaio	Trasmittanza termica (finestra)	Trasmittanza termica (finestra + chiusura oscurante)	Coefficiente di trasmissione solare totale per incidenza normale (vetro)	Coefficiente di trasmissione solare totale (vetro + schermatura)
	Telaio	Vetro	Chiusura oscurante	Schermatura mobile	A	F _F	U _w	U _{w+shut}	g _{gl,n}	g _{gl+sh}
[-]	[-]				[m ²]	[-]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[-]	[-]
F5.A_1	A	D	no	no	8,00	0,31	2,88	2,88	0,75	0,75
F6.A_1	A	D	no	no	5,20	0,34	2,88	2,88	0,75	0,75
F7.L_1	L	S	no	no	5,80	0,31	4,60	4,60	0,85	0,85
F8.L_1	L	S	no	no	3,84	0,28	4,74	4,74	0,85	0,85
F9.L_1	L	S	no	no	6,36	0,27	4,78	4,78	0,85	0,85
F10.A_1	A	D	no	no	6,75	0,44	4,97	4,97	0,75	0,75
F11.A_1	A	D	no	no	8,64	0,44	2,73	2,73	0,75	0,75
Legenda - telaio: L = legno; A = alluminio; - vetro: S = singolo; D = doppio.										

Sono stati individuati i ponti termici presenti nella struttura, e classificati mediante l'utilizzo del software "Thermal Bridge Evaluator", che si basa sull'Atlante nazionale dei ponti termici [30]. Sono stati trascurati i ponti termici puntuali. La Tabella 4.5 riassume i ponti termici lineari presenti.

Tabella 4.5. Ponti termici lineari

PONTI TERMICI LINEARI				
Codice	Codice "Atlante nazionale dei ponti termici"	Descrizione	Trasmittanza termica lineica esterna	Trasmittanza termica lineica interna
			Ψ_e	Ψ_i
[-]	[-]	[-]	[W/mK]	[W/mK]
L1.1	C23	M1 - angolo rientrante con pilastro	0,699	-0,571
L1.2	C8	M6 - angolo rientrante senza pilastro	0,157	-0,360
L2.1	C23	M3 - angolo rientrante con pilastro	0,548	-0,230
L2.2	C15	M1 - angolo sporgente con pilastro	-0,760	0,517

PONTI TERMICI LINEARI				
Codice	Codice “Atlante nazionale dei ponti termici”	Descrizione	Trasmittanza termica lineica esterna	Trasmittanza termica lineica interna
			Ψ_e	Ψ_i
[-]	[-]	[-]	[W/mK]	[W/mK]
L2.3	C4	M6 - angolo sporgente senza pilastro	-0,415	0,101
L2.4	C15	M6/M1 - angolo sporgente con pilastro	-0,493	0,390
L3.1	C15	M3 - angolo sporgente con pilastro	-0,388	0,391
L3.2	P4	M1 - pilastro	0,517	0,517
L3.3	P4	M6 - pilastro	1,084	1,084
L4.1	P4	M3 - pilastro	0,685	0,685
L4.2	W10	M1 - finestra	0,232	0,232
L5.1	W10	M3 - finestra	0,115	0,115
L6.1	W10	M4/M5 - finestra	0,135	0,135
L6.2	IF4	M1 - S1 interpiano	0,462	0,839
L6.3	IF4	M4/M5 - S1	0,509	1,185
L7.1	IF4	M6 - S1 interpiano	0,992	1,531
L7.2	IF4	M1 - S1 seminterrato	0,462	0,839
L8.1	R16	M4 - S1 seminterrato	0,509	1,185
L8.2	R16	M6 - S1 seminterrato	0,992	1,531

4.1.3 Impianti

Gli impianti termici a servizio dell’edificio (Allegato C, Allegato B) sono i seguenti: impianto di riscaldamento, presente nell’intero complesso scolastico, e impianto di ventilazione meccanica, presente solamente nei locali palestra esterna e aula magna. Non risulta installato un impianto di raffrescamento; l’impianto di produzione di acqua calda sanitaria è in disuso (durante i sopralluoghi è stata rilevata la presenza di boiler elettrici non funzionanti).

Di ogni ambiente sono stati rilevati i dispositivi di illuminazione artificiale e le apparecchiature elettriche.

Impianto di riscaldamento

L’impianto di riscaldamento è costituito da due generatori pressurizzati a gas metano a doppio regime di fiamma per una potenza complessiva installata di 1.860 kW. I generatori sono completi di tutti gli organi di sicurezza previsti. Le caratteristiche degli ausiliari di generazione presenti sono state valutate sulla base delle indicazioni fornite nella documentazione progettuale dell’impianto, attraverso il reperimento delle relative schede tecniche dei componenti.

La centrale termica è collocata nel piano seminterrato in un apposito locale compartimentato e con ingresso dall'esterno mediante una porta ad uso esclusivo (Figura 4.9). E' presente un sistema di tele gestione dell'impianto. Sono installati inoltre i dispositivi per il trattamento dell'acqua tecnica.



Figura 4.9. Locale centrale termica

L'impianto ha recentemente subito un intervento di miglioramento, che ha previsto il rifacimento del tratto dai generatori ai montanti di distribuzione verticale correnti a vista negli ambienti, mediante l'installazione di collettori di mandata e di ritorno, collegati ai generatori di calore e posti in un locale tecnico al piano seminterrato (Figura 4.10).

Il sistema di distribuzione è costituito da sei sottocircuiti indipendenti (A, B, C, D, E, F), a partire dal collettore di mandata e di ritorno. Nelle planimetrie in Allegato CAlegato B vengono mostrate le zone servite da ogni sottocircuito. Il sottocircuito A non viene utilizzato, in quanto è a servizio del piano seminterrato che non è riscaldato; all'interno sono situati gli archivi.



Figura 4.10. Collettori di distribuzione dell'impianto di riscaldamento

Ogni sottocircuito dispone di un circolatore gemellare elettronico a portata variabile (le cui caratteristiche sono indicate nella documentazione sull'impianto di riscaldamento e valutate attraverso le relative schede tecniche dei componenti); sono inoltre presenti valvole miscelatrici in tutti i sottocircuiti, ad eccezione del B, che alimenta anche la UTA a servizio della palestra esterna. Per ogni sottocircuito è presente una regolazione climatica e di zona, mediante sonde poste nei rispettivi locali serviti.

I terminali di erogazione all'interno dell'edificio sono costituiti quasi esclusivamente da radiatori sprovvisti di valvole termostatiche, ad eccezione di una porzione irrilevante dei disimpegni al piano secondo e terzo, che presentano termoconvettori, e della palestra, riscaldata con una UTA provvista di recuperatore di calore.

I radiatori sono collocati per la maggior parte sulle pareti esterne non isolate; il rilievo dei corpi scaldanti è stato effettuato durante i sopralluoghi (Allegato C Allegato B).

L'impianto di riscaldamento viene gestito in funzione della presenza degli occupanti, azionando indipendentemente ogni sottocircuito di distribuzione, secondo quanto dichiarato dal personale tecnico responsabile della gestione.

Impianto di ventilazione

Come detto precedentemente, l'impianto di ventilazione meccanica è presente nella palestra esterna e nell'aula magna.

Non è stato possibile recuperare numerose informazioni sull'UTA a servizio della palestra, non essendo di epoca recente. La portata d'aria è di 20000 m³/h (Allegato C Allegato B). L'UTA è collegata a canali microforati che si estendono per la lunghezza del locale palestra. L'efficienza del recuperatore di calore è stata stimata pari al 60%.

Per quanto riguarda l'aula magna, il sistema di ventilazione meccanica presente ha una portata d'aria di 3000 m³/h ed è collegato ad un recuperatore, la cui efficienza è stata stimata pari al 60%. Sono presenti bocchette di immissione ed estrazione nell'ambiente ventilato.

Anche l'impianto di ventilazione meccanica viene azionato in funzione della presenza di occupanti negli ambienti serviti.

Impianto di illuminazione

Durante i sopralluoghi è stato effettuato il rilievo dei dispositivi di illuminazione artificiale e d'emergenza presenti in ogni ambiente, riportati nell'Allegato D. La tipologia maggiormente diffusa di lampade è costituita da neon fluorescenti di diversa potenza, come indicato nella Tabella D.2 (Allegato D).

Apparecchiature elettriche

I dispositivi maggiormente utilizzati nei diversi ambienti, e rilevati attraverso i sopralluoghi, sono:

- personal computer;
- proiettori;
- stampanti;
- fotocopiatrici.

Vi sono alcuni ambienti (in particolare il bar e i laboratori di chimica), che presentano ulteriori apparecchiature elettriche; l'Allegato D mostra i dispositivi elettrici presenti in ogni locale.

Risulta evidente un'elevata concentrazione di apparecchiature elettriche nei laboratori.

4.1.4 Utenza

Al fine di effettuare la diagnosi energetica e quindi creare un modello dell'edificio aderente alla realtà, è necessario stabilire dei profili d'utenza reale, in maniera da valutare il fattore di occupazione legato al numero di occupanti, le ore effettive di presenza all'interno di ogni ambiente, le abitudini che influenzano il comportamento energetico dell'edificio, quali ad esempio l'apertura delle finestre, correlata alla ventilazione naturale, e la gestione delle schermature mobili e delle chiusure oscuranti.

Per ricavare il comportamento degli occupanti sono stati forniti questionari all'utenza: per quanto riguarda l'utilizzo dell'impianto di illuminazione, è emerso che durante le ore di occupazione l'illuminazione artificiale è preferita rispetto a quella naturale.

Occupazione

Sulla base del materiale fornito dal Dirigente scolastico dell'edificio oggetto del presente studio e delle informazioni presenti sul sito internet dell'Istituto [46], è stato ricavato il numero totale di alunni e di personale dipendente presente all'interno dell'edificio.

Le classi presenti nell'anno 2015/2016 e il numero totale di persone, considerando la presenza di un insegnante per classe, viene riportato in Tabella 4.6.

Tabella 4.6. Persone per classe (alunni + insegnante)

Classe	Alunni	Insegnanti	Totale
1A	22	1	23
1A lissa	26	1	27
1B iti	22	1	23
1C	23	1	24
1D	23	1	24
1E	26	1	27
1F	22	1	23
1G	24	1	25
2A	23	1	24
2A lissa	28	1	29
2B	25	1	26
2C	18	1	19
2D	26	1	27
2E	16	1	17
2F	23	1	24
3A ele	22	1	23
3A inf	26	1	27
3A lissa	19	1	20
3A lissa	25	1	26
3B auto	25	1	26

Classe	Alunni	Insegnanti	Totale
3B inf	20	1	21
3B lissa	25	1	26
3C inf	16	1	17
4A ele	21	1	22
4A inf	28	1	29
4A lissa	20	1	21
4B ele	27	1	28
4B inf	20	1	21
4B lissa	20	1	21
4C ele	25	1	26
5A ele	16	1	17
5A inf	30	1	31
5A lissa	16	1	17
5B ele	16	1	17
5B inf	22	1	23
Totale scuola	764	34	798

Sono state reperite informazioni per risalire al numero di occupanti presenti ogni ora in ciascun ambiente dell'istituto scolastico per ogni giorno della settimana tipo (Allegato E).

Apertura delle finestre

Le informazioni richieste nei questionari sulla gestione delle finestre riguardano i tempi di apertura in tre stagioni (inverno, estate, periodi intermedi), nelle ore di occupazione; i risultati sono illustrati in Tabella 4.7. Nelle ore di non occupazione gli infissi sono generalmente chiusi.

Tabella 4.7. Tempi di apertura delle finestre

		Stagione		
		Inverno (gen., feb., mar., nov., dic.)	Primavera/Autunno (apr., mag., set., ott.)	Estate (giu., lug., ago.)
Tempi di apertura	[Minuti/h]	10 ¹	30 ²	60 ³
Note: ¹ Nell'aula magna e nel locale biblioteca le finestre sono sempre chiuse, nel bar il tempo di apertura è di 20 min/h. ² Nell'aula magna le finestre sono sempre chiuse, nel locale biblioteca il tempo di apertura è di 10 min/h, nel bar 45 min/h e nelle zone di transito o non utilizzate 20 min/h. ³ Nell'aula magna le finestre sono sempre chiuse, nel locale biblioteca il tempo di apertura è di 10 min/h e nelle zone di transito o non utilizzate 40 min/h.				

Gestione delle chiusure oscuranti

Per quanto riguarda le chiusure oscuranti (Tabella 4.4 pag. 32), dai questionari proposti all'utenza emerge che sono spesso utilizzate nelle ore diurne in presenza degli occupanti per regolare l'ingresso di luce naturale negli ambienti; inoltre non vengono mai completamente chiuse nelle ore notturne.

Si è riscontrata una differenza per i locali adibiti a laboratori, dove spesso sono collocati computer: non essendo presenti in molti casi schermature mobili, gli utenti tendono ad attivare frequentemente le chiusure oscuranti, per una migliore visione degli schermi. I risultati derivanti dai questionari sono riportati in Tabella 4.8; anche in questo caso l'utilizzo è stato suddiviso per stagione.

Tabella 4.8. Gestione delle chiusure oscuranti

			Stagione		
			Inverno (gen., feb., mar., nov., dic.)	Primavera/Autunno (apr., mag., set., ott.)	Estate (giu., lug., ago.)
Percentuale di chiusura oscurante chiusa (0% = aperta, 100 % = chiusa)	Occupanti presenti	[%]	20 ¹	30 ²	40 ³
	Occupanti assenti	[%]	70 ¹	70 ²	70 ³
Note: ¹ Nei laboratori (con computer) la percentuale di chiusura oscurante chiusa è pari al 60% quando gli occupanti sono presenti e 70% quando assenti. ² Nei laboratori (con computer) la percentuale di chiusura oscurante chiusa è pari al 70% quando gli occupanti sono presenti e 70% quando assenti. ³ Nei laboratori (con computer) la percentuale di chiusura oscurante chiusa è pari al 80% quando gli occupanti sono presenti e 80% quando assenti.					

4.1.5 Consumi energetici

I consumi energetici per il riscaldamento dell'edificio sono stati forniti dalla Città Metropolitana di Torino⁶, per tre stagioni analizzate, come illustrato in Tabella 4.9. Non essendo presenti impianti di raffrescamento o impianti per la produzione di ACS, i consumi termici dell'edificio oggetto di studio sono legati esclusivamente al fabbisogno di riscaldamento. Il periodo di accensione dell'impianto di riscaldamento, essendo in zona climatica E, è fissato dal 15 Ottobre al 15 Aprile.

Non è stato possibile ricavare informazioni sui consumi elettrici.

⁶ La lettura dei consumi è stata ricavata dalla placca contatermie V/34258/29/5 - Città Metropolitana di Torino.

Tabella 4.9. Consumi energetici per riscaldamento

Stagione di riscaldamento	Lettura inizio stagione	Lettura fine stagione	Consumo stagione
[-]	[MWh]	[MWh]	[MWh]
2012/2013	9837,3	10662,0	824,7
2013/2014	10662,0	11350,4	688,4
2014/2015	11356,5	12008,9	652,4

I consumi energetici sono stati relazionati ai dati climatici (gradi-giorno) per ogni stagione di riscaldamento analizzata. Le informazioni sui dati climatici di Torino effettivi, per quanto riguarda gli anni presi in esame, sono stati ricavati consultando l'archivio dati meteorologici messo a disposizione da ARPA Piemonte (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale) [47]. I dati meteorologici giornalieri sono stati misurati presso la stazione meteorologica di Torino-Giardini Reali: la temperatura dell'aria esterna (°C) e l'irraggiamento solare globale sul piano orizzontale (MJ/m²d). I valori medi mensili dell'irraggiamento solare globale giornaliero per ogni orientamento sono stati calcolati secondo quanto previsto dalla norma UNI 10349-1 [11]. I dati ricavati, per le tre stagioni analizzate⁷, sono illustrati da Tabella 4.10 a Tabella 4.13.

Tabella 4.10. Temperatura giornaliera media mensile dell'aria esterna

			Stagione	Mese											
				gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Temperatura aria esterna	θ_e	[°C]	2012/2013	3,5	2,8	7,4	13,1	15,6	21,0	24,8	23,4	18,8	13,8	8,8	2,3
			2013/2014	4,2	6,1	10,6	14,4	16,8	21,7	21,8	21,4	19,1	13,6	7,7	3,3
			2014/2015	3,9	4,2	9,9	14,0	18,5	22,6	27,9	23,5	18,7	15,0	9,5	5,0

Tabella 4.11. Valore medio mensile dell'irraggiamento solare globale giornaliero - Stagione 2012/2013

Irraggiamento solare	$I_{sol, d}$	[MJ/m ² d]	STAGIONE 2012/2013												
			Orientamento	Mese											
				gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
			H	4,3	6,8	9,9	12,3	18,5	21,1	21,5	20,3	11,7	7,8	4,3	3,3
			N	1,6	2,4	3,5	4,7	7,3	8,9	8,6	6,6	4,0	2,7	1,7	1,3
			NE/NW	1,7	2,9	4,7	6,4	9,9	11,5	11,6	10,2	5,7	3,5	1,9	1,4
			E/W	3,4	5,1	7,0	8,2	12,1	13,5	14,0	13,8	8,1	5,8	3,3	2,6
			SE/SW	5,8	7,4	8,6	8,6	11,3	11,8	12,5	13,7	9,2	7,7	5,0	4,5
			S	7,4	8,7	9,0	7,9	9,3	9,3	9,8	11,5	9,0	8,7	6,2	5,7

⁷ Per ogni stagione climatica analizzata, i dati presi in considerazione sono quelli dell'anno precedente per i mesi da settembre a dicembre e dell'anno successivo per i mesi da gennaio ad agosto.

Tabella 4.12. Valore medio mensile dell'irraggiamento solare globale giornaliero - Stagione 2013/2014

			STAGIONE 2013/2014												
			Orientamento	Mese											
				gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Irraggiamento solare	$I_{sol, d}$	[MJ/m²d]	H	3,4	6,2	12,8	15,2	18,8	20,2	18,1	16,5	13,7	5,8	3,9	3,0
			N	1,4	2,3	3,8	5,2	7,4	8,7	7,7	6,0	4,3	2,3	1,6	1,2
			NE/NW	1,5	2,7	5,7	7,6	10,0	11,1	9,9	8,6	6,5	2,8	1,7	1,3
			E/W	2,6	4,6	9,4	10,4	12,3	13,0	11,7	11,0	9,7	4,1	2,9	2,3
			SE/SW	4,2	6,5	11,8	10,9	11,5	11,4	10,5	11,0	11,2	5,3	4,4	3,9
			S	5,2	7,7	12,5	9,9	9,4	9,0	8,6	9,4	10,9	5,9	5,4	5,0

Tabella 4.13. Valore medio mensile dell'irraggiamento solare globale giornaliero - Stagione 2014/2015

			STAGIONE 2014/2015												
			Orientamento	Mese											
				gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Irraggiamento solare	$I_{sol, d}$	[MJ/m ² d]	H	4,5	6,4	12,0	18,1	18,6	21,2	22,3	18,4	13,1	7,3	3,0	2,8
			N	1,6	2,3	3,7	5,5	7,3	9,0	8,8	6,4	4,2	2,6	1,3	1,2
			NE/NW	1,8	2,8	5,4	8,8	9,9	11,6	12,0	9,4	6,3	3,3	1,4	1,2
			E/W	3,6	4,8	8,7	12,6	12,2	13,7	14,6	12,4	9,2	5,3	2,2	2,2
			SE/SW	6,2	6,8	10,9	13,3	11,4	11,9	12,9	12,3	10,6	7,1	3,1	3,6
			S	7,9	8,0	11,5	11,9	9,3	9,4	10,1	10,5	10,3	8,0	3,8	4,5

In Tabella 4.14 sono riportati i gradi giorno del periodo di riscaldamento (zona climatica E, 15 ottobre - 15 aprile).

Tabella 4.14. Gradi giorno periodo di riscaldamento

Stagione di riscaldamento	Gradi giorno [°C d]
2012/2013	2544
2013/2014	2231
2014/2015	2246

4.2 Costruzione del modello

Come indicato dalla UNI/TS 11300, è necessario suddividere l'edificio in zone termiche (Paragrafo 4.2.3), nel rispetto di specifici requisiti. I criteri seguiti per la zonizzazione si sono basati, oltre che sulle caratteristiche del fabbricato, anche su aspetti legati all'utenza (Paragrafo 4.2.1) e su altri correlati alle proprietà e alla gestione degli impianti termici (temperatura interna di set-point, terminali di emissione, modalità di regolazione, sistema di distribuzione e generazione), mostrate al Paragrafo 4.2.2.

Successivamente all'individuazione delle zone termiche sono stati calcolati tutti i parametri energetici ad esse relazionati, elencati nei paragrafi successivi.

4.2.1 Profili di occupazione

Dalla documentazione in possesso e attraverso le informazioni recuperate durante gli incontri con il personale scolastico e il dirigente (Paragrafo 4.1.4 e Allegato E) è stato possibile determinare un profilo orario di presenza per i giorni feriali (dal lunedì al venerdì) e festivi (incluso sabato) della settimana tipo per ogni ambiente, il fattore di occupazione caratteristico e il fattore di occupazione medio giornaliero e settimanale (Allegato E). I profili d'utenza sono strettamente correlati inoltre agli apporti gratuiti legati agli occupanti e alle apparecchiature elettriche, in funzione dell'utilizzo.

In funzione della destinazione d'uso degli ambienti e quindi della presenza oraria, delle attività svolte e del tipo di apparecchiature elettriche, i locali dell'edificio sono stati raggruppati nelle seguenti categorie:

- Aule;
- Laboratori;
- Uffici;
- Palestre;
- Zone non occupate o di transito.

I grafici seguenti (da Figura 4.11 a Figura 4.16) mostrano il fattore di occupazione orario medio giornaliero per giorni feriali (dal lunedì al venerdì) e festivi (incluso sabato) per le categorie aule, laboratori e uffici; nelle zone non occupate tale fattore è nullo.

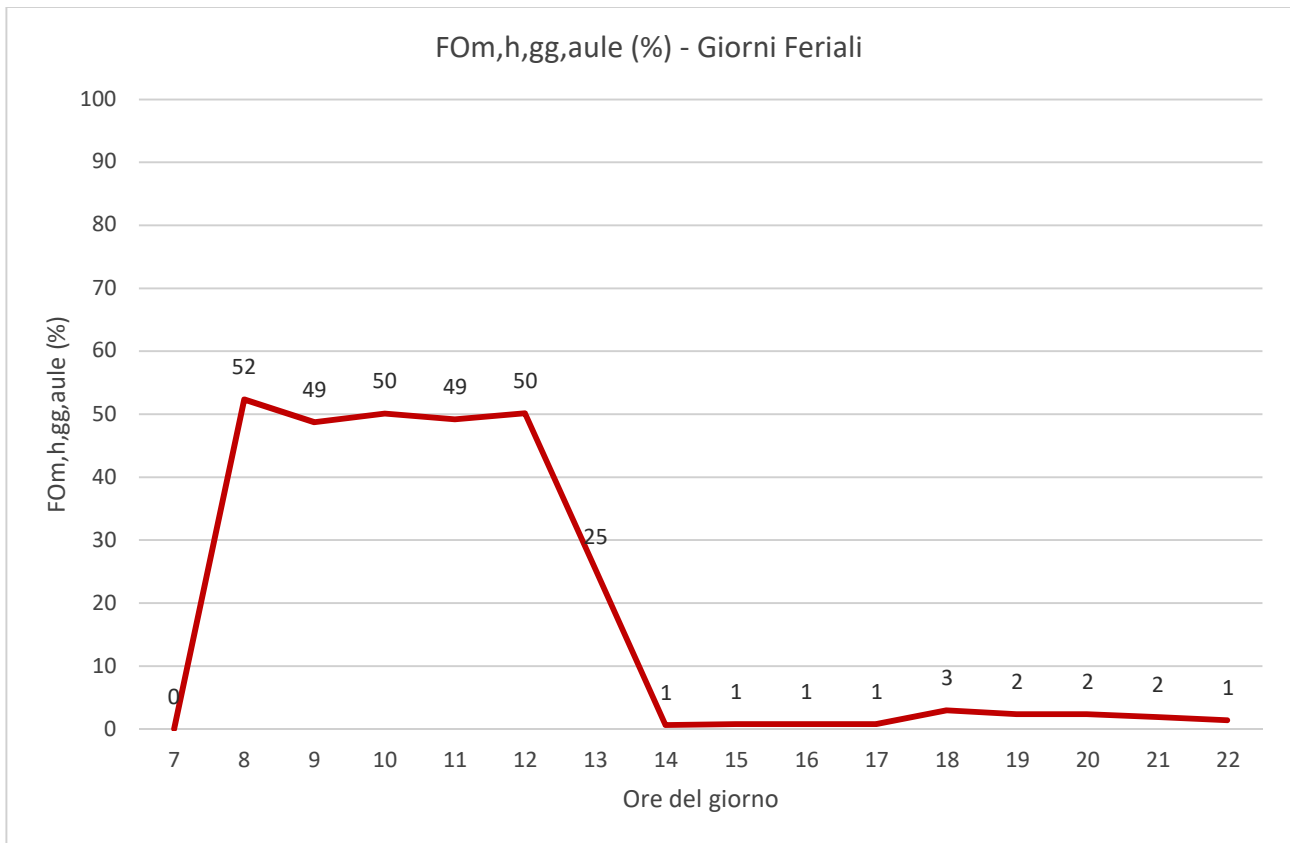


Figura 4.11. Fattore di occupazione medio orario giornaliero nei giorni feriali - aule

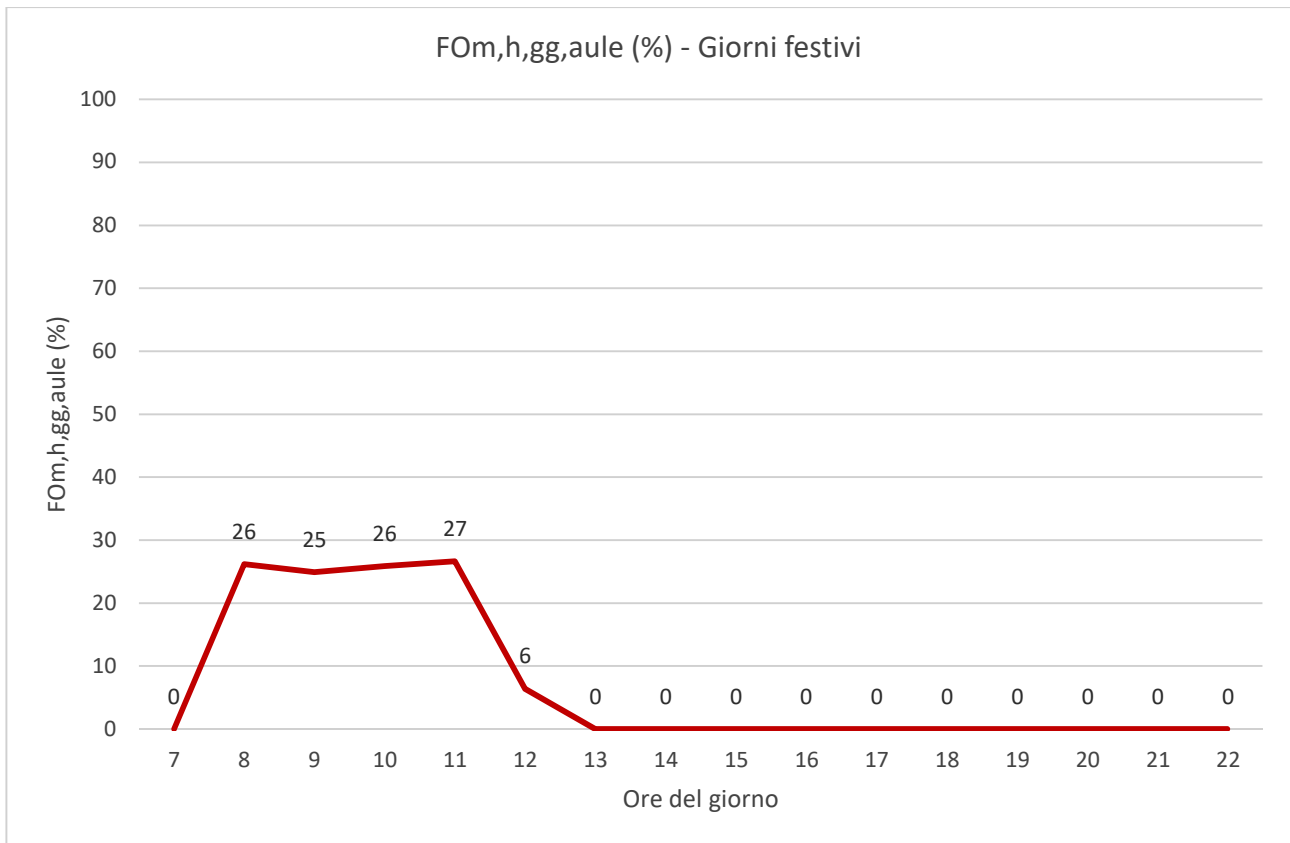


Figura 4.12. Fattore di occupazione medio orario giornaliero nei giorni festivi - aule

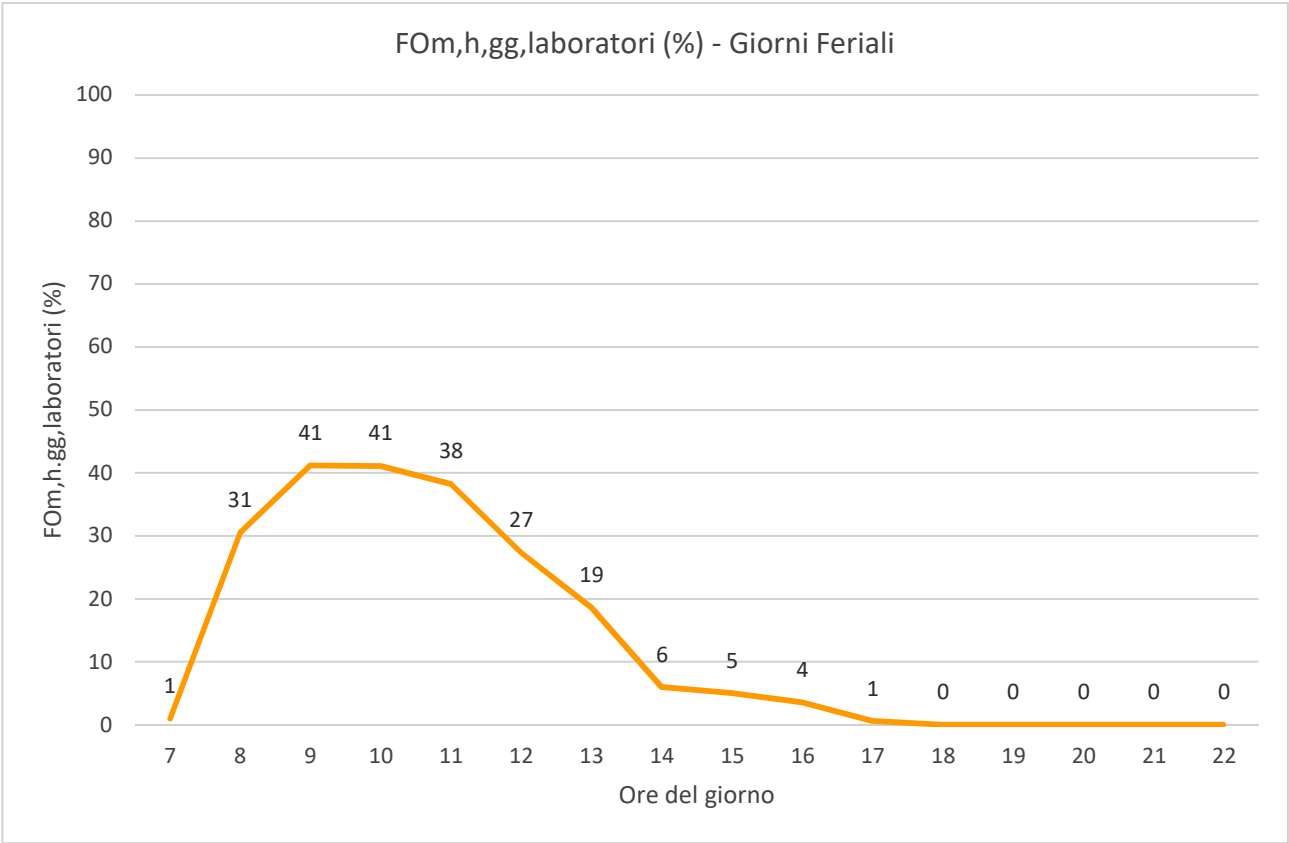


Figura 4.13.Fattore di occupazione medio orario giornaliero nei giorni feriali - laboratori

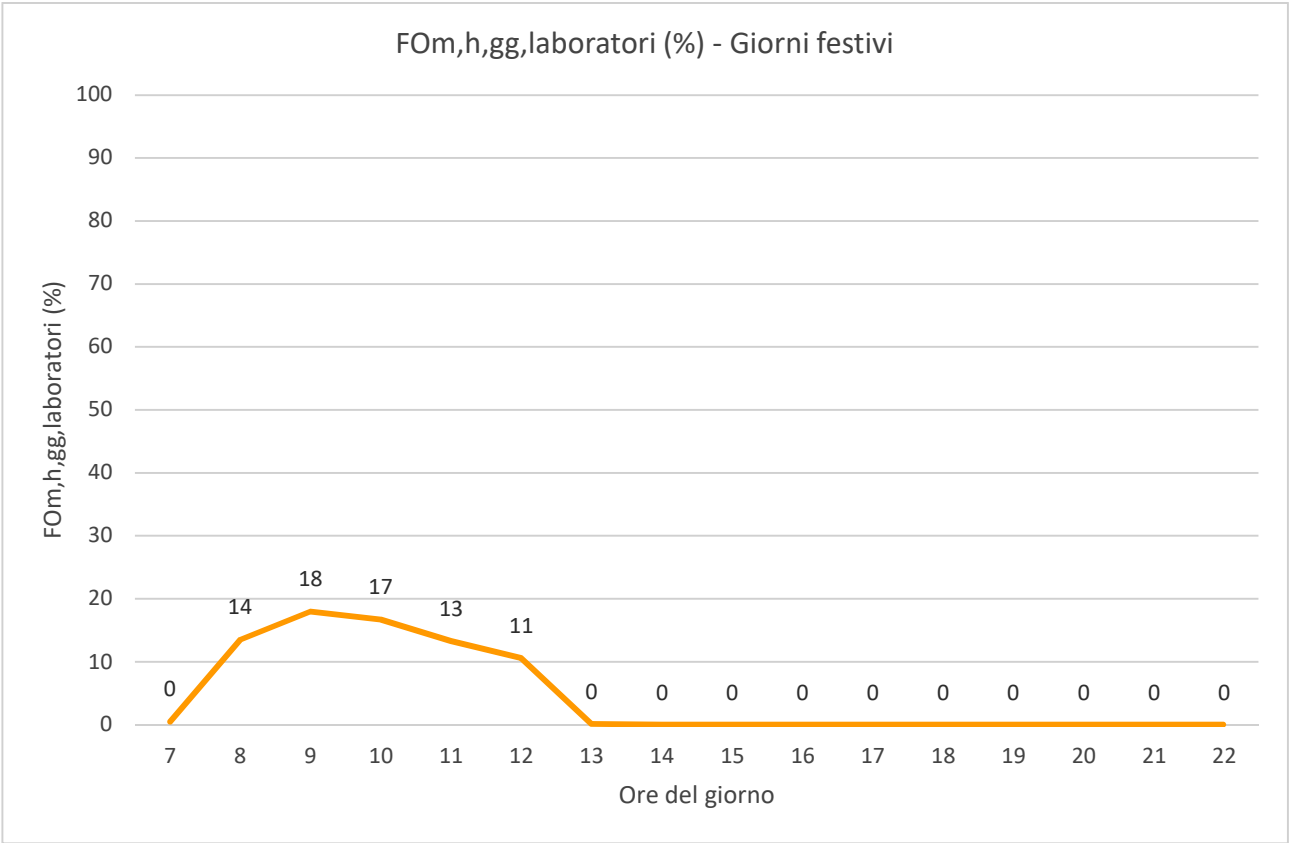


Figura 4.14.Fattore di occupazione medio orario giornaliero nei giorni festivi - laboratori

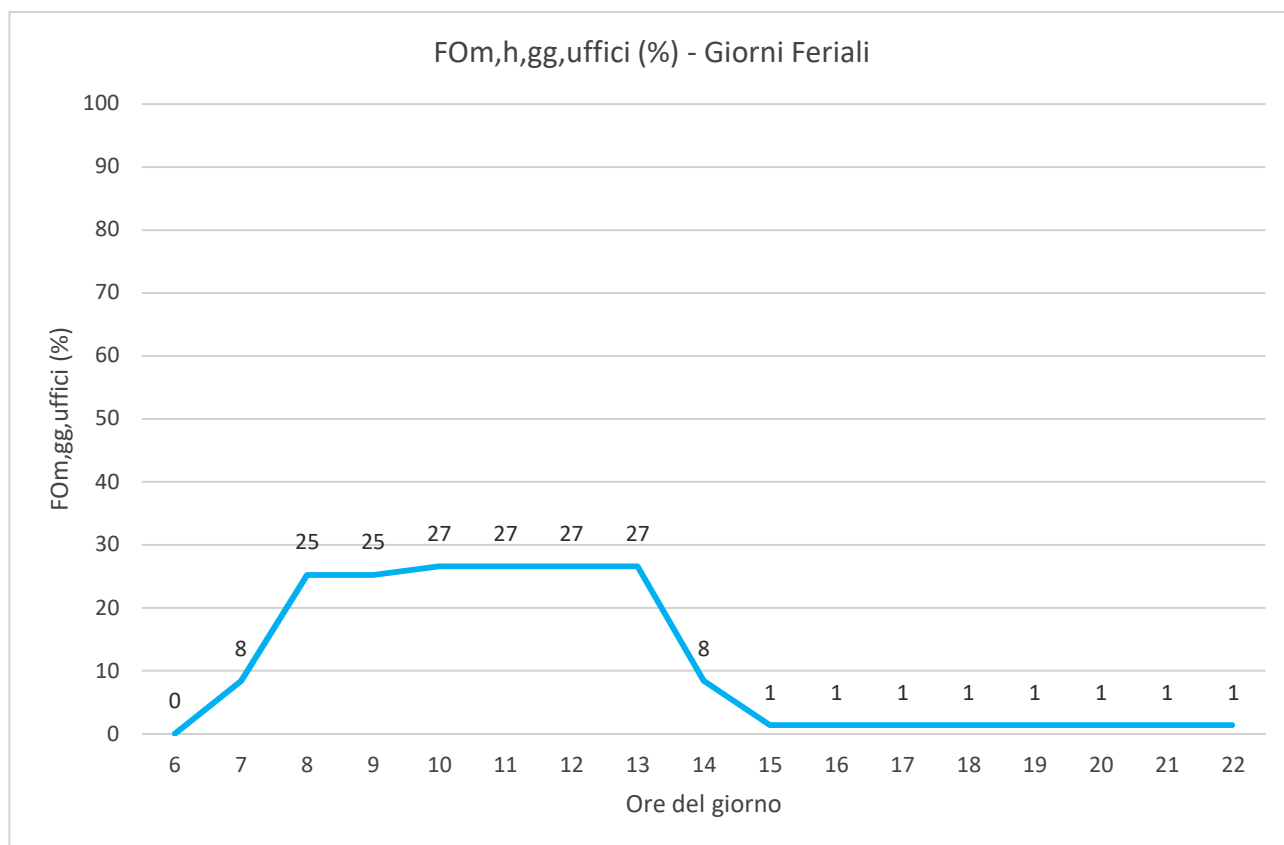


Figura 4.15. Fattore di occupazione medio orario giornaliero nei giorni feriali - uffici

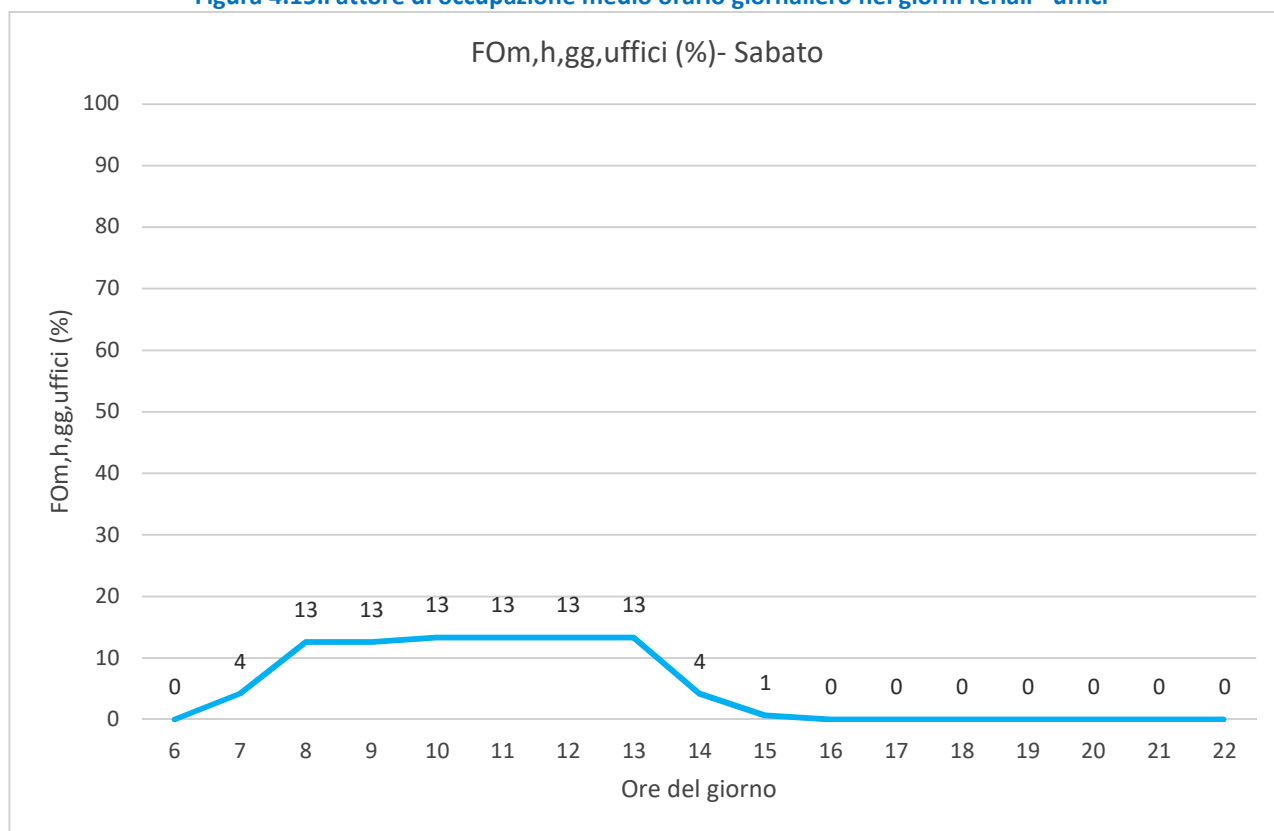


Figura 4.16. Fattore di occupazione medio orario giornaliero nei giorni festivi - uffici

La Figura 4.17 mostra le differenze tra i fattori occupazionali relativi alle categorie di ambienti individuate.

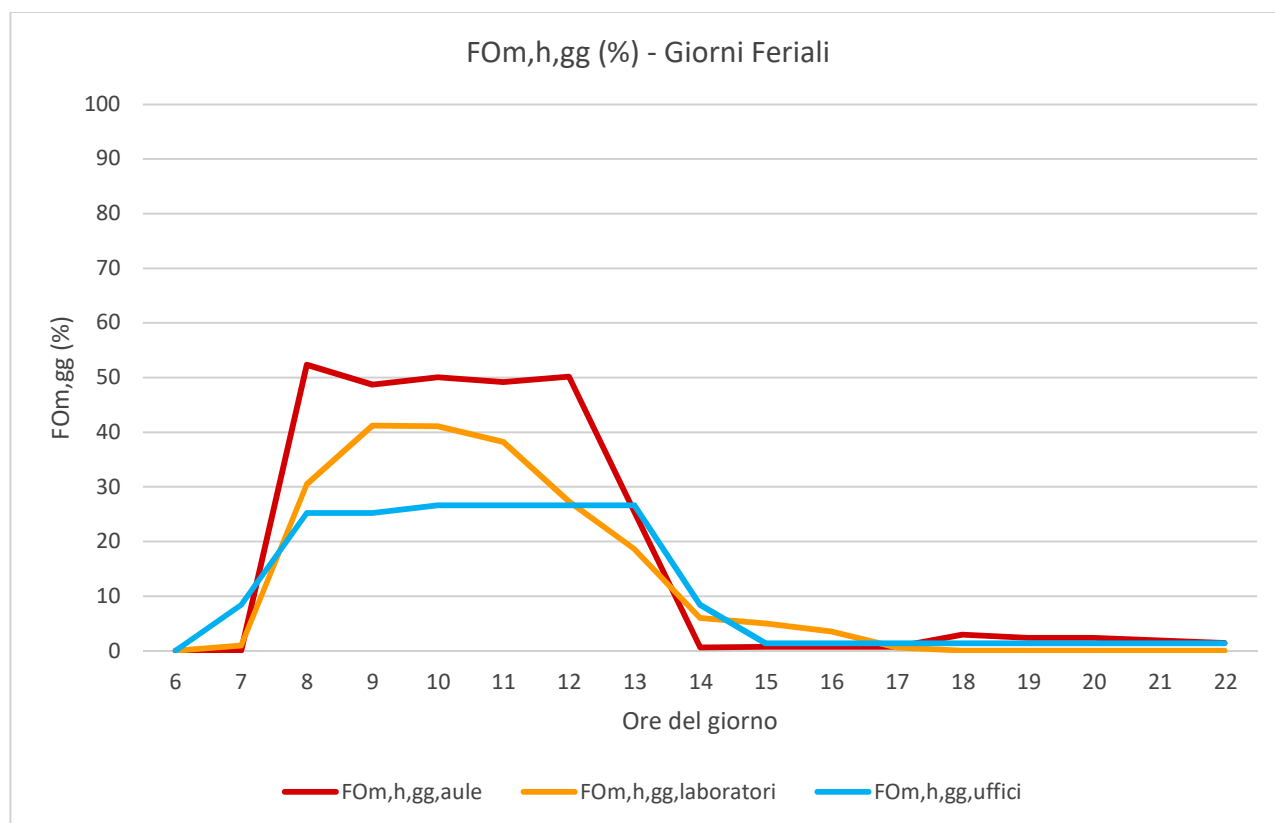


Figura 4.17. Fattore di occupazione medio orario giornaliero nei giorni feriali - aule, laboratori, uffici

Visto lo scostamento fra i profili illustrati nel grafico in Figura 4.17, si è scelto di considerare la destinazione d'uso fra i criteri per la differenziazione in zone termiche, sulla base delle cinque categorie d'uso degli ambienti presenti nell'edificio elencate in precedenza (aule, uffici, laboratori, palestre, zone non occupate o di transito).

La Tabella 4.15 mostra gli ambienti dell'edificio oggetto di studio con indicazione della categoria di appartenenza in relazione ai profili di occupazione, ad eccezione delle zone non occupate o di transito. È stato calcolato il fattore di occupazione caratteristico, che rappresenta il rapporto percentuale fra il numero reale di occupanti nella condizione di occupazione massima e in numero di persone previste da progetto in ogni ambiente, calcolato mediante l'indice di affollamento suggerito dalla normativa in relazione alle categorie d'uso [137].

Tabella 4.15. Ambienti - Categoria di appartenenza e fattore di occupazione caratteristico

Ambiente	Piano	Categoria d'uso	N° persone progetto	N° persone reale	Focc caratteristico
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]
Aula Magna	P 0	Aule	145	-	VARIABILE
0.17 Biblioteca	P 0	Aule	59	-	VARIABILE
0.09 Aula MT/ST	P 0	Aule	41	17	42
Aula 1.03	P 1	Aule	25	25	102
Aula 1.05	P 1	Aule	31	27	87

Ambiente	Piano	Categoria d'uso	N° persone progetto	N° persone reale	Focc caratteristico
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]
Aula 1.06	P 1	Aule	26	24	92
Aula 1.07	P 1	Aule	24	24	99
Aula 1.08	P 1	Aule	24	23	95
Aula 1.09	P 1	Aule	24	24	99
Aula 1.10	P 1	Aule	24	19	78
Aula 1.13	P 1	Aule	31	26	85
Aula 1.14	P 1	Aule	23	23	102
Aula 1.15	P 1	Aule	23	23	99
Aula 1.17	P 1	Aule	31	28	92
Sala Riunioni 1.27	P 1	Aule	51	-	VARIABILE
Aula ex TDP 2.17	P 2	Aule	42	17	41
Aula 2.01	P 2	Aule	41	31	76
Aula 2.02	P 2	Aule	27	26	96
Aula 2.04	P 2	Aule	32	27	84
Aula 2.05	P 2	Aule	24	24	100
Aula 2.06	P 2	Aule	32	26	80
Aula 2.07	P 2	Aule	24	21	86
Aula 2.09	P 2	Aule	31	26	85
Aula 2.10	P 2	Aule	24	17	71
Aula 2.11	P 2	Aule	33	26	80
Aula 2.13	P 2	Aule	24	21	86
Aula 3.02	P 3	Aule	25	22	89
Aula 3.04	P 3	Aule	49	29	60
Aula 3.05	P 3	Aule	23	17	72
Aula 3.06	P 3	Aule	31	27	87
Aula 3.07	P 3	Aule	23	20	86
Aula 3.08	P 3	Aule	28	27	95
Aula 3.09	P 3	Aule	24	17	71

Ambiente	Piano	Categoria d'uso	N° persone progetto	N° persone reale	Focc caratteristico
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]
Aula 3.10	P 3	Aule	23	23	99
Aula 3.11	P 3	Aule	24	21	87
Aula 3.13	P 3	Aule	24	21	87
Aula 3.16	P 3	Aule	30	29	96
Bar	P 0	Laboratori	54	-	VARIABILE
0.01 Sala Musica	P 0	Laboratori	22	-	VARIABILE
0.02 Sala Musica	P 0	Laboratori	16	-	VARIABILE
0.10 lab SIS - I	P 0	Laboratori	18	-	VARIABILE
0.12 aula di informatica	P 0	Laboratori	30	-	VARIABILE
0.14 lab. Multimediale	P 0	Laboratori	29	-	VARIABILE
2.14 lab. EN/TL	P 2	Laboratori	33	-	VARIABILE
2.15 lab. Robotica	P 2	Laboratori	24	-	VARIABILE
2.18 lab. TPS - ELE	P 2	Laboratori	34	-	VARIABILE
2.19 lab. EL/TL INF	P 2	Laboratori	32	-	VARIABILE
2.20 lab. SIS - ELE	P 2	Laboratori	30	-	VARIABILE
3.03 lab. TEC - DIS	P 3	Laboratori	30	-	VARIABILE
3.14 lab. FISICA-L	P 3	Laboratori	33	-	VARIABILE
3.15 lab. FISICA-B	P 3	Laboratori	31	-	VARIABILE
3.18 lab. CHIMICA-B	P 3	Laboratori	45	-	VARIABILE
3.19 lab. CHIMICA (Uff. Tec.)	P 3	Laboratori	11	-	VARIABILE
3.20 lab. CHIMICA-L	P 3	Laboratori	40	-	VARIABILE
Palestra muscolarizzazione	P 0	Palestra	25	-	VARIABILE
Palestra esterna	P 0	Palestra	110	-	VARIABILE
Sala Professori	P 0	Uffici	31	-	VARIABILE
Ufficio 1.25	P 1	Uffici	3	1	29
Guardiola	P 0	Uffici	1	-	VARIABILE
Ufficio 0.11	P 0	Uffici	2	2	92
Ufficio 0.13	P 0	Uffici	4	1	27

Ambiente	Piano	Categoria d'uso	N° persone progetto	N° persone reale	Focc caratteristico
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]
Ufficio 1.01	P 1	Uffici	4	1	25
Ufficio 1.19	P 1	Uffici	5	3	65
Ufficio 1.20	P 1	Uffici	5	2	39
Ufficio del Tecnico 1.26	P 1	Uffici	2	1	52
Ufficio 1.28	P 1	Uffici	3	1	36
Ufficio Preside 1.29	P 1	Uffici	4	1	25
Ufficio 1.30	P 1	Uffici	4	1	25
Ufficio 1.31	P 1	Uffici	4	2	51

4.2.2 Gestione degli impianti

Dal punto di vista impiantistico, per la suddivisione in zone termiche è fondamentale considerare la modalità di gestione dell'impianto di riscaldamento, come illustrato in seguito. L'edificio non è dotato infatti né dell'impianto per il raffrescamento, né dell'impianto per la produzione di ACS.

L'impianto di ventilazione meccanica, come descritto precedentemente, è presente solo nella palestra esterna e nell'aula magna; anche tale aspetto è stato considerato per la zonizzazione.

Impianto di riscaldamento

Nella Figura 4.18 viene schematizzato l'impianto di riscaldamento a servizio dell'edificio, sulla base dei dati raccolti (Paragrafo 4.1.3 e Allegato CALlegato B).

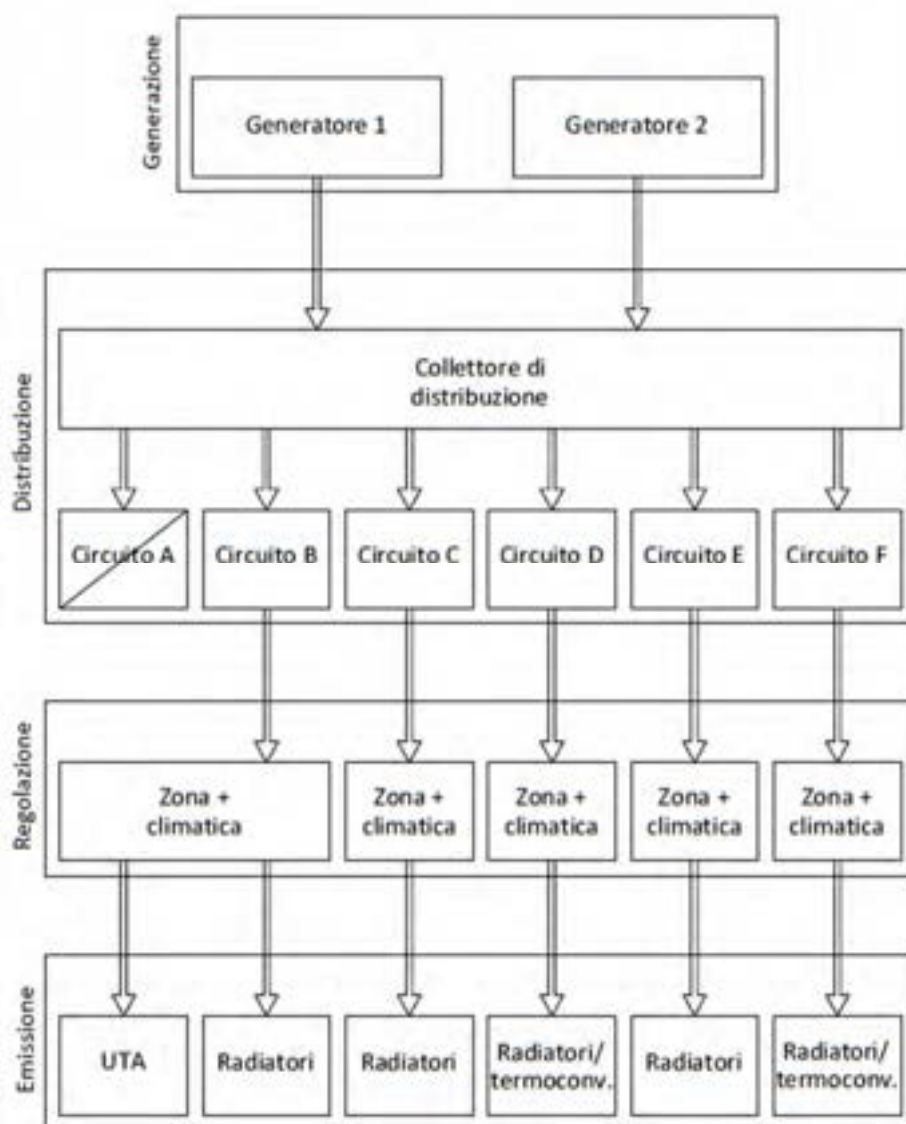


Figura 4.18. Schema impianto di riscaldamento

I due generatori presenti alimentano l'intero edificio.

Il sistema di distribuzione, come illustrato in precedenza, comprende sei sottocircuiti diversi. Il sottocircuito A, collegato ai terminali del seminterrato, non viene utilizzato; pertanto non è stato preso in considerazione. Gli altri sottocircuiti sono gestiti in maniera indipendente in funzione della presenza di occupanti nelle zone servite; tale aspetto va considerato per la zonizzazione termica dell'edificio.

La tipologia di regolazione è di zona + climatica per ogni sottocircuito.

Per quanto riguarda il sistema di emissione, le tipologie di terminali variano come riportato nello schema in Figura 4.18; influenzano quindi la suddivisione in zone termiche.

La temperatura di set-point invernale è fissata a 20°C in tutti i locali riscaldati dell'edificio; non rappresenta, in questo caso, un parametro che influenza la zonizzazione.

Nella Tabella 4.16 sono illustrate le differenze riscontrate dal punto di vista impiantistico, riguardanti il sistema di distribuzione e la tipologia dei terminali di emissione, considerate ai fini della suddivisione in zone termiche.

Tabella 4.16. Differenze impiantistiche considerate ai fini della zonizzazione termica dell'edificio

Circuito di distribuzione	Terminali di emissione
B	UTA
	Radiatori
C	Radiatori
D	Radiatori/Termoconvettori
E	Radiatori
F	Radiatori/Termoconvettori

L'impianto di riscaldamento è gestito con un funzionamento ad intermittenza (UNI EN ISO 13790, [16]); viene attivato quando gli occupanti sono presenti e spento durante le ore di non occupazione e i giorni di sospensione dell'attività scolastica (fine settimana e periodi di vacanze).

I periodi di chiusura scolastica sono stati ricavati dal calendario scolastico 2014/2015 della Regione Piemonte (Allegato E); i giorni di sospensione dell'attività, in base ai periodi di vacanza durante il periodo di riscaldamento (15 ottobre - 15 aprile), che determinano uno spegnimento dell'impianto per un periodo di tempo prolungato, sono illustrati in Tabella 4.17⁸.

Tabella 4.17. Giorni di sospensione dell'attività scolastica (periodi di vacanza) anno scolastico 2014/15

Mese	Giorni di sospensione dell'attività scolastica
Gennaio	6
Febbraio	4
Marzo	0
Aprile	6
Ottobre	0
Novembre	1
Dicembre	9

⁸ Secondo quanto previsto dalla norma UNI EN ISO 13790 [16], in alcuni edifici, come le scuole, i periodi di non occupazione durante la stagione di riscaldamento, come i periodi di vacanza, portano ad una riduzione del fabbisogno di energia per il riscaldamento.

Il fabbisogno per il riscaldamento, tenendo in considerazione il periodo di non occupazione, $Q_{H,nd}$, espresso in megajoule, è calcolato per il mese che contiene un periodo di non occupazione, eseguendo il calcolo due volte, per normali regolazioni di riscaldamento in condizioni di occupazione e per regolazioni in condizioni di non occupazione. Si interpolano linearmente i risultati secondo la frazione di tempo della modalità di non occupazione rispetto alla modalità di occupazione, come indicato nelle equazioni sotto.

$$Q_{H,nd} = (1 - f_{H,nocc}) (Q_{H,occ} + f_{H,nocc}) Q_{H,nd,nocc}$$

dove:

$Q_{H,occ}$: è il fabbisogno di energia termica per il riscaldamento, calcolato come mostrato al Paragrafo 4.2.6 ($Q_{H,nd,interm}$) assumendo tutti i giorni del mese per il controllo e le regolazioni del termostato relativi al periodo di occupazione, espresso in megajoule;

$Q_{H,nd,nocc}$ è il fabbisogno di energia termica per il riscaldamento assumendo tutti i giorni del mese per il controllo e le regolazioni del termostato relativi al periodo di non occupazione, espresso in megajoule;

$f_{H,nocc}$ è la frazione del mese che rappresenta il periodo di non occupazione (da Tabella 4.17).

Ogni sottocircuito di distribuzione, come detto precedentemente, viene gestito in funzione della presenza di occupanti negli ambienti serviti. In base ai dati raccolti sulla presenza oraria di occupanti per ogni ambiente, raggruppando gli ambienti serviti dal medesimo sottocircuito di distribuzione (Allegato C Allegato B), sono stati ricavati i dati relativi all'accensione dell'impianto di riscaldamento durante la settimana tipo, utili allo svolgimento del calcolo del fabbisogno di energia secondo la norma UNI EN ISO 13790 (Tabella 4.18).

Tabella 4.18. Caratteristiche di funzionamento relazionate alla gestione dei sottocircuiti di distribuzione (secondo UNI EN ISO 13790)

Sottocircuito di distribuzione	Ore settimanali di accensione	Numero massimo di ore consecutive di spegnimento	Numero minimo di ore consecutive di spegnimento
B (UTA palestra)	34	44	18
B (radiatori)	44	44	13
C	39	42	14
D	36	42	18
E ¹	89	39	8
F	35	43	18

¹ Il sottocircuito di distribuzione E è a servizio anche di alcuni ambienti occupati nelle ore pomeridiane/serali (guardiola, aula 1.03, aula 1.17, sala musica 0.01, sala musica 0.02); pertanto viene considerato in funzionamento in relazione anche alla presenza di occupanti negli ambienti elencati sopra, ottenendo un numero settimanale di ore di accensione notevolmente maggiore rispetto a quello degli altri sottocircuiti. Le caratteristiche di funzionamento del sottocircuito E saranno rivalutate in fase di calibrazione del modello (Paragrafo 4.3.3).

4.2.3 Definizione delle zone termiche

Le zone termiche individuate, considerando gli aspetti relazionati all'impianto (Paragrafo 4.2.2), alla categoria d'uso dei locali e dunque ai profili d'utenza (Paragrafo 4.2.1) sono elencate in Tabella 4.19, che illustra le caratteristiche di ciascuna zona termica, e in Tabella 4.20, dove sono raggruppati gli ambienti appartenenti.

Tabella 4.19. Zone termiche

Zona termica	Caratteristiche geometriche				Capacità termica areica (superfici interne)	Categoria d'uso	Caratteristiche impianto di riscaldamento	
	A _{f,i}	A _f	V _i	V			Circuito di distribuzione	Terminali di emissione
[-]	[m ²]	[m ²]	[m ³]	[m ³]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	[-]
1	579,74	551,70	5328,55	5027,23	43,49	palestre	B	UTA
2	273,00	239,35	1506,96	1148,88	156,18	zone non occupate	B	Radiatori

Zona termica	Caratteristiche geometriche				Capacità termica areica (superfici interne)	Categoria d'uso	Caratteristiche impianto di riscaldamento	
	$A_{f,l}$	A_f	V_l	V			Circuito di distribuzione	Terminali di emissione
[-]	[m ²]	[m ²]	[m ³]	[m ³]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]	[-]
3	138,00	126,23	761,76	605,90	127,26	palestre	B	Radiatori
4	262,62	242,40	1449,66	1163,52	104,77	aule	B	Radiatori
5	1030,18	912,80	4731,16	3773,25	283,02	zone non occupate	E	Radiatori
6	117,80	104,90	632,59	503,52	107,55	uffici	E	Radiatori
7	87,21	76,90	468,32	369,12	121,69	laboratori	E	Radiatori
8	1109,30	991,80	5102,21	4089,75	225,72	zone non occupate	C	Radiatori
9	160,01	143,70	738,21	597,03	201,67	aule	C	Radiatori
10	309,75	278,80	1663,36	1338,24	118,01	laboratori	C	Radiatori
11	339,83	300,10	1459,06	1164,60	299,37	uffici	C	Radiatori
12	211,25	196,20	1134,41	941,76	134,71	uffici	C	Radiatori
13	644,21	572,10	2628,38	2116,77	346,75	aule	E	Radiatori
14	37,62	33,30	153,49	123,21	295,90	uffici	E	Radiatori
15	1276,05	1135,50	5299,26	4201,35	195,33	aule	F	Radiatori
16	1215,60	1075,20	5046,13	3978,24	301,26	zone non occupate	F	Radiatori/termoconv.
17	762,50	673,70	3168,01	2492,69	421,19	zone non occupate	D	Radiatori/termoconv.
18	1152,32	1037,30	4789,80	3838,01	173,91	laboratori	D	Radiatori
19	166,18	143,40	688,80	530,58	168,03	aule	D	Radiatori
20	112,08	99,80	472,98	369,26	128,73	laboratori	F	Radiatori
Legenda: - $A_{f,l}$ = area lorda di pavimento, [m ²]; - V_l = volume lordo, [m ³]; A_f = area netta di pavimento, [m ²]; V = volume netto, [m ³].								

Tabella 4.20. Ambienti appartenenti alle zone termiche

Zona termica	Piano edificio	Ambienti
1	P 0	palestra esterna
2	P 0	disimpegno spogliatoi, vano scala_4, spogliatoio, bagni 1, spogliatoio "B", bagni 2, bagni 3, spogliatoio "A", infermeria, bagni 4
3	P 0	palestra muscolarizzazione
4	P 0	aula magna
5 ⁹	P 0	disimpegno manica destra, atrio_1, 0.05 rip., bagni 1, 0.06rip., 0.07 rip., 0.08 infermeria, bagni 2
	P 1	disimpegno manica destra, vano scala_1, vano scala_4, 1.02 rip., 1.04 aula, 1.11 rip., rip., 1.12 spogl. bidelli, bagni 1, 1.16 rip., bagni 2
6	P 0	guardiola, 0.03 sala professori
7	P 0	0.01 sala musica, 0.02 sala musica
8	P 0	disimpegno manica sinistra, atrio_2, vano scala_3, bagni 3, 0.15 rip., 0.16 rip., 0.18 magazzino, 0.19 rip.
	P 1	disimpegno manica sinistra, bagni 3, vano scala_2, vano scala_3, bagni 4, 1.18 rip., 1.21 ufficio, 1.22 rip., 1.23 rip., 1.24 rip., 1.32 rip.
9	P 0	0.09 aula MT/ST
	P 1	1.27 sala riunioni
10	P 0	0.10 lab SIS - I, 0.12 aula informatica, 0.14 lab. multimediale
11	P 0	0.11 ufficio, 0.13 ufficio
	P 1	1.19 ufficio, 1.20 ufficio, 1.25 ufficio, 1.26 ufficio, 1.28 ufficio, 1.29 ufficio, 1.30 ufficio, 1.31 ufficio
12	P 0	0.17 biblioteca
13	P 1	1.03 aula, 1.05 aula, 1.06 aula, 1.07 aula, 1.08 aula, 1.09 aula, 1.10 aula, 1.13 aula, 1.14 aula, 1.15 aula, 1.17 aula
14	P 1	1.01 ufficio
15	P 2	2.01 aula, 2.02 aula, 2.04 aula, 2.05 aula, 2.06 aula, 2.07 aula, 2.09 aula, 2.10 aula, 2.11 aula, 2.13 aula
	P 3	3.02 aula, 3.04 aula, 3.05 aula, 3.06 aula, 3.07 aula, 3.08 aula, 3.09 aula, 3.10 aula, 3.11 aula, 3.13 aula
16	P 2	disimpegno manica destra, vano scala_1, vano scala_4, 2.03 lab. elettronica, 2.08 spogl. bidelli, rip. (sono bagni inutilizzati), bagni 1, 2.12 rip., bagni 2
	P 3	disimpegno manica destra, vano scala_1, vano scala_4, 3.01 lab. biologia, rip. (sono bagni inutilizzati), 3.12 rip, bagni 1, rip., rip., bagni 2
17	P 2	disimpegno manica sinistra, vano scala_2, vano scala_3, bagni 3, bagni 4, bagni 5, 2.16 rip.
	P 3	disimpegno manica sinistra, vano scala_2, vano scala_3, bagni 3, bagni 4, 3.17 rip.
18	P 2	2.14 lab. ELT/ELN, 2.15 lab. robotica, 2.18 lab. TPS-ELE, 2.19 lab. TLC, 2.20 lab. SIS-ELE
	P 3	3.14 lab. fisica-L, 3.15 lab. fisica-B, 3.18 lab. chimica-B, 3.19 lab. chimica, 3.20 lab. chimica-L
19	P 2	2.17 aula ex TDP
	P 3	3.16 aula
20	P 3	3.03 lab. TEC-DIS

Nell'Allegato B viene mostrata graficamente in planimetria la localizzazione delle zone termiche individuate. Per ogni zona termica, con riferimento alla documentazione progettuale esistente e ai rilievi dello stato di fatto effettuati in situ, sono state calcolate le superfici disperdenti dell'involucro opaco e trasparente,

⁹ La zona termica 5, indicata come non occupata, comprende anche il locale bar, che non presentando divisori interni di separazione rispetto al disimpegno, viene considerato parte di quest'ultimo.

suddivise secondo le tipologie indicate al Paragrafo 4.1.2 e i ponti termici presenti (con riferimento alle dimensioni interne), tenendo in considerazione la presenza di ombreggiamenti ed esposizione (Paragrafo 4.2.4) e determinando in maniera analitica le caratteristiche degli ambienti non riscaldati (Paragrafo 4.2.5).

Per ogni zona termica è stata determinata analiticamente la capacità termica (Paragrafo 4.2.6); sono state calcolate: la portata di ventilazione (Paragrafo 4.2.7), gli apporti interni, relazionati agli occupanti, alle apparecchiature e ai dispositivi di illuminazione (Paragrafo 4.2.8) e i parametri impiantistici (Paragrafo 4.2.9).

4.2.4 Ombreggiamenti, esposizione, schermature e chiusure oscuranti

Dai sopralluoghi e mediante il supporto della documentazione progettuale esistente, sono stati classificati gli ombreggiamenti derivanti da aggetti verticali, orizzontali e/o ostacoli esterni.

La Tabella 4.21 riporta gli ombreggiamenti presenti e i relativi fattori calcolati secondo la norma UNI/TS 11300-1 [4], che influenzano gli apporti solari sui componenti dell'edificio.

Tabella 4.21. Ombreggiamenti

OMBREGGIAMENTI																
Codice	Tipologia	Ang.	Orient.	Fattore di ombreggiatura												Fattore di ombregg. (radiazione diffusa)
				$F_{sh,ob}$												$F_{sh,ob,d}$
				gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	
[-]	[-]	[°]	[-]	[-]												[-]
O1	oe	55	NO	0,63	0,74	0,75	0,80	0,81	0,81	0,81	0,81	0,78	0,71	0,65	0,61	0,82
O2	oe	53	NO	0,65	0,75	0,76	0,81	0,82	0,82	0,81	0,82	0,79	0,72	0,66	0,63	0,82
O3	oe	71	NO	0,53	0,66	0,68	0,75	0,77	0,77	0,77	0,77	0,71	0,62	0,55	0,50	0,76
O4	oe	35	NE	0,76	0,84	0,84	0,87	0,87	0,87	0,86	0,87	0,86	0,81	0,77	0,75	0,88
O5	oe	32	NE	0,78	0,85	0,85	0,88	0,87	0,88	0,87	0,88	0,87	0,83	0,79	0,77	0,89
O6	oe	27	NE	0,72	0,81	0,81	0,84	0,84	0,84	0,83	0,84	0,83	0,78	0,73	0,70	0,90
O7	av	46	SE	0,20	0,27	0,26	0,30	0,30	0,32	0,31	0,33	0,26	0,28	0,22	0,21	0,30
O8	av	52	SE	0,10	0,19	0,17	0,21	0,22	0,23	0,23	0,24	0,17	0,20	0,12	0,12	0,21
O9	av	60	SE	0,00	0,08	0,05	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,05	0,10	0,00	0,00	0,10
O10	av	75	SE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O11	oe + ao	49	SO	0,02	0,01	0,07	0,11	0,12	0,10	0,10	0,11	0,12	0,00	0,02	0,03	0,18

OMBREGGIAMENTI																
Codice	Tipologia	Ang.	Orient.	Fattore di ombreggiatura												Fattore di ombregg. (radiazione diffusa)
				$F_{sh,ob}$												$F_{sh,ob,d}$
				gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	
[-]	[-]	[°]	[-]	[-]												[-]
O12	oe + ao	49	NE	0,12	0,11	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10	0,09	0,12	0,10	0,09	0,18
O13	oe + ao	74	SO	0,00	0,00	0,00	0,05	0,03	0,02	0,02	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
O14	oe + ao	74	NE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Legenda:
 oe = ostacolo esterno;
 av = oggetto verticale;
 ao = oggetto orizzontale.

Per la gestione delle schermature mobili ove presenti, non avendo informazioni specifiche sull'uso da parte dell'utenza, si è fatto riferimento alla UNI/TS 11300-1.

Per quanto riguarda invece le chiusure oscuranti, nel calcolo secondo UNI/TS 11300 è stata considerata una gestione standard da parte dell'utenza utilizzando la procedura prevista dalla suddetta normativa.

Il software SEAS 3.0 (Software Energetico per Audit Semplificati) intende invece per chiusure oscuranti i dispositivi esterni all'infisso che schermano l'irraggiamento solare, a prescindere dalla tenuta all'aria degli stessi, come specificato nel Manuale di utilizzo [37]. Nell'edificio in esame in alcuni infissi sono presenti tapparelle avvolgibili esterne (Tabella 4.4).

È necessario inserire fra i dati di ingresso per ogni zona termica il profilo di gestione delle chiusure oscuranti, sulla base delle abitudini degli occupanti (Paragrafo 4.1.4, Tabella 4.8). I valori richiesti sono unici per tutta la zona, biorari e differenziati per mese; è stato quindi ricavato dall'intervista all'utenza un valore medio su tutte le chiusure oscuranti presenti (valutato anche in base alla superficie della chiusura oscurante) e sull'intervallo di tempo interessato (considerando la presenza degli occupanti inoltre in funzione dei giorni di assenza dal calendario scolastico della Regione Piemonte 2014/2015 all'Allegato E).

Il valore inserito è compreso tra 0 (corrispondente a chiusura oscurante non utilizzata, ovvero infisso irraggiato) e 1 (corrispondente a chiusura oscurante completamente utilizzata, ovvero infisso completamente ombreggiato).

Vengono considerati tre periodi stagionali (invernale, estivo ed intermedio).

In seguito vengono illustrati i profili di gestione delle chiusure oscuranti per le zone termiche ove presenti (da Tabella 4.22 a Tabella 4.29).

Tabella 4.22. Profilo chiusure oscuranti - zona termica 9

PROFILO CHIUSURE OSCURANTI - ZT 9												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
02:00 - 04:00	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
04:00 - 06:00	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
06:00 - 08:00	0,16	0,16	0,18	0,15	0,17	0,08	0,63	0,63	0,10	0,19	0,18	0,13
08:00 - 10:00	0,11	0,11	0,13	0,14	0,16	0,07	0,63	0,63	0,10	0,18	0,12	0,09
10:00 - 12:00	0,09	0,09	0,10	0,13	0,15	0,07	0,63	0,63	0,09	0,16	0,10	0,08
12:00 - 14:00	0,13	0,13	0,15	0,15	0,18	0,11	0,63	0,63	0,11	0,20	0,14	0,11
14:00 - 16:00	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
16:00 - 18:00	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
18:00 - 20:00	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
20:00 - 22:00	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
22:00 - 24:00	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63

Tabella 4.23. Profilo chiusure oscuranti - zona termica 11

PROFILO CHIUSURE OSCURANTI - ZT 11												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
02:00 - 04:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
04:00 - 06:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
06:00 - 08:00	0,15	0,16	0,18	0,14	0,16	0,17	0,11	0,70	0,18	0,18	0,17	0,13
08:00 - 10:00	0,13	0,14	0,16	0,16	0,18	0,22	0,14	0,70	0,20	0,20	0,15	0,11
10:00 - 12:00	0,09	0,09	0,10	0,12	0,14	0,19	0,12	0,70	0,16	0,16	0,10	0,07
12:00 - 14:00	0,09	0,09	0,10	0,12	0,14	0,19	0,12	0,70	0,16	0,16	0,10	0,07
14:00 - 16:00	0,30	0,32	0,35	0,28	0,33	0,34	0,70	0,70	0,36	0,37	0,34	0,26
16:00 - 18:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
18:00 - 20:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
20:00 - 22:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
22:00 - 24:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

Tabella 4.24. Profilo chiusure oscuranti - zona termica 13

PROFILO CHIUSURE OSCURANTI - ZT 13												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
02:00 - 04:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
04:00 - 06:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
06:00 - 08:00	0,25	0,26	0,29	0,23	0,27	0,09	0,70	0,70	0,16	0,30	0,28	0,21
08:00 - 10:00	0,23	0,24	0,27	0,26	0,31	0,13	0,70	0,70	0,18	0,34	0,25	0,19
10:00 - 12:00	0,24	0,25	0,28	0,27	0,31	0,13	0,70	0,70	0,19	0,35	0,27	0,20
12:00 - 14:00	0,30	0,31	0,35	0,32	0,37	0,14	0,70	0,70	0,22	0,41	0,33	0,26
14:00 - 16:00	0,50	0,53	0,59	0,47	0,54	0,19	0,70	0,70	0,33	0,61	0,56	0,43
16:00 - 18:00	0,50	0,53	0,59	0,47	0,54	0,19	0,70	0,70	0,33	0,61	0,56	0,43
18:00 - 20:00	0,44	0,47	0,53	0,43	0,50	0,17	0,70	0,70	0,30	0,56	0,50	0,38
20:00 - 22:00	0,45	0,48	0,53	0,43	0,50	0,18	0,70	0,70	0,30	0,56	0,51	0,39
22:00 - 24:00	0,23	0,25	0,28	0,22	0,26	0,09	0,70	0,70	0,16	0,29	0,26	0,20

Tabella 4.25. Profilo chiusure oscuranti - zona termica 14

PROFILO CHIUSURE OSCURANTI - ZT 14												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
02:00 - 04:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
04:00 - 06:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
06:00 - 08:00	0,25	0,26	0,29	0,23	0,27	0,28	0,18	0,70	0,30	0,30	0,28	0,21
08:00 - 10:00	0,14	0,15	0,17	0,20	0,23	0,32	0,21	0,70	0,26	0,26	0,16	0,12
10:00 - 12:00	0,14	0,15	0,17	0,20	0,23	0,32	0,21	0,70	0,26	0,26	0,16	0,12
12:00 - 14:00	0,14	0,15	0,17	0,20	0,23	0,32	0,21	0,70	0,26	0,26	0,16	0,12
14:00 - 16:00	0,50	0,53	0,59	0,47	0,54	0,56	0,70	0,70	0,61	0,61	0,56	0,43
16:00 - 18:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
18:00 - 20:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
20:00 - 22:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
22:00 - 24:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

Tabella 4.26. Profilo chiusure oscuranti - zona termica 15

PROFILO CHIUSURE OSCURANTI - ZT 15												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
02:00 - 04:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
04:00 - 06:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
06:00 - 08:00	0,25	0,26	0,29	0,23	0,27	0,13	0,04	0,70	0,16	0,30	0,28	0,21
08:00 - 10:00	0,24	0,25	0,28	0,27	0,32	0,22	0,03	0,70	0,19	0,36	0,27	0,21
10:00 - 12:00	0,24	0,25	0,28	0,27	0,32	0,22	0,03	0,70	0,19	0,36	0,27	0,21
12:00 - 14:00	0,35	0,37	0,41	0,36	0,41	0,22	0,04	0,70	0,25	0,46	0,39	0,30
14:00 - 16:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
16:00 - 18:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
18:00 - 20:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
20:00 - 22:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
22:00 - 24:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

Tabella 4.27. Profilo chiusure oscuranti - zona termica 18

PROFILO CHIUSURE OSCURANTI - ZT 18												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70
02:00 - 04:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70
04:00 - 06:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70
06:00 - 08:00	0,25	0,26	0,29	0,23	0,27	0,11	0,80	0,80	0,16	0,30	0,28	0,21
08:00 - 10:00	0,46	0,49	0,55	0,47	0,54	0,21	0,80	0,80	0,33	0,61	0,52	0,40
10:00 - 12:00	0,46	0,48	0,54	0,47	0,54	0,21	0,80	0,80	0,33	0,61	0,52	0,40
12:00 - 14:00	0,48	0,50	0,56	0,47	0,54	0,21	0,80	0,80	0,33	0,61	0,54	0,41
14:00 - 16:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70
16:00 - 18:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70
18:00 - 20:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70
20:00 - 22:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70
22:00 - 24:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70

Tabella 4.28. Profilo chiusure oscuranti - zona termica 19

PROFILO CHIUSURE OSCURANTI - ZT 19												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
02:00 - 04:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
04:00 - 06:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
06:00 - 08:00	0,25	0,26	0,29	0,23	0,27	0,13	0,37	0,70	0,16	0,30	0,28	0,21
08:00 - 10:00	0,21	0,23	0,25	0,25	0,31	0,22	0,09	0,70	0,18	0,33	0,24	0,18
10:00 - 12:00	0,27	0,29	0,32	0,30	0,24	0,26	0,12	0,70	0,21	0,39	0,31	0,24
12:00 - 14:00	0,37	0,40	0,44	0,37	0,13	0,28	0,12	0,70	0,26	0,49	0,42	0,32
14:00 - 16:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
16:00 - 18:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
18:00 - 20:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
20:00 - 22:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
22:00 - 24:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

Tabella 4.29. Profilo chiusure oscuranti - zona termica 20

PROFILO CHIUSURE OSCURANTI - ZT 20												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
02:00 - 04:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
04:00 - 06:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
06:00 - 08:00	0,25	0,26	0,29	0,23	0,27	0,09	0,70	0,70	0,16	0,30	0,28	0,21
08:00 - 10:00	0,35	0,37	0,41	0,36	0,41	0,15	0,70	0,70	0,25	0,46	0,39	0,30
10:00 - 12:00	0,32	0,34	0,38	0,33	0,39	0,15	0,70	0,70	0,23	0,44	0,36	0,28
12:00 - 14:00	0,44	0,46	0,52	0,42	0,49	0,17	0,70	0,70	0,30	0,55	0,49	0,38
14:00 - 16:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
16:00 - 18:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
18:00 - 20:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
20:00 - 22:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
22:00 - 24:00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

4.2.5 Dispersioni verso terreno e locali non riscaldati

Come riscontrabile negli elaborati progettuali all'Allegato B, una porzione del piano terra dell'edificio è a contatto con il terreno, mentre la restante parte con il piano seminterrato non riscaldato che ospita gli archivi della scuola. Secondo la norma UNI EN ISO 13370 [137] è stato modellato il volume seminterrato e calcolata analiticamente la trasmittanza termica equivalente per valutare le dispersioni attraverso il solaio a contatto con il locale non riscaldato; per quanto riguarda invece le zone termiche a contatto con il terreno, sempre con riferimento alla suddetta normativa, è stata calcolata la trasmittanza termica equivalente del solaio a contatto con il terreno per ciascuna zona termica, al fine di ottenere una valutazione dettagliata delle dispersioni per ogni zona.

I risultati del suddetto calcolo, applicati per la valutazione delle dispersioni verso terreno e seminterrato, sono illustrati nella Tabella 4.30.

Tabella 4.30. Trasmittanza termica equivalente delle componenti disperdenti verso terreno/seminterrato

Zona termica	Partizione orizzontale (da Tabella 4.3)	Trasmittanza termica (da Tabella 4.3)	Trasmittanza termica equivalente (secondo UNI EN ISO 13370)	Ambiente confinante
[-]	[-]	U [W/m ² K]	U_{eq} [W/m ² K]	[-]
1	S2	1,26	0,43	Terreno
2	S3	1,51	0,32	Terreno
3	S3	1,51	0,24	Terreno
4	S3	1,51	0,25	Terreno
5	S1	1,25	0,55	Seminterrato
	S3	1,51	0,20	Terreno
6	S1	1,25	0,55	Seminterrato
	S3	1,51	0,31	Terreno
7	S3	1,51	0,32	Terreno
8	S1	1,25	0,55	Seminterrato
	S3	1,51	0,36	Terreno
9	S1	1,25	0,55	Seminterrato
10	S1	1,25	0,55	Seminterrato
11	S1	1,25	0,55	Seminterrato
12	S1	1,25	0,55	Seminterrato

Per valutare le dispersioni verso il locale sottotetto non riscaldato, si è fatto riferimento alla norma UNI EN ISO 13789 [15]; si è proceduto alla modellazione del locale sottotetto e al calcolo analitico del coefficiente correttivo b_{tr} secondo la procedura illustrata nella suddetta normativa, che assume un valore pari a 0,60.

4.2.6 Capacità termica

La Tabella 4.2 e Tabella 4.3 (Paragrafo 4.1.2) mostrano la capacità termica areica κ di ciascuna partizione d'involucro opaco orizzontale e verticale, calcolata secondo la norma UNI EN ISO 13786 [14]; nella Tabella 4.19 (Paragrafo 4.2.3) è illustrata la capacità termica areica κ calcolata per ogni zona, in funzione delle superfici disperdenti per ricavare la rispettiva capacità termica C_m . La norma UNI/TS 11300-1 al Prospetto 22 [4] fornisce dei valori semplificati di capacità termica areica da utilizzare per ciascuna zona termica; tuttavia indica di utilizzare tali valori solo in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise sulla reale costituzione delle strutture edilizie.

La Tabella 4.31 mostra un confronto fra i valori di capacità termica areica per ogni zona calcolati in maniera analitica e quelli suggeriti dal Prospetto 22 della UNI/TS 11300-1 [4] e il rispettivo scarto percentuale.

Tabella 4.31. Confronto fra capacità termica areica da calcolo analitico e da UNI/TS 11300-1 (prospetto 22)

Zona termica	Destinazione d'uso	Capacità termica areica (calcolo analitico)	Capacità termica areica (da UNI/TS 11300-1 prospetto 22)	Scarto percentuale
		$\kappa_{env,analit}$	$\kappa_{env,11300}$	
[-]	[-]	[kJ/m ² K]	[kJ/m ² K]	[%]
1	palestre	43	135	210,4% ¹
2	zone non occupate	156	155	-0,8%
3	palestre	127	135	6,1%
4	aule	105	155	47,9%
5	zone non occupate	283	165	-41,7%
6	uffici	108	155	44,1%
7	laboratori	122	155	27,4%
8	zone non occupate	226	165	-26,9%
9	aule	202	155	-23,1%
10	laboratori	118	155	31,3%
11	uffici	299	155	-48,2%
12	uffici	135	155	15,1%
13	aule	347	155	-55,3%
14	uffici	296	155	-47,6%
15	aule	195	165	-15,5%

Zona termica	Destinazione d'uso	Capacità termica areica (calcolo analitico)	Capacità termica areica (da UNI/TS 11300-1 prospetto 22)	Scarto percentuale
		$K_{env,analit}$	$K_{env,11300}$	
[-]	[-]	[kJ/m ² K]	[kJ/m ² K]	[%]
16	zone non occupate	301	165	-45,2%
17	zone non occupate	421	165	-60,8%
18	laboratori	174	165	-5,1%
19	aule	168	165	-1,8%
20	laboratori	129	155	20,4%

¹ Lo scarto percentuale raggiunge un valore molto elevato in quanto la copertura dell'ambiente palestra (zona termica 1) è costituita dalla partizione orizzontale S5 (Tabella 4.3), avente valore di capacità termica areica molto basso. Tale aspetto non è preso in considerazione nel Prospetto 22 della norma UNI/TS 11300-1 [4], che indica come caratteristiche della zona: intonaco, isolamento, parti esterne, pavimento.

Si nota che lo scarto percentuale fra il valore di capacità termica suggerito dalla norma UNI/TS 11300-1 [4] e il valore calcolato in maniera analitica per ogni zona termica varia notevolmente fra le zone considerate: ciò è dovuto alla presenza di divisori interni e alle superfici disperdenti. In particolare la capacità termica areica calcolata in maniera analitica per ogni zona aumenta al crescere della percentuale di divisori interni e superfici non disperdenti sul totale delle superfici della zona termica considerata e diminuisce all'aumentare delle superfici disperdenti rispetto al totale.

La capacità termica è notevolmente importante sul calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento nel caso di funzionamento intermittente dell'impianto, eseguito secondo quanto previsto dalla norma UNI EN ISO 13790 [16]. La seguente normativa, al punto 13.2.2, prevede che, nel caso di funzionamento intermittente dell'impianto di riscaldamento, il fabbisogno di energia termica per il riscaldamento $Q_{H,nd,interm}$ espresso in megajoule, si calcola utilizzando l'equazione¹⁰:

$$Q_{H,nd,interm} = a_{H,red} Q_{H,nd,cont}$$

dove:

$Q_{H,nd,cont}$ è il fabbisogno di energia termica per riscaldamento continuo;

$a_{H,red}$ è il fattore adimensionale di riduzione per riscaldamento intermittente, determinato in conformità all'equazione sotto¹¹.

$$a_{H,red} = 1 - b_{H,red} (\tau_{H,0}/\tau) \gamma_H (1 - f_{H,hr})$$

¹⁰ Si applicano i dati relativi all'occupazione per riscaldamento intermittente.

¹¹ Per lunghi periodi di intermittenza come i giorni festivi, l'equazione è uguale alla procedura generale fornita per i periodi di non occupazione al punto 13.2.4 della norma UNI EN ISO 13790 [16], con l'unica differenza che, per i lunghi periodi di intermittenza, si aggiunge un secondo termine per considerare un possibile riscaldamento a regolazione ridotta durante il periodo di non occupazione.

con valore minimo $a_{H,red} = f_{H,hr}$ e valore massimo $a_{H,red} = 1$.

dove:

$f_{H,hr}$ è la frazione di numero di ore alla settimana con una normale regolazione del riscaldamento (regolazione non ridotta né spegnimento), ottenuta dal rapporto fra il numero di ore settimanali di accensione dell'impianto di riscaldamento (Paragrafo 4.2.2, Tabella 4.18) e il numero totale di ore della settimana (pari a 168).

$b_{H,red}$ è un fattore di correlazione empirico; valore $b_{H,red} = 3$;

τ è la costante di tempo della zona dell'edificio;

$\tau_{H,0}$ la costante di tempo di riferimento per la modalità di riscaldamento, espressa in ore;

γ_H è il rapporto di bilancio termico per la modalità di riscaldamento.

Nel calcolo dei termini soprastanti ha una notevole influenza la capacità termica; pertanto è opportuno effettuare un calcolo dettagliato in funzione delle componenti d'involucro.

4.2.7 Ventilazione

Come indicato precedentemente, la ventilazione avviene in maniera naturale in tutti gli ambienti, tranne nella palestra esterna (zona termica 1) e nell'aula magna (zona termica 4), dove è presente l'impianto di ventilazione meccanica. Pertanto per calcolare la portata d'aria di ventilazione, è necessario indagare sulla gestione delle aperture da parte degli utenti e sui parametri d'utenza che influenzano tale calcolo.

Calcolo della ventilazione - SEAS 3.0

Il software SEAS 3.0, se nella zona è presente un impianto ad aria primaria, calcola il contributo della ventilazione attraverso la routine esterna "*Aria primaria*"; sono stati riscontrati problemi per l'esecuzione di tale routine, che non hanno permesso di stimare con tale strumento di calcolo la portata di ventilazione meccanica nelle due zone interessate dall'impianto di ventilazione (zone termiche 1 e 4).

Per quanto riguarda invece il calcolo della portata d'aria con ventilazione naturale, il software richiede la definizione per ogni zona termica dei profili di apertura degli infissi presenti. I valori richiesti sono unici per tutta la zona, biorari e differenziati per mese; tali valori sono compresi tra 0 (corrispondente a finestra chiusa) e 1 (corrispondente a finestra aperta).

Dall'intervista all'utenza (Paragrafo 4.1.4, Tabella 4.7) sono state ricavate informazioni sulle abitudini relative all'apertura delle finestre, durante le ore di presenza. Partendo dalle indicazioni sulla gestione delle finestre risultanti dai questionari all'utenza, è stato ricavato il valore medio biorario richiesto per ogni zona, ottenuto inoltre in base a:

- una media pesata sull'area apribile di ciascun serramento presente nei vari ambienti appartenenti alla medesima zona;
- i profili di presenza oraria degli occupanti in ogni locale, considerando i giorni di assenza come per il calcolo dei profili delle chiusure oscuranti.

L'area apribile dei serramenti, calcolata secondo la norma UNI EN 15242 [18], con riferimento ai dati progettuali esistenti e ai rilievi effettuati in situ durante i sopralluoghi (Allegato B), è mostrata in Tabella 4.32.

La formula indicata dalla suddetta normativa per il calcolo dell'area apribile è la seguente:

$$A_{ow} = A_w * c_k(\alpha)$$

dove A_w è la superficie del serramento completamente aperto e $c_k(\alpha)$ è un coefficiente stabilito in funzione dell'angolo di apertura α .

Tabella 4.32. Area apribile degli infissi (secondo UNI EN 15252)

Codice infisso	Parametri per il calcolo (secondo UNI EN 15242)			Area apribile
	A_w	c_k	α	A_{ow}
[-]	[m ²]	[-]	[°]	[m ²]
F1.L_1	1,22	0,62	45	0,76
F1.L_2	1,22	0,62	45	0,76
F1.L_3	1,22	0,62	45	0,76
F1.L_4	1,22	0,62	45	0,76
F1.A_1	2,30	0,46	30	1,06
F1.A_2	2,30	0,46	30	1,06
F1.A_3	2,30	0,46	30	1,06
F1.A_4	2,30	0,46	30	1,06
F2.L_2	1,87	1,00	180	1,87
F2.A_1	2,80	1,00	180	2,80
F2.A_2	2,80	1,00	180	2,80
F3.L_1	4,33	0,46	30	1,99
F4.A_1	0,66	0,46	30	0,30
F5.A_1	4,62	0,46	30	2,13
F6.A_1	2,95	0,46	30	1,36
F7.L_1	4,68	0,25	15	1,17
F8.L_1	3,19	0,25	15	0,80
F9.L_1	5,33	0,25	15	1,33
F10.A_1	5,26	0,46	30	2,42
F11.A_1	0,70	1,00	180	0,70

I profili di apertura delle finestre, per ogni zona termica definita (ad eccezione della zona termica 4, in cui gli infissi sono perennemente chiusi), sono illustrati da Tabella 4.33 a Tabella 4.51.

Tabella 4.33. Profilo apertura finestre - zona termica 1

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 1												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,12	0,13	0,14	0,33	0,39	0,27	0,00	0,00	0,23	0,44	0,13	0,10
10:00 - 12:00	0,12	0,13	0,14	0,33	0,39	0,27	0,00	0,00	0,23	0,44	0,13	0,10
12:00 - 14:00	0,10	0,10	0,12	0,28	0,32	0,22	0,00	0,00	0,19	0,36	0,11	0,09
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.34. Profilo apertura finestre - zona termica 2

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 2												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,12	0,13	0,14	0,23	0,26	0,18	0,00	0,00	0,16	0,30	0,13	0,10
10:00 - 12:00	0,12	0,13	0,14	0,23	0,26	0,18	0,00	0,00	0,16	0,30	0,13	0,10
12:00 - 14:00	0,12	0,13	0,14	0,23	0,26	0,18	0,00	0,00	0,16	0,30	0,13	0,10
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.35. Profilo apertura finestre - zona termica 3

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 3												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,12	0,13	0,14	0,33	0,39	0,27	0,00	0,00	0,23	0,44	0,13	0,10
10:00 - 12:00	0,12	0,13	0,14	0,33	0,39	0,27	0,00	0,00	0,23	0,44	0,13	0,10
12:00 - 14:00	0,10	0,10	0,12	0,28	0,32	0,22	0,00	0,00	0,19	0,36	0,11	0,09
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.36. Profilo apertura finestre - zona termica 5

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 5												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01
08:00 - 10:00	0,12	0,13	0,14	0,23	0,26	0,04	0,00	0,00	0,16	0,30	0,13	0,10
10:00 - 12:00	0,12	0,13	0,14	0,23	0,26	0,04	0,00	0,00	0,16	0,30	0,13	0,10
12:00 - 14:00	0,12	0,12	0,14	0,22	0,26	0,04	0,00	0,00	0,16	0,29	0,13	0,10
14:00 - 16:00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.37. Profilo apertura finestre - zona termica 6

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 6												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,06	0,06	0,07	0,17	0,19	0,40	0,26	0,00	0,22	0,22	0,07	0,05
08:00 - 10:00	0,12	0,13	0,14	0,33	0,39	0,80	0,52	0,00	0,43	0,44	0,13	0,10
10:00 - 12:00	0,12	0,13	0,14	0,33	0,39	0,80	0,52	0,00	0,43	0,44	0,13	0,10
12:00 - 14:00	0,12	0,13	0,14	0,33	0,39	0,80	0,52	0,00	0,43	0,44	0,13	0,10
14:00 - 16:00	0,06	0,07	0,07	0,17	0,20	0,42	0,27	0,00	0,23	0,23	0,07	0,05
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00

Tabella 4.38. Profilo apertura finestre - zona termica 7

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 7												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10:00 - 12:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12:00 - 14:00	0,03	0,03	0,03	0,07	0,08	0,06	0,00	0,00	0,05	0,09	0,03	0,02
14:00 - 16:00	0,07	0,08	0,08	0,20	0,23	0,16	0,00	0,00	0,14	0,26	0,08	0,06
16:00 - 18:00	0,03	0,03	0,03	0,08	0,09	0,06	0,00	0,00	0,05	0,10	0,03	0,02
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.39. Profilo apertura finestre - zona termica 8

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 8												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,12	0,13	0,14	0,23	0,26	0,54	0,35	0,00	0,29	0,30	0,13	0,10
10:00 - 12:00	0,12	0,13	0,14	0,23	0,26	0,54	0,35	0,00	0,29	0,30	0,13	0,10
12:00 - 14:00	0,12	0,13	0,14	0,23	0,26	0,54	0,35	0,00	0,29	0,30	0,13	0,10
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.40. Profilo apertura finestre - zona termica 9

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 9												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,09	0,09	0,10	0,24	0,28	0,28	0,10	0,00	0,17	0,31	0,10	0,07
10:00 - 12:00	0,07	0,08	0,08	0,20	0,23	0,23	0,13	0,00	0,14	0,26	0,08	0,06
12:00 - 14:00	0,08	0,08	0,09	0,22	0,25	0,27	0,21	0,00	0,15	0,29	0,09	0,07
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.41. Profilo apertura finestre - zona termica 10

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 10												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,11	0,11	0,13	0,30	0,35	0,24	0,00	0,00	0,21	0,39	0,12	0,09
10:00 - 12:00	0,10	0,11	0,12	0,29	0,33	0,23	0,00	0,00	0,20	0,37	0,11	0,09
12:00 - 14:00	0,05	0,05	0,05	0,13	0,15	0,10	0,00	0,00	0,09	0,17	0,05	0,04
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.42. Profilo apertura finestre - zona termica 11

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 11												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,10	0,10	0,12	0,28	0,32	0,66	0,43	0,00	0,36	0,36	0,11	0,08
10:00 - 12:00	0,12	0,13	0,14	0,33	0,39	0,80	0,52	0,00	0,43	0,44	0,13	0,10
12:00 - 14:00	0,12	0,13	0,14	0,33	0,39	0,80	0,52	0,00	0,43	0,44	0,13	0,10
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.43. Profilo apertura finestre - zona termica 12

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 12												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
10:00 - 12:00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,08	0,03	0,00	0,00	0,05	0,08	0,00	0,00
12:00 - 14:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.44. Profilo apertura finestre - zona termica 13

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 13												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,09	0,10	0,11	0,26	0,30	0,21	0,00	0,00	0,18	0,34	0,10	0,08
10:00 - 12:00	0,09	0,09	0,10	0,25	0,28	0,20	0,00	0,00	0,17	0,32	0,10	0,08
12:00 - 14:00	0,07	0,07	0,08	0,19	0,22	0,15	0,00	0,00	0,13	0,24	0,07	0,06
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,03	0,00	0,00	0,03	0,05	0,02	0,01
20:00 - 22:00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,04	0,03	0,00	0,00	0,02	0,05	0,01	0,01
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00

Tabella 4.45. Profilo apertura finestre - zona termica 14

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 14												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,12	0,13	0,14	0,33	0,39	0,80	0,52	0,00	0,43	0,44	0,13	0,10
10:00 - 12:00	0,12	0,13	0,14	0,33	0,39	0,80	0,52	0,00	0,43	0,44	0,13	0,10
12:00 - 14:00	0,12	0,13	0,14	0,33	0,39	0,80	0,52	0,00	0,43	0,44	0,13	0,10
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.46. Profilo apertura finestre - zona termica 15

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 15												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,09	0,09	0,10	0,24	0,28	0,05	0,05	0,00	0,17	0,32	0,10	0,07
10:00 - 12:00	0,09	0,09	0,10	0,24	0,28	0,05	0,05	0,00	0,17	0,32	0,10	0,07
12:00 - 14:00	0,05	0,05	0,06	0,14	0,16	0,03	0,03	0,00	0,09	0,18	0,05	0,04
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.47. Profilo apertura finestre - zona termica 16

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 16												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,12	0,13	0,14	0,23	0,26	0,04	0,00	0,00	0,16	0,30	0,13	0,10
10:00 - 12:00	0,12	0,13	0,14	0,23	0,26	0,04	0,00	0,00	0,16	0,30	0,13	0,10
12:00 - 14:00	0,12	0,13	0,14	0,23	0,26	0,04	0,00	0,00	0,16	0,30	0,13	0,10
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.48. Profilo apertura finestre - zona termica 17

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 17												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,12	0,13	0,14	0,23	0,26	0,01	0,00	0,00	0,16	0,30	0,13	0,10
10:00 - 12:00	0,12	0,13	0,14	0,23	0,26	0,01	0,00	0,00	0,16	0,30	0,13	0,10
12:00 - 14:00	0,12	0,13	0,14	0,23	0,26	0,01	0,00	0,00	0,16	0,30	0,13	0,10
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.49. Profilo apertura finestre - zona termica 18

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 18												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,05	0,06	0,06	0,15	0,17	0,12	0,00	0,00	0,10	0,19	0,06	0,05
10:00 - 12:00	0,06	0,07	0,08	0,18	0,21	0,15	0,00	0,00	0,13	0,24	0,07	0,06
12:00 - 14:00	0,04	0,04	0,04	0,10	0,12	0,08	0,00	0,00	0,07	0,14	0,04	0,03
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.50. Profilo apertura finestre - zona termica 19

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 19												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,09	0,10	0,11	0,27	0,62	0,39	0,20	0,00	0,19	0,35	0,11	0,08
10:00 - 12:00	0,07	0,08	0,09	0,21	0,49	0,26	0,10	0,00	0,15	0,27	0,08	0,06
12:00 - 14:00	0,04	0,04	0,05	0,12	0,27	0,18	0,17	0,00	0,08	0,15	0,05	0,04
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 4.51. Profilo apertura finestre - zona termica 20

PROFILO APERTURA FINESTRE - ZT 20												
Fasce biorarie	Mese											
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
00:00 - 02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00 - 04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00 - 06:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00 - 08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00 - 10:00	0,05	0,05	0,06	0,14	0,16	0,11	0,00	0,00	0,10	0,18	0,06	0,04
10:00 - 12:00	0,06	0,06	0,07	0,17	0,19	0,13	0,00	0,00	0,12	0,22	0,07	0,05
12:00 - 14:00	0,02	0,02	0,02	0,06	0,06	0,04	0,00	0,00	0,04	0,07	0,02	0,02
14:00 - 16:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00 - 18:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00 - 20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00 - 22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00 - 24:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Come indicato sul Manuale di utilizzo del software SEAS 3.0 [37] e sul Report RdS/2012/110 [38], sono proposte due procedure di calcolo: la prima, più legata ai valori di progetto e quindi meno realistica e i cui dati di input sono più facilmente reperibili; la seconda invece maggiormente legata alle effettive ventilazioni dei locali e infiltrazioni. Si è ritenuto opportuno, in funzione dei dati a disposizione e della loro attendibilità, effettuare entrambe le valutazioni e successivamente compiere una scelta sulla base dei risultati ottenuti da entrambi le procedure.

La prima procedura è quella prevista dal Capitolo 12 della normativa UNI/TS 11300-1 [4]; tale procedura fa riferimento alla norma UNI 10339 [10] e si basa sul calcolo di una portata minima di aria esterna per garantire le condizioni igieniche standard in riferimento alle categorie d'uso e al numero di persone presenti, definito in base all'indice di affollamento suggerito dalla normativa per ogni categoria di ambiente. Il software SEAS 3.0 richiede come dati di input il numero di occupanti per ogni categoria di ambienti, al fine di calcolare la portata di ventilazione secondo quanto previsto nella norma UNI 10339 [10]. È stato inserito, ove noto dai dati ricavati sull'utenza, il numero reale di occupanti (Allegato E), trattandosi di una valutazione di tipo *tailored* (adattata all'utenza).

Per quanto riguarda la seconda procedura, essa prevede la suddivisione dello scambio termico per ricambio d'aria in ventilazione dovuta all'apertura dei serramenti, e infiltrazione attraverso i componenti dell'involucro.

I dati di input da conoscere sono in numero maggiore e spesso di difficile reperimento.

Per la stima delle infiltrazioni di aria esterna all'interno del volume riscaldato, si adotta la procedura di calcolo per la portata d'aria media per infiltrazioni per ventilazione naturale prevista dalla norma UNI/TS 11300-1 [4], considerando che l'edificio oggetto di indagine presenta una media schermatura al vento e più di una facciata esposta e non è nota la classe di permeabilità degli infissi (in tal caso la suddetta normativa consiglia di considerare una media permeabilità dell'involucro).

Per quanto riguarda la stima delle dispersioni per apertura dei serramenti, queste vengono valutate secondo quanto indicato nella normativa UNI EN 15242 [18], in base ai profili di apertura delle finestre

indicati precedentemente da Tabella 4.33 a Tabella 4.51 e ai dati di input richiesti per ogni zona secondo quanto previsto dalla suddetta normativa (altezza dell'area apribile degli infissi, velocità del vento etc.).

Una volta noti i tassi di ricambio orario per infiltrazioni e per apertura dei serramenti, viene calcolato un tasso di ricambio d'aria medio mensile da utilizzare nei calcoli sul periodo di riferimento. A tal fine si considera il tasso per apertura serramenti applicato soltanto nel periodo di effettivo ricambio, segnalato dall'utenza durante l'intervista, e il tasso per infiltrazione sempre presente durante tutto il periodo di calcolo.

Qualora si abbiano valori certi di orario di apertura dei serramenti e si abbia un valore di permeabilità degli infissi all'aria certo, è preferibile adottare la seconda procedura perché stima in modo migliore il carico termico reale. Nel caso in esame però, a causa dell'incertezza di tali dati, è stato scelto di effettuare un confronto basato sull'applicazione di entrambi le procedure; la Tabella 4.52 mostra la differenza del numero di ricambi d'aria ottenuti dalla procedura 1 e 2.

Tabella 4.52. Confronto numero di ricambi d'aria calcolati dal software SEAS 3.0 mediante le procedure 1 e 2 (descritte sopra)

Zona termica ¹	Numero di ricambi d'aria		Scarto percentuale
	Procedura 1 (UNI 10339)	Procedura 2 (UNI/TS 11300 - UNI EN 15242)	
	n₁	n₂	
[-]	[h ⁻¹]	[h ⁻¹]	[%]
2	2,36	1,09	-53,8%
3	0,45	1,15	155,6%
5	0,72	0,84	16,7%
6	0,64	1,53	139,1%
7	1,15	1,79	55,7%
8	0,38	0,86	126,3%
9	1,14	1,79	57,0%
10	0,70	1,55	121,4%
11	0,31	1,78	474,2%
12	0,60	0,68	13,3%
13	1,51	2,25	49,0%
14	0,10	2,38	2280,0%
15	1,35	2,82	108,9%
16	0,35	0,91	160,0%
17	0,71	0,59	-16,9%
18	0,90	1,98	120,0%
19	1,06	2,23	110,4%
20	0,77	2,22	188,3%

Zona termica ¹	Numero di ricambi d'aria		Scarto percentuale
	Procedura 1 (UNI 10339)	Procedura 2 (UNI/TS 11300 - UNI EN 15242)	
	n₁	n₂	
[-]	[h ⁻¹]	[h ⁻¹]	[%]
¹ Non sono state indicate le zone termiche 1 e 4 in quanto dotate di ventilazione meccanica.			

È stato scelto successivamente di adottare per ogni zona la procedura secondo la quale si ottiene il numero di ricambi d'aria minore, in quanto dai primi risultati ottenuti sul calcolo del fabbisogno si è notato che il valore calcolato era elevato rispetto ai consumo reali misurati (ved. Appendice A).

Calcolo della ventilazione - fogli Excel (UNI/TS 11300)

Per stimare la portata d'aria per ventilazione e calcolare le relative dispersioni mediante l'utilizzo dei fogli di calcolo Excel, si è fatto riferimento alla procedura indicata dalla norma UNI/TS 11300-1 [4], (corrispondente alla procedura 1 prevista dal software SEAS 3.0). Nel calcolo della portata per ventilazione però, anziché utilizzare l'indice di affollamento suggerito dalla norma UNI 10339 [10] per calcolare il numero di persone e la portata d'aria esterna minima ai fini di assicurare le condizioni igienico-sanitarie in funzione delle categorie d'uso dei locali, è stato utilizzato l'indice di affollamento reale, ricavato dai dati sull'utenza raccolti (in Tabella 4.15 è indicato il numero di persone reale e di progetto presenti in ogni ambiente). È stato possibile ricavare l'indice di affollamento reale per gli ambienti occupati stabilmente dalle medesime classi di studenti (aule) o dipendenti (uffici) e non di uso comune a tutte le classi presenti; per gli ambienti con occupazione variabile (palestre, laboratori etc.) è stato adottato l'indice di affollamento suggerito da normativa. Per le zone non occupate, è stata calcolata la ventilazione considerando solamente i servizi igienici, come indicato dalla normativa di riferimento.

I dati relativi calcolo della portata di ventilazione per ogni zona termica, considerando la categoria degli ambienti appartenenti secondo quanto indicato dalla norma UNI 10339 [10], sono mostrati in Tabella 4.53.

Tabella 4.53. Parametri per il calcolo della portata di ventilazione (secondo UNI/TS 11300-1)

Zona termica	Destinazione d'uso	Indice di affollamento		Fattore di correzione (da prosp. E2 UNI/TS 11300-1)	Numero di ricambi d'aria
		reale	teorico		
		n_{s, reale}	n_{s, UNI 10339}		
[-]	[-]	[m ⁻²]	[m ⁻²]	[-]	[h ⁻¹]
1 ¹	palestre	-	0,20	-	0,55
2 ²	zone non occupate	-	-	0,43	1,80
3	palestre	-	0,20	0,18	0,40
4 ¹	aule	-	0,45	-	0,55
5	zone non occupate	-	-	0,51	0,50
6	uffici	-	0,30	0,47	0,65
7 ³	laboratori	-	0,50	0,43	1,16

Zona termica	Destinazione d'uso	Indice di affollamento		Fattore di correzione (da prosp. E2 UNI/TS 11300-1)	Numero di ricambi d'aria
		reale	teorico		
		$n_{s, reale}$	$n_{s, UNI 10339}$		
[-]	[-]	$[m^{-2}]$	$[m^{-2}]$	[-]	$[h^{-1}]$
1 ¹	palestre	-	0,20	-	0,55
8	zone non occupate	-	-	0,51	0,20
9	aule	0,39	0,45	0,47	1,15
10	laboratori	-	0,30	0,43	0,70
11	uffici	0,05	0,06	0,59	0,31
12	uffici	-	0,30	0,43	0,59
13	aule	0,46	0,45	0,47	1,53
14	uffici	0,03	0,06	0,59	0,19
15	aule	0,41	0,45	0,47	1,36
16	zone non occupate	-	-	0,51	0,18
17	zone non occupate	-	-	0,51	0,36
18	laboratori	-	0,30	0,43	0,90
19	aule	0,32	0,45	0,47	1,07
20	laboratori	-	0,30	0,43	0,90
¹ Le zone termiche 1 e 4 sono dotate di ventilazione meccanica con recupero di calore (le caratteristiche dell'impianto di ventilazione sono illustrate al Paragrafo 4.1.3). ² La zona termica 2 include i locali spogliatoi a servizio della palestra. ³ La zona termica 3 include le sale musica.					

4.2.8 Apporti termici interni

Gli apporti termici interni sono relazionati alla presenza di occupanti, in base all'attività metabolica svolta, alle apparecchiature elettriche e ai dispositivi di illuminazione.

Calcolo degli apporti termici interni - SEAS 3.0

Dai dati raccolti sull'utenza (Allegato E) è stato possibile calcolare il profilo di presenza bioraria in ciascuna zona termica nei giorni feriali (dal lunedì al venerdì) e festivi (sabato e domenica) per la settimana tipo. I giorni di assenza, incluse le domeniche, calcolati mensilmente dal Calendario scolastico della Regione Piemonte 2014/2015 (Allegato E) per il periodo di calcolo considerato (ossia il periodo di accensione dell'impianto di riscaldamento in zona climatica E, fissato dal 15 ottobre al 15 aprile) sono mostrati in Tabella 4.54.

Tabella 4.54. Giorni di assenza degli occupanti anno scolastico 2014/15

Mese	Giorni di assenza degli occupanti
Gennaio	9
Febbraio	7
Marzo	5
Aprile	7
Ottobre	2
Novembre	6
Dicembre	12

I profili di presenza per ogni zona termica (ad eccezione delle zone non occupate) sono riportati da Tabella 4.55 a Tabella 4.70.

Tabella 4.55. Profilo presenze occupanti - zona termica 1

PROFILO PRESENZE - ZT 1		
Attività delle persone: media in piedi		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 – 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	0	0
08:00 - 10:00	23	14
10:00 - 12:00	20	15
12:00 - 14:00	24	0
14:00 - 16:00	0	0
16:00 - 18:00	0	0
18:00 - 20:00	0	0
20:00 - 22:00	0	0
22:00 - 24:00	0	0

Tabella 4.56. Profilo presenze occupanti - zona termica 3

PROFILO PRESENZE - ZT 3		
Attività delle persone: media in piedi		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 – 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	0	0
08:00 - 10:00	23	12
10:00 - 12:00	25	12
12:00 - 14:00	23	0
14:00 - 16:00	0	0
16:00 - 18:00	0	0
18:00 - 20:00	0	0
20:00 - 22:00	0	0
22:00 - 24:00	0	0

Tabella 4.57. Profilo presenze occupanti - zona termica 4

PROFILO PRESENZE - ZT 4		
Attività delle persone: sedentaria		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 - 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	0	0
08:00 - 10:00	19	0
10:00 - 12:00	20	0
12:00 - 14:00	8	0
14:00 - 16:00	8	0
16:00 - 18:00	8	0
18:00 - 20:00	4	0
20:00 - 22:00	0	0
22:00 - 24:00	0	0

Tabella 4.58. Profilo presenze occupanti - zona termica 5

PROFILO PRESENZE - ZT 5		
Attività delle persone: leggera in piedi		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 - 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	3	1
08:00 - 10:00	5	3
10:00 - 12:00	8	4
12:00 - 14:00	8	3
14:00 - 16:00	3	0
16:00 - 18:00	0	0
18:00 - 20:00	0	0
20:00 - 22:00	0	0
22:00 - 24:00	0	0

Tabella 4.59. Profilo presenze occupanti - zona termica 6

PROFILO PRESENZE - ZT 6		
Attività delle persone: sedentaria		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 - 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	3	2
08:00 - 10:00	3	2
10:00 - 12:00	3	2
12:00 - 14:00	3	2
14:00 - 16:00	4	2
16:00 - 18:00	1	0
18:00 - 20:00	1	0
20:00 - 22:00	1	0
22:00 - 24:00	1	0

Tabella 4.60. Profilo presenze occupanti - zona termica 7

PROFILO PRESENZE - ZT 7		
Attività delle persone: media in piedi		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 - 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	0	0
08:00 - 10:00	0	0
10:00 - 12:00	0	0
12:00 - 14:00	5	0
14:00 - 16:00	26	0
16:00 - 18:00	11	0
18:00 - 20:00	0	0
20:00 - 22:00	0	0
22:00 - 24:00	0	0

Tabella 4.61. Profilo presenze occupanti - zona termica 9

PROFILO PRESENZE - ZT 9		
Attività delle persone: sedentaria		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 - 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	0	0
08:00 - 10:00	31	11
10:00 - 12:00	26	11
12:00 - 14:00	29	6
14:00 - 16:00	0	0
16:00 - 18:00	0	0
18:00 - 20:00	0	0
20:00 - 22:00	0	0
22:00 - 24:00	0	0

Tabella 4.62. Profilo presenze occupanti - zona termica 10

PROFILO PRESENZE - ZT 10		
Attività delle persone: sedentaria		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 - 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	0	0
08:00 - 10:00	68	36
10:00 - 12:00	63	18
12:00 - 14:00	34	7
14:00 - 16:00	0	0
16:00 - 18:00	0	0
18:00 - 20:00	0	0
20:00 - 22:00	0	0
22:00 - 24:00	0	0

Tabella 4.63. Profilo presenze occupanti - zona termica 11

PROFILO PRESENZE - ZT 11		
Attività delle persone: sedentaria		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 - 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	0	0
08:00 - 10:00	14	7
10:00 - 12:00	15	8
12:00 - 14:00	15	8
14:00 - 16:00	0	0
16:00 - 18:00	0	0
18:00 - 20:00	0	0
20:00 - 22:00	0	0
22:00 - 24:00	0	0

Tabella 4.64. Profilo presenze occupanti - zona termica 12

PROFILO PRESENZE - ZT 12		
Attività delle persone: sedentaria		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 - 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	0	0
08:00 - 10:00	1	0
10:00 - 12:00	3	4
12:00 - 14:00	0	0
14:00 - 16:00	1	0
16:00 - 18:00	2	0
18:00 - 20:00	0	0
20:00 - 22:00	0	0
22:00 - 24:00	0	0

Tabella 4.65. Profilo presenze occupanti - zona termica 13

PROFILO PRESENZE - ZT 13		
Attività delle persone: sedentaria		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 - 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	0	0
08:00 - 10:00	205	97
10:00 - 12:00	190	109
12:00 - 14:00	175	18
14:00 - 16:00	0	0
16:00 - 18:00	0	0
18:00 - 20:00	30	0
20:00 - 22:00	27	0
22:00 - 24:00	9	0

Tabella 4.66. Profilo presenze occupanti - zona termica 14

PROFILO PRESENZE - ZT 14		
Attività delle persone: sedentaria		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 - 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	0	0
08:00 - 10:00	1	1
10:00 - 12:00	1	1
12:00 - 14:00	1	1
14:00 - 16:00	0	0
16:00 - 18:00	0	0
18:00 - 20:00	0	0
20:00 - 22:00	0	0
22:00 - 24:00	0	0

Tabella 4.67. Profilo presenze occupanti - zona termica 15

PROFILO PRESENZE - ZT 15		
Attività delle persone: sedentaria		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 - 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	0	0
08:00 - 10:00	332	188
10:00 - 12:00	339	175
12:00 - 14:00	232	17
14:00 - 16:00	0	0
16:00 - 18:00	0	0
18:00 - 20:00	0	0
20:00 - 22:00	0	0
22:00 - 24:00	0	0

Tabella 4.68. Profilo presenze occupanti - zona termica 18

PROFILO PRESENZE - ZT 18		
Attività delle persone: sedentaria		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 - 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	0	0
08:00 - 10:00	77	31
10:00 - 12:00	97	34
12:00 - 14:00	58	7
14:00 - 16:00	0	0
16:00 - 18:00	0	0
18:00 - 20:00	0	0
20:00 - 22:00	0	0
22:00 - 24:00	0	0

Tabella 4.69. Profilo presenze occupanti - zona termica 19

PROFILO PRESENZE - ZT 19		
Attività delle persone: sedentaria		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 - 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	0	0
08:00 - 10:00	37	16
10:00 - 12:00	34	16
12:00 - 14:00	17	0
14:00 - 16:00	0	0
16:00 - 18:00	0	0
18:00 - 20:00	0	0
20:00 - 22:00	0	0
22:00 - 24:00	0	0

Tabella 4.70. Profilo presenze occupanti - zona termica 20

PROFILO PRESENZE - ZT 20		
Attività delle persone: sedentaria		
Fasce biorarie	Numero di persone (giorni feriali)	Numero di persone (giorni festivi)
00:00 - 02:00	0	0
02:00 - 04:00	0	0
04:00 - 06:00	0	0
06:00 - 08:00	0	0
08:00 - 10:00	8	11
10:00 - 12:00	10	12
12:00 - 14:00	3	6
14:00 - 16:00	0	0
16:00 - 18:00	0	0
18:00 - 20:00	0	0
20:00 - 22:00	0	0
22:00 - 24:00	0	0

Per quanto riguarda le apparecchiature elettriche, è stato supposto che siano di tipo ENERGY-STAR e si abbia un utilizzo medio da parte dell'utenza. Il numero di apparecchiature presenti per ogni zona è illustrato nella Tabella D.1 dell'Allegato D.

Nella scheda "Illuminazione" per ogni zona termica sono stati indicati i dispositivi di illuminazione artificiale presenti, con le relative caratteristiche, e la presenza di sistemi di illuminazione di emergenza (Tabella D.2, Allegato D); il controllo dell'illuminazione è di tipo manuale nell'intero edificio.

Calcolo degli apporti termici interni - fogli Excel (UNI/TS 11300)

Come detto precedentemente, gli apporti interni per ogni zona termica sono relazionati alla presenza degli occupanti, in relazione all'attività svolta, alle apparecchiature elettriche e ai dispositivi di illuminazione artificiale; l'utilizzo delle apparecchiature elettriche è legato in alcuni casi al numero di occupanti presenti (ad esempio nel caso dell'uso dei computer presenti in laboratorio); l'attivazione dell'illuminazione artificiale invece è relazionata solo alla presenza dell'utenza e non al numero di occupanti.

Per il calcolo degli apporti interni legati agli occupanti in relazione all'attività metabolica svolta, sono stati utilizzati i valori di riferimento da un'analisi della letteratura presente, indicati in Tabella 4.71.

Tabella 4.71. Metabolismo energetico per diverse attività ($T_{amb} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Attività	Emissione termica	
	Quota sensibile	Quota latente
[-]	[W]	[W]
Lavoro in ufficio	100	40
Lavoro medio	140	125
Lavoro pesante	190	250

Per ciascuna zona termica è stata individuata la tipologia di attività svolta, in funzione degli ambienti presenti e sulla base delle informazioni ricevute dagli utenti; in base ai profili di occupazione (considerando il valore medio orario giornaliero di occupanti presenti) per ogni ambiente appartenente alla zona considerata, è stato ricavato il valore medio di apporti gratuiti derivante dalla presenza degli occupanti. I risultati, per ogni zona termica (ad eccezione delle zone non occupate), sono riportati in Tabella 4.72.

Tabella 4.72. Apporti termici interni derivanti dalla presenza degli occupanti

Zona termica	Destinazione d'uso	Attività metabolica	Apporti degli occupanti		
			Quota sensibile	Quota sensibile per unità di superficie	Quota latente ¹²
[-]	[-]	[-]	[W]	[W/m ²]	[g/h]
1	palestre	pesante	891,2	1,62	1666
3	palestre	pesante	913,8	7,24	0
4	aule	lavoro in ufficio	401,2	1,66	1708
5 ¹	zone non occupate	lavoro medio	241,7	0,26	228
6	uffici	lavoro in ufficio	131,5	1,25	307
7 ²	laboratori	lavoro medio	343,8	4,47	75
9	aule	lavoro in ufficio	574,4	4,00	436
10	laboratori	lavoro in ufficio	1123,8	4,03	0
11	uffici	lavoro in ufficio	314,3	1,05	326
12	uffici	lavoro in ufficio	44,6	0,23	639
13	aule	lavoro in ufficio	4314,9	7,54	179
14	uffici	lavoro in ufficio	21,4	0,64	25
15	aule	lavoro in ufficio	6276,2	5,53	2452
18	laboratori	lavoro in ufficio	1951,5	1,88	12
19	aule	lavoro in ufficio	599,4	4,18	3567
20	laboratori	lavoro in ufficio	189,9	1,90	0

¹ La zona termica 5 comprende anche il locale bar.

² La zona termica 7 comprende le sale musica 0.01 e 0.02.

¹² La quota latente non viene presa in considerazione ai fini del calcolo secondo la UNI/TS 11300-1 in quanto non sono presenti impianti di umidificazione/deumidificazione.

Le apparecchiature elettriche presenti in ogni zona termica sono indicate nella Tabella D.1, Allegato D. I valori di riferimento suggeriti nel “Manuale di ausilio alla progettazione termotecnica AICARR” [39], che sono stati considerati per valutare gli apporti interni sensibili derivanti dalle apparecchiature elettriche presenti, in relazione alla potenza elettrica assorbita, sono mostrati in Tabella 4.73.

**Tabella 4.73. Apporti termici sensibili delle apparecchiature elettriche
(in relazione alla potenza elettrica assorbita)**

Apparecchiatura elettrica	Apporti termici sensibili	Potenza elettrica assorbita
[-]	[W]	[W]
Computer	450	500
Proiettore	360	400
Stampante	350	850
Fotocopiatrice	1200	1200
Schermo LCD 27” ¹	324	360
Microonde	400	600
Forno	200	2000
Congelatore	550	1350
Piastra ²	2800	5300
Lavastoviglie ²	50	400
Macchina del ghiaccio	2750	1100
Macchina per caffè ²	1000	1500
Banco frigo	550	1350
Frigorifero	50	100
¹ I valori di riferimento sono stati ricavati da ASHRAE handbook : fundamentals, 2009.		
² Alcune apparecchiature elettriche forniscono anche apporti termici latenti. In particolare: piastra - 3500 g/h; lavastoviglie - 150 g/h; macchina per caffè - 650 g/h [39].		

Per valutare gli apporti termici sensibili per ogni zona termica correlati alle apparecchiature elettriche presenti, è stata considerata una differenziazione in base all'utilizzo dell'apparecchiatura; sono stati individuati gli apparecchi il cui funzionamento è legato alla presenza di occupanti (computer, proiettore, stampante, fotocopiatrice, schermi LCD 27”, microonde, forno, piastra, lavastoviglie, macchina del ghiaccio, macchina per caffè), che sono stati considerati funzionanti nelle ore di presenza degli utenti, e gli apparecchi sempre in funzione (congelatore, banco frigo, frigorifero). È stato quindi calcolato, per ogni zona avente apparecchiature elettriche, il valore medio di apporti termici interni ad esse relazionato, come illustrato nella Tabella 4.74.

Tabella 4.74. Apporti termici interni derivanti dalle apparecchiature elettriche

Zona termica	Destinazione d'uso	Apporti delle apparecchiature elettriche	
		Quota sensibile	Quota sensibile per unità di superficie
[-]	[-]	[W]	[W/m ²]
4	aule	144,6	0,60
5 ¹	zone non occupate	4209,5	4,61
6	uffici	485,7	4,63
9	aule	221,8	1,54
10	laboratori	4020,7	14,42
11	uffici	2207,1	7,35
12	uffici	89,3	0,46
13	aule	790,2	1,38
14	uffici	342,9	10,30
15	aule	1225,2	1,08
18	laboratori	4146,0	4,00
19	aule	268,9	1,88
20	laboratori	507,6	5,09

¹ La zona termica 5 comprende anche il locale bar.

Per quanto riguarda gli apporti termici sensibili forniti dai dispositivi di illuminazione (elencati nella Tabella D.2, Allegato D), dai riferimenti in letteratura [40] si evince che per le lampade ad incandescenza si ha una trasformazione del 90% circa di energia elettrica assorbita in calore sensibile, mentre per le lampade fluorescenti (neon) di circa il 75%. I valori di riferimento per i dispositivi presenti nell'edificio oggetto di studio sono mostrati in Tabella 4.75.

Tabella 4.75. Apporti termici sensibili dei dispositivi di illuminazione artificiale (in relazione alla potenza elettrica assorbita)

Dispositivo di illuminazione artificiale	Apporti termici sensibili	Potenza elettrica assorbita
[-]	[W]	[W]
Lampada ad incandescenza	108	120
Lampada fluorescente	13,5	18
Lampada fluorescente	43,5	58

Per calcolare gli apporti termici sensibili forniti dai dispositivi di illuminazione in ogni zona termica, sono stati presi in considerazione i profili orari di occupazione in ogni ambiente; nelle ore in cui si riscontra la presenza di occupanti l'illuminazione artificiale è stata considerata in funzione, mentre non utilizzata nelle

restanti ore. Nel caso delle zone non occupate o di transito (come corridoi, vani scala etc.), è stata presa in considerazione la presenza di occupanti negli ambienti adiacenti serviti da tali zone. È stato ricavato il valore medio di apporti termici interni relazionato ai dispositivi di illuminazione artificiale per ogni zona (Tabella 4.76).

Tabella 4.76. Apporti termici interni derivanti dai dispositivi di illuminazione artificiale

Zona termica	Destinazione d'uso	Apporti dei dispositivi di illuminazione	
		Quota sensibile	Quota sensibile per unità di superficie
[-]	[-]	[W]	[W/m ²]
1	palestre	262,3	0,48
2	zone non occupate	261,7	1,09
3	palestre	184,9	1,46
4	aule	462,9	1,91
5	zone non occupate	1346,2	1,47
6	uffici	355,5	3,39
7	laboratori	121,5	1,58
8	zone non occupate	747,1	0,75
9	aule	281,9	1,96
10	laboratori	534,4	1,92
11	uffici	547,7	1,83
12	uffici	180,2	0,92
13	aule	965,8	1,69
14	uffici	111,9	3,36
15	aule	1463,5	1,29
16	zone non occupate	597,9	0,56
17	zone non occupate	403,7	0,60
18	laboratori	987,6	0,95
19	aule	198,9	1,39
20	laboratori	74,1	0,74

Il valore medio degli apporti termici interni (sensibili), considerando la somma degli apporti derivanti dagli occupanti, dalle apparecchiature elettriche e dai dispositivi di illuminazione artificiale, per ogni zona termica è mostrato nella Tabella 4.77.

Tabella 4.77. Apporti termici interni

Zona termica	Destinazione d'uso	Apporti termici interni	
		Quota sensibile	Quota sensibile per unità di superficie
[-]	[-]	[W]	[W/m ²]
1	palestre	1153	2,1
2	zone non occupate	262	1,1
3	palestre	1099	8,7
4	aule	1009	4,2
5	zone non occupate	5797	6,4
6	uffici	973	9,3
7	laboratori	465	6,1
8	zone non occupate	747	0,8
9	aule	1078	7,5
10	laboratori	5679	20,4
11	uffici	3069	10,2
12	uffici	314	1,6
13	aule	6071	10,6
14	uffici	476	14,3
15	aule	8965	7,9
16	zone non occupate	598	0,6
17	zone non occupate	404	0,6
18	laboratori	7085	6,8
19	aule	1067	7,4
20	laboratori	772	7,7

4.2.9 Parametri impiantistici

Impianto di riscaldamento

Il calcolo del rendimento di emissione per ogni zona termica è stato effettuato secondo quanto previsto dalla norma UNI/TS 11300-2 [5] (Prospetti 17 e 18¹³).

La Tabella 4.78 mostra il valore del rendimento di emissione per ciascuna zona termica. In tutte le zone termiche (ad eccezione di alcune, come indicato nella suddetta tabella), come tipologia di terminali sono presenti radiatori installati su parete esterna non isolata; la temperatura di mandata è stata considerata pari 70 °C.

¹³ La norma UNI/TS 11300-2 fornisce valori del rendimento di emissione in base alla tipologia di terminali e al carico termico medio annuo. Nel caso in esame, per tutte le zone termiche, il valore del carico termico medio annuo risulta inferiore a 4 W/m³.

Tabella 4.78. Rendimento di emissione

Zona termica	Altezza dei locali	Rendimento di emissione
[-]	[m]	[%]
1 ¹	7,98	96,5%
2	4,8	91,8%
3	4,8	91,8%
4	4,8	91,8%
5	4,8-3,7 ²	92,7%
6	4,8	91,8%
7	4,8	91,8%
8	4,8-3,7 ²	92,5%
9	4,8-3,7 ²	92,4%
10	4,8	91,8%
11	4,8-3,7 ²	92,8%
12	4,8	91,8%
13	3,7	93,0%
14	3,7	93,0%
15	3,7	93,0%
16 ³	3,7	93,6%
17 ³	3,7	93,3%
18	3,7	93,0%
19	3,7	93,0%
20	3,7	93,0%

¹ Nella presente zona i terminali di emissione sono costituiti da bocchette in sistemi di aria calda.

² Il rendimento di emissione è stato calcolando mediante una media pesata sul volume riscaldato degli ambienti a diversa altezza.

³ In una porzione dei locali appartenenti alla zona termica è stata rilevata la presenza di termoconvettori (ved. Paragrafo 4.1.3). Pertanto il rendimento di emissione è stato calcolando mediante una media pesata sul volume riscaldato degli ambienti con diverse tipologie di terminali di emissioni.

Il rendimento di regolazione è stato determinato secondo quanto illustrato al Prospetto 20 della UNI/TS-11300-2 [5]; dai dati impiantistici raccolti è nota la presenza, in ogni zona termica, di una regolazione di tipo “zona+climatica”; supponendo sia impostato un valore di banda proporzionale ad 1 °C, essendo presenti sistemi a bassa inerzia termica (radiatori, convettori ed aria calda), è stato considerato un valore rendimento di regolazione pari al 97%.

Per il calcolo del rendimento di distribuzione, si è fatto riferimento all'Appendice A della suddetta normativa, che espone la procedura di calcolo analitico delle perdite di distribuzione.

Le informazioni sulle tubazioni di distribuzione sono state ricavate dalla documentazione progettuale sull'impianto all'Allegato C e mediante sopralluoghi in situ, ove possibile. La rete di distribuzione è stata suddivisa in tratti di tubazioni con caratteristiche omogenee, come illustrato nella Tabella 4.79. Le tubazioni sono state identificate mediante un codice, che riporta informazioni su alcune caratteristiche, come specificato nella Tabella seguente.

Tabella 4.79. Classificazione tratti di tubazioni omogenee della rete di distribuzione

Tratto	Codice tubazione ¹	Posizione	Profondità (tubazioni interrato/ incassate)	Lunghezza	Diametro nominale	Spessore isolamento ($\lambda=0,04$ W/mK)
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]
A	DN 100_M_O	centrale termica	-	40,00	100	60
B	DN 100_M_O	interrata	1	26,50	100	60
C	DN 100_R_O	centrale termica	-	40,00	100	60
D	DN 100_R_O	interrata	1	26,50	100	60
E	DN 80_M_O	centrale termica	-	29,45	80	55
F	DN 80_R_O	centrale termica	-	41,85	80	55
G	DN 80_M_O	interrata	1	11,34	80	55
H	DN 80_R_O	interrata	1	35,32	80	55
I	DN 80_M_O	corrente in aria in ambienti non climatizzati (interrato)	-	66,12	80	55
L	DN 80_R_O	corrente in aria in ambienti non climatizzati (interrato)	-	66,74	80	55
M	DN 80_M_V	incassata in struttura interna all'involucro	0,75	6,50	80	55
N	DN 80_R_V	incassata in struttura interna all'involucro	0,75	6,50	80	55

¹ Legenda codice tubazione:

- DN = diametro nominale [mm];
- M = mandata;
- R = ritorno;
- O = orizzontale;
- V = verticale.

Per ciascun tratto di tubazione sono state calcolate le perdite di distribuzione e le perdite recuperabili e recuperate, in relazione ai tratti di tubazioni (Appendice A, UNI/TS 11300-2 [5]) e agli ausiliari del sistema di distribuzione (Punto 8.1.4.1 UNI/TS 11300-2 [5]).

In particolare, gli ausiliari sono presenti in tutti i sottocircuiti di distribuzione, ad eccezione del sottocircuito B (ved. Allegato C); la potenza degli ausiliari e la modalità di funzionamento (non sempre in funzione a velocità costante) è stata ricavata in base alla documentazione esistente sull'impianto di riscaldamento.

È stato necessario calcolare la potenza delle unità terminali installate in relazione ad ogni sottocircuito di distribuzione, in base al rilievo dei corpi scaldanti effettuato (Allegato C); il valore della potenza termica per ciascun elemento (secondo la norma UNI EN 442-2 [26]) considerato è pari a 135 W¹⁴. La potenza termica installata, considerando gli ambienti serviti dal medesimo sottocircuito di distribuzione, è indicata in Tabella 4.80.

Tabella 4.80. Potenza dei terminali di emissione installata in relazione ai sottocircuiti di distribuzione

Sottocircuito di distribuzione	Potenza dei terminali di emissione installata
	Φ_{em}
[-]	[W]
B	46170
C	175905
D	172125
E	196965
F	201960

Per quanto riguarda il rendimento di generazione, con riferimento al materiale raccolto sul sistema di generazione e secondo quanto previsto dalla norma UNI/TS 11300-2 [5], è stato considerato un valore pari al 90%.

Impianto di illuminazione artificiale

Per la valutazione dei requisiti relativi all'impianto di illuminazione, si è fatto riferimento alla norma UNI EN 15193 [17]. La potenza elettrica di riferimento per ogni tipologia di dispositivo presente è mostrata in Tabella 4.81.

¹⁴ Tale valore è indicato su scheda tecnica dall'azienda produttrice BIASI per elementi in ghisa di tipo 4/880, della medesima tipologia di quelli rilevati in situ.

Tabella 4.81. Potenza elettrica dei dispositivi di illuminazione artificiale

Dispositivo di illuminazione artificiale	Potenza elettrica
[-]	[W]
Lampade ad incandescenza	120
Lampade fluorescenti (neon tip. 1)	58
Lampade fluorescenti (neon tip. 2)	18

In base ai dispositivi presenti negli ambienti appartenenti alla medesima zona (Tabella D.2, Allegato D), è stato ricavato il valore della potenza installata per illuminazione in ogni zona (Tabella 4.82). Non sono presenti sistemi di controllo automatico dell'illuminazione.

Tabella 4.82. Potenza installata per illuminazione

Zona termica	Potenza installata per illuminazione	Potenza installata per illuminazione (per unità di superficie)
	P_n	P_n/A
[-]	[W]	[W/m ²]
1	1440	2,61
2	1724	7,20
3	1218	9,65
4	3456	14,26
5	5046	5,53
6	1536	14,64
7	1800	23,41
8	4426	4,46
9	2672	18,59
10	4640	16,64
11	3848	12,82
12	3364	17,15
13	7134	12,47
14	696	20,90
15	14616	12,87
16	3886	3,61
17	2552	3,79

Zona termica	Potenza installata per illuminazione	Potenza installata per illuminazione (per unità di superficie)
	P_n	P_n/A
[-]	[W]	[W/m ²]
18	12876	12,41
19	2088	14,56
20	1276	12,79

4.3 Valutazioni energetiche

4.3.1 Valutazione d'esercizio (*operational rating*)

La valutazione d'esercizio si basa sul consumo reale di gas naturale, in termini di energia erogata annualmente per il riscaldamento del complesso scolastico oggetto di studio, nelle tre stagioni di riscaldamento analizzate (2012/13, 2013/14, 2014/15). I dati relativi ai consumi annuali sono stati relazionati ai gradi giorno di riscaldamento per la città di Torino relativi ai tre anni, ricavati dall'archivio dati meteorologici messo a disposizione da ARPA Piemonte [47] (Paragrafo 4.1.5); la Tabella 4.83 mostra i dati esaminati, illustrati graficamente in Figura 4.19.

Tabella 4.83. Consumi di energia per riscaldamento (*operational rating*)

Stagione di riscaldamento	GG di riscaldamento	Consumo (energia erogata)
[-]	[°C d]	[MWh]
2012/2013	2544	824,7
2013/2014	2231	688,4
2014/2015	2246	652,4

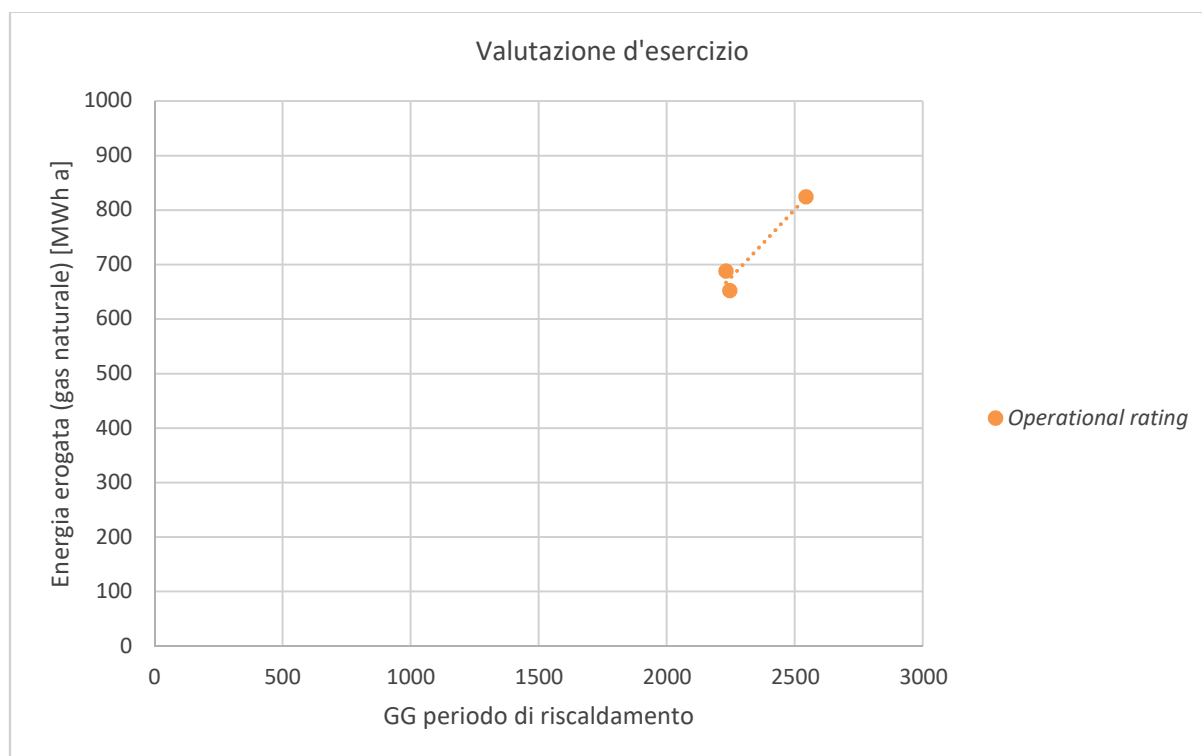


Figura 4.19. Valutazione d'esercizio (operational rating)

4.3.2 Valutazione adattata all'utenza (tailored rating)

La valutazione adattata all'utenza si basa sui risultati del calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio nelle tre stagioni di riscaldamento analizzate, mediante la modellazione dell'edificio descritta al Paragrafo 4.2, che tiene conto dell'utilizzo reale da parte dell'utenza e delle caratteristiche specifiche del fabbricato in esame e degli impianti di cui è servito, e dei dati climatici reali (illustrati al Paragrafo 4.1.5).

In particolare per i mesi di ottobre e aprile, in cui si ha un'accensione dell'impianto di riscaldamento solo in una porzione (in base al periodo di riscaldamento stabilito da normativa in zona climatica E, cioè 15 ottobre - 15 aprile), il calcolo della temperatura esterna media è stato effettuato escludendo i valori relativi ai giorni non appartenenti al periodo di riferimento.

I risultati ottenuti per le tre stagioni di riscaldamento, in relazione ai gradi giorno di riscaldamento reali sono mostrati in Tabella 4.84 e graficamente in Figura 4.20.

Tabella 4.84. Fabbisogno di energia per riscaldamento (tailored rating)

Stagione di riscaldamento	GG di riscaldamento	Fabbisogno (energia erogata)
[-]	[°C d]	[MWh]
2012/2013	2544	895,1
2013/2014	2231	804,9
2014/2015	2246	775,5

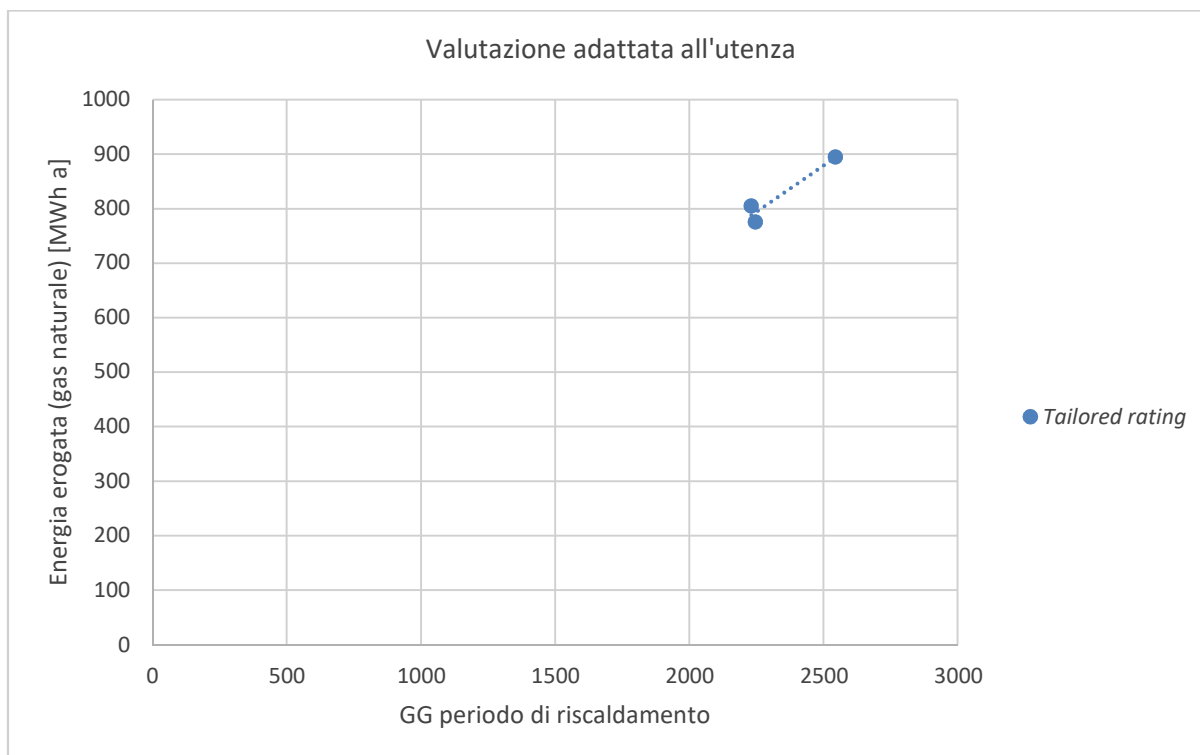


Figura 4.20. Valutazione adattata all'utenza (*tailored rating*)

4.3.3 Calibrazione del modello

La calibrazione del modello dell'edificio è stata effettuata mediante il confronto delle firme energetiche rispettivamente ottenute dalla valutazione d'esercizio (Paragrafo 4.3.1) e dalla valutazione adattata all'utenza (Paragrafo 4.3.2), come mostrato in Tabella 4.85 e Figura 4.21.

Tabella 4.85. Confronto fra valutazione d'esercizio e valutazione adattata all'utenza

Stagione di riscaldamento	GG di riscaldamento	Consumo <i>operational rating</i> (energia erogata)	Fabbisogno <i>tailored rating</i> (energia erogata)	Scarto percentuale
[-]	[°C d]	[MWh]	[MWh]	[%]
2012/2013	2544	824,7	895,1	8,5%
2013/2014	2231	688,4	804,9	16,9%
2014/2015	2246	652,4	775,5	18,9%



Figura 4.21. Confronto fra valutazione d'esercizio e valutazione adattata all'utenza

L'obiettivo della calibrazione del modello è far coincidere la firma energetica dell'edificio risultante dalla valutazione adattata all'utenza con quella risultante dalla valutazione d'esercizio. A tal proposito, sono state riconsiderate le principali condizioni al contorno e termini del bilancio, e su di essi sono state effettuate correzioni finalizzate a meglio adattare il modello alla situazione reale.

I termini che sono stati considerati per la calibrazione sono i seguenti:

- 1) GG di riscaldamento;
- 2) Temperature esterne medie mensili;
- 3) Apporti termici interni relazionati agli occupanti;
- 4) Ore di funzionamento del sottocircuito di distribuzione E dell'impianto di riscaldamento;
- 5) Temperatura invernale di set-point.

Di seguito verranno descritti, per ogni punto dell'elenco precedente, i criteri utilizzati per la calibrazione.

La correzione dei gradi giorno di riscaldamento (punto 1) si basa sull'esclusione dei giorni in cui gli utenti non sono presenti (domeniche e giorni di vacanza) e pertanto l'impianto di riscaldamento non è in funzione; partendo dai valori delle temperature esterne medie giornaliere nel periodo di calcolo interessato per le tre stagioni di riscaldamento, ricavati dall'archivio climatico ARPA Piemonte [47], è stato calcolato il valore dei GG per ogni anno di riscaldamento considerato, basato sui giorni effettivi di occupazione dell'edificio. I risultati ed il confronto con i valori di GG di partenza precedentemente considerati sono illustrati in Tabella 4.86.

Tabella 4.86. Correzione dei GG

Stagione di riscaldamento	GG di riscaldamento (valore ricavato da ARPA Piemonte)	GG di riscaldamento (valore corretto in base ai giorni di occupazione)
[-]	[°C d]	[°C d]
2012/2013	2544	2128
2013/2014	2231	1929
2014/2015	2246	1861

Per ricavare il valore delle temperature esterne medie mensili (punto 2) da utilizzare nel caso esaminato è stato utilizzato un criterio simile a quello utilizzato per la correzione dei GG, ma escludendo solo i periodi di vacanza. Partendo dai valori delle temperature esterne medie giornaliere, sono stati quindi esclusi i periodi di non occupazione dell'edificio per calcolare il valore medio mensile di temperatura esterna. Il confronto fra i valori di temperatura esterna media mensile utilizzati precedentemente e i valori successivamente alla modifica descritta sopra, sono mostrati in Tabella 4.87.

Tabella 4.87. Correzione della temperatura esterna media mensile

			Stagione	Dati considerati	Mese											
					gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Temperatura media esterna	θ_e	[°C]	2012/13	Prima correzione	3,5	2,8	7,4	13,1	15,6	21,0	24,8	23,4	18,8	11,7	8,8	2,3
				Dopo correzione	3,1	2,8	7,4	13,1	15,6	21,0	24,8	23,4	18,8	11,7	8,8	2,0
			2013/14	Prima correzione	4,2	6,1	10,6	15,3	16,8	21,7	21,8	21,4	19,1	13,9	7,7	3,3
				Dopo correzione	4,5	6,1	10,6	15,3	16,8	21,7	21,8	21,4	19,1	13,9	7,7	2,9
			2014/15	Prima correzione	3,9	4,2	9,9	15,2	18,5	22,6	27,9	23,5	18,7	13,4	9,5	5,0
				Dopo correzione	3,9	4,2	9,9	15,2	18,5	22,6	27,9	23,5	18,7	13,4	9,5	6,3

Le modifiche riguardanti gli apporti termici interni relazionati agli occupanti (punto 3) si basano sulla correzione dei valori di emissione termica sensibile in relazione all'attività metabolica dell'occupante secondo la norma ISO/FDIS 18523-1 [27], che fornisce dei valori specifici in riferimento alla attività metabolica svolta nei vari ambienti presenti nelle scuole. La Tabella 4.88 mostra i valori di riferimento utilizzati: la modifica riguarda il dato precedentemente indicato in relazione all'attività metabolica "lavoro in ufficio", associata ad alcune zone termiche. La Tabella 4.89 mostra il confronto degli apporti termici interni per unità di superficie dipendenti dagli occupanti prima e dopo la correzione.

Tabella 4.88. Correzione dei valori di emissione termica ($T_{amb} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Attività	Emissione termica sensibile	
	prima della correzione	dopo la correzione
[-]	[W]	[W]
Lavoro in ufficio	100	120
Lavoro medio	140	140
Lavoro pesante	190	190

Tabella 4.89. Correzione degli apporti termici interni relazionati agli occupanti

Zona termica	Destinazione d'uso	Attività metabolica	Apporti sensibili degli occupanti unità di superficie	
			prima della correzione	dopo la correzione
[-]	[-]	[-]	[W/m ²]	[W/m ²]
1	palestre	pesante	1,62	1,62
3	palestre	pesante	7,24	7,24
4	aule	lavoro in ufficio	1,66	1,99
5 ¹	zone non occupate	lavoro medio	0,26	0,26
6	uffici	lavoro in ufficio	1,25	1,50
7 ²	laboratori	lavoro medio	4,47	4,47
9	aule	lavoro in ufficio	4,00	4,80
10	laboratori	lavoro in ufficio	4,03	4,84
11	uffici	lavoro in ufficio	1,05	1,26
12	uffici	lavoro in ufficio	0,23	0,27
13	aule	lavoro in ufficio	7,54	9,05
14	uffici	lavoro in ufficio	0,64	0,77
15	aule	lavoro in ufficio	5,53	6,63
18	laboratori	lavoro in ufficio	1,88	2,26
19	aule	lavoro in ufficio	4,18	5,02
20	laboratori	lavoro in ufficio	1,90	2,28

¹ La zona termica 5 comprende anche il locale bar.

² La zona termica 7 comprende le sale musica 0.01 e 0.02.

Le modifiche apportate sul funzionamento dell'impianto di riscaldamento (punto 4) riguardano il sottocircuito di distribuzione E; tale sottocircuito è a servizio anche di alcuni ambienti occupati nelle ore pomeridiane/serali (guardiola, aula 1.03, aula 1.17, sala musica 0.01, sala musica 0.02), ma viene considerato spento a partire dalle ore 15, in quanto si ipotizza che sia presente un ulteriore sistema di regolazione, che permetta il riscaldamento esclusivo dei locali indicati nelle restanti ore di occupazione; tale contributo è trascurabile rispetto alle ore di occupazione della totalità degli ambienti serviti dal

sottocircuito E in cui l'impianto si considera acceso, determinando il rispettivo fabbisogno di riscaldamento secondo la norma UNI EN ISO 13790 [16]. La correzione delle caratteristiche di funzionamento è riportata nella Tabella 4.90.

Tabella 4.90. Correzione delle caratteristiche di funzionamento (secondo UNI EN 13790) relative al sottocircuito di distribuzione E

Valori considerati	Ore settimanali di accensione	Numero massimo di ore consecutive di spegnimento	Numero minimo di ore consecutive di spegnimento
Prima della correzione	89	39	8
Dopo la correzione	48	40	16

Per quanto riguarda la temperatura invernale di set-point (punto 5), era stata considerata pari a 20 °C; è presente tuttavia un sistema di regolazione con banda proporzionale pari a 1 °C, per cui la temperatura interna non si mantiene costante, ma presenta delle fluttuazioni temporali tra 19,5 °C e 20,5 °C. Come indicato nella norma UNI EN 15316-2-1 [19], è stato assunto come temperatura di set-point il valore inferiore della banda di regolazione, ossia 19,5 °C.

In seguito alle correzioni, è stato effettuato nuovamente il confronto delle firme energetiche derivanti dalla valutazione d'esercizio e dalla valutazione adattata all'utenza nei tre anni di riscaldamento analizzati; i risultati sono mostrati in Tabella 4.91 e Figura 4.22.

Si nota che lo scarto percentuale fra i risultati ottenuti dalla valutazione adattata all'utenza e quelli ottenuti dalla valutazione d'esercizio è stato notevolmente ridotto, assumendo un valore massimo pari 3,6%. Il modello dell'edificio risulta dunque rappresentativo del suo comportamento energetico reale.

Tabella 4.91. Confronto fra valutazione d'esercizio e valutazione adattata all'utenza (dopo correzioni)

Stagione di riscaldamento	GG di riscaldamento (corretti)	Consumo <i>operational rating</i> (energia erogata)	Fabbisogno <i>tailored rating</i> (energia erogata)	Scarto percentuale
[-]	[°C d]	[MWh]	[MWh]	[%]
2012/2013	2128	824,7	821,8	-0,4%
2013/2014	1929	688,4	713,0	3,6%
2014/2015	1861	652,4	671,6	2,9%

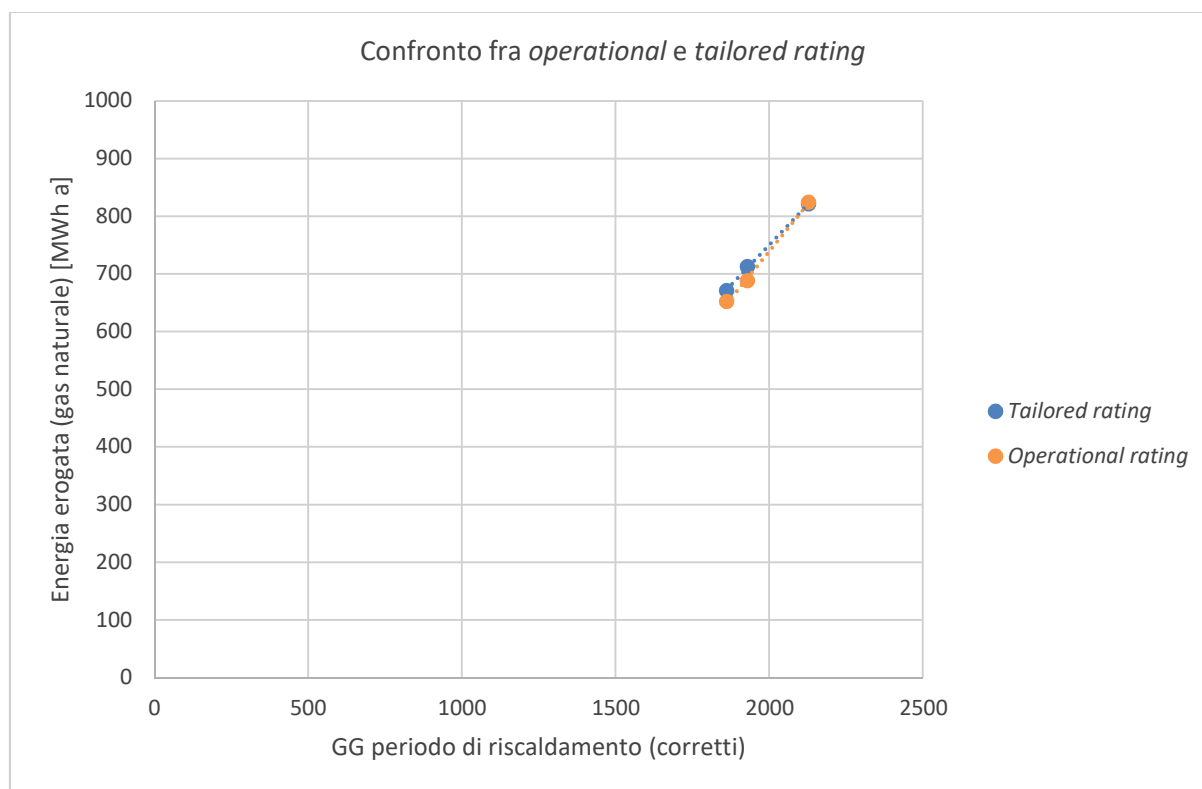


Figura 4.22. Confronto fra valutazione d'esercizio e valutazione adattata all'utenza (dopo le correzioni)

4.3.4 Valutazione adattata all'utenza calibrata (*calibrated tailored rating*) con dati climatici standard

La valutazione adattata all'utenza calibrata, utilizzando come dati climatici quelli standard per la città di Torino ricavati dalla norma UNI 10349 parti 1 e 3 [11] [12], è necessaria per ottenere un modello relazionato all'uso reale, ma non relazionato ad un anno specifico; partendo da tale modello verranno successivamente applicate le misure di efficienza energetica, come indicato nello schema sulla procedura di calcolo al Paragrafo 3.1, Figura 3.1.

Pertanto è stato effettuato il calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio lasciando invariati i dati relativi alle caratteristiche proprie del sistema fabbricato-impianto¹⁵ e all'utenza reale (apporti termici interni, ventilazione etc.), ma sono stati considerati i dati climatici standard, mostrati in Tabella 4.92 e Tabella 4.93. Il valore dei gradi giorno di riscaldamento standard è pari a 2648 (da UNI 10349-3 [12]).

Tabella 4.92. Temperatura media mensile
Dati climatici standard per Torino (da UNI 10349)

			Mese											
			gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Temperatura media esterna	θ_e	[°C]	1,3	3,2	8,4	12,0	18,1	22,2	23,7	22,7	19,2	12,4	6,9	2,7

¹⁵ È stato considerato il fabbisogno di ACS, prima inesistente a causa della mancanza dell'impianto di produzione di ACS, secondo quanto indicato nella norma UNI/TS 11300-2 [5] al punto 7.1.3. Il volume di ACS richiesto si calcola mediante la formula $V_w(l/d) = a N_u$ dove $a = 0,2$ ed N_u = numero di allievi (secondo il prospetto 31 della suddetta normativa per la categoria "Scuole e istruzione"). Pertanto $V_w = 153$ (l/d), considerando il numero di allievi pari a 764 secondo i dati raccolti sull'utenza (Tabella 4.6, Paragrafo 4.1.4).

Tabella 4.93. Valore medio mensile della radiazione solare globale giornaliera
Dati climatici standard per Torino (da UNI 10349)

Valore medio della radiazione solare globale giornaliera	$I_{sol, d}$	[MJ/m ² d]	Orientamento	Mese											
				gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
			H	4,6	7,7	11,7	16,0	19,7	22,8	24,0	20,2	14,6	9,0	4,8	3,9
			N	1,7	2,7	3,6	5,1	7,8	9,7	9,6	6,9	4,5	3,1	1,9	1,4
			NE/NW	1,8	3,3	5,3	7,9	10,5	12,5	13,0	10,3	6,9	4,0	2,1	1,5
			E/W	3,7	5,8	8,5	11,1	12,9	14,7	15,6	13,6	10,3	6,7	3,6	3,2
			SE/SW	6,3	8,5	10,6	11,7	12,0	12,8	13,9	13,5	11,9	9,0	5,6	5,8
			S	8,0	10,1	11,2	10,5	9,9	10,1	11,0	11,5	11,6	10,2	6,9	7,5

Il valore dei parametri relativi all'involucro del fabbricato, indicati dal D.M. 26 giugno 2015 [3] e i risultati sul calcolo della prestazione energetica per la valutazione adattata all'utenza calibrata con dati climatici standard, sono illustrati da Tabella 4.94 a Tabella 4.96 e in Figura 4.23.

Tabella 4.94. Parametri energetici relativi all'involucro del fabbricato
(valutazione adattata all'utenza calibrata con dati climatici standard)

Parametro	Simbolo	Valore
Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente.	H'_t	1,51
Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile.	A_{sol}/A_f	0,13

Tabella 4.95. Prestazione energetica dell'edificio (fabbisogno netto)
(valutazione adattata all'utenza calibrata con dati climatici standard)

Prestazione energetica	Simbolo	Fabbisogno netto
[-]	[-]	[kWh/m ² a]
Riscaldamento	$EP_{H,nd}$	74
Raffrescamento	$EP_{C,nd}$	20
Acqua calda sanitaria	$EP_{W,nd}$	0,2

Tabella 4.96. Prestazione energetica dell'edificio (energia primaria)
(valutazione adattata all'utenza calibrata con dati climatici standard)

Prestazione energetica	Simbolo	Fabbisogno di energia primaria		
		Non rinnovabile	Rinnovabile	Totale
[-]	[-]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]
Riscaldamento	EP_H	97,6	0,3	98,0
Raffrescamento	EP_C	0,0	0,0	0,0
Acqua calda sanitaria	EP_W	0,5	0,1	0,6
Ventilazione	EP_V	2,6	0,6	3,2
Illuminazione	EP_L	44,5	10,7	55,3
Globale	EP_{gl}	145,2	11,8	157,0

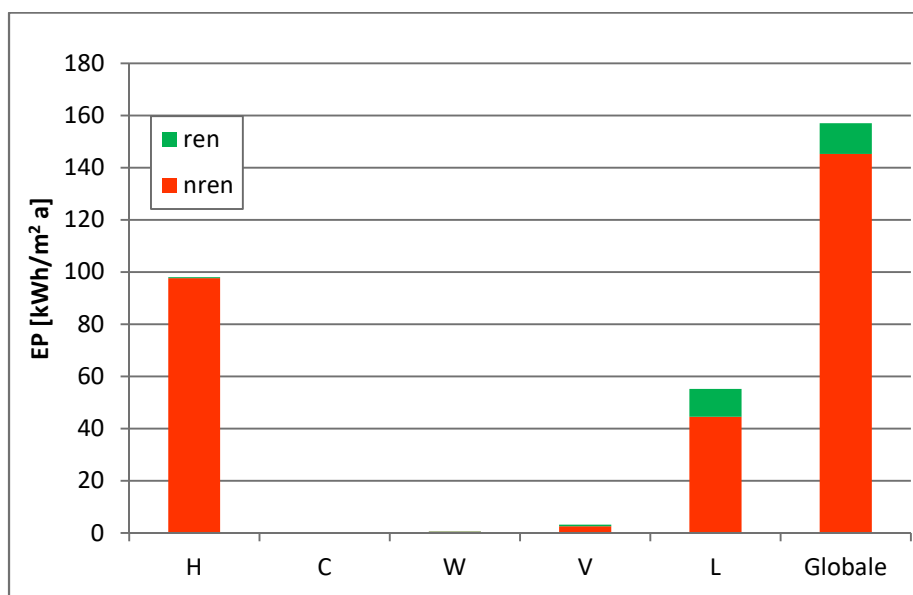


Figura 4.23. Prestazione energetica dell'edificio
(valutazione adattata all'utenza calibrata con dati climatici standard)

Il costo globale, comprensivo di costi energetici e costi di manutenzione, è pari a 349 €/m², di cui 335 €/m² per l'energia e 14 €/m² per la manutenzione.

4.3.5 Valutazione standard, verifica dei requisiti e classificazione energetica

La valutazione standard considera, oltre ai dati climatici standard, anche un uso standard dell'edificio e quindi non legato all'utenza specifica considerata nelle valutazioni di tipo *tailored*. I parametri energetici che variano rispetto alla valutazione adattata all'utenza calibrata con dati climatici standard, illustrata al paragrafo precedente, pertanto sono quelli relazionati a:

- Apporti termici interni
- Modalità di funzionamento dell'impianto di riscaldamento continua
- Temperatura di set-point invernale pari a 20 °C

- Parametri legati al calcolo della ventilazione eseguito in conformità alla norma UNI 10339 [10], considerando l'indice di affollamento teorico, indicato precedentemente in Tabella 4.53, Paragrafo 4.2.7.

Anche per la valutazione standard, è stato ipotizzando il fabbisogno di ACS (ved. Paragrafo 4.3.4). Per quanto riguarda gli apporti termici interni, sono stati calcolati secondo quanto indicato dalla norma UNI/TS 11300-1 al Prospetto E.3 per ogni categoria di ambienti. La Tabella 4.97 mostra un confronto fra gli apporti termici interni per unità di superficie considerati nella valutazione adattata all'utenza calibrata e nella valutazione di tipo standard, per ciascuna delle 20 zone termiche in cui è stato suddiviso l'edificio.

**Tabella 4.97. Confronto fra apporti termici interni (sensibili)
fra valutazione adattata all'utenza calibrata e valutazione standard**

Zona termica	Destinazione d'uso	Apporti termici interni (sensibili)	
		Valutazione adattata all'utenza calibrata	Valutazione standard
[-]	[-]	[W/m ²]	[W/m ²]
1	palestre	2,1	5,0
2	zone non occupate	1,1	4,0
3	palestre	8,7	5,0
4	aule	4,5	4,0
5	zone non occupate	6,4	4,0
6	uffici	9,5	6,0
7	laboratori	6,1	4,0
8	zone non occupate	0,8	4,0
9	aule	8,3	4,0
10	laboratori	21,2	4,0
11	uffici	10,4	6,0
12	uffici	1,6	6,0
13	aule	12,1	4,0
14	uffici	14,4	6,0
15	aule	9,0	4,0
16	zone non occupate	0,6	4,0
17	zone non occupate	0,6	4,0
18	laboratori	7,2	4,0
19	aule	8,3	4,0
20	laboratori	8,1	4,0

I parametri relativi all'involucro del fabbricato, indicati dal D.M. 26 giugno 2015 [3], non essendo relazionati all'utenza, non subiscono variazioni (Tabella 4.94 Paragrafo 4.3.4). I risultati del calcolo della prestazione energetica dell'edificio relativi alla valutazione di tipo standard sono illustrati in Tabella 4.99.

**Tabella 4.98. Prestazione energetica dell'edificio (fabbisogno netto)
(valutazione standard)**

Prestazione energetica	Simbolo	Fabbisogno netto
[-]	[-]	[kWh/m ² a]
Riscaldamento	EP_{H,nd}	150
Raffrescamento	EP_{C,nd}	14
Acqua calda sanitaria	EP_{w,nd}	0,2

Tabella 4.99. Prestazione energetica dell'edificio (valutazione standard)

Prestazione energetica	Simbolo	Fabbisogno di energia primaria		
		Non rinnovabile	Rinnovabile	Totale
[-]	[-]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]
Riscaldamento	EP_H	201,8	1,2	203,0
Raffrescamento	EP_C	0,0	0,0	0,0
Acqua calda sanitaria	EP_w	0,5	0,1	0,6
Ventilazione	EP_v	2,6	0,6	3,2
Illuminazione	EP_L	44,5	10,7	55,3
Globale	EP_{gl}	249,4	12,7	262,1

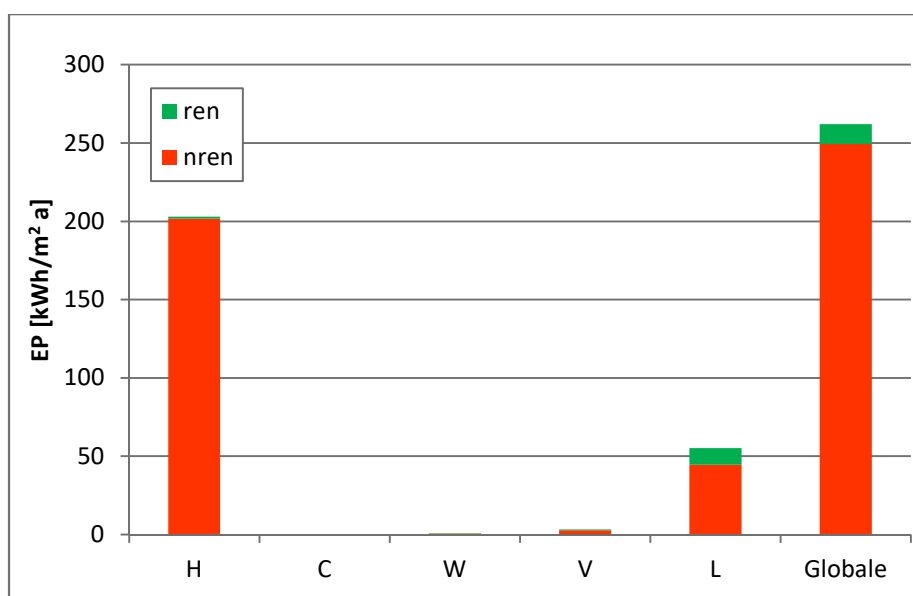


**Figura 4.24. Prestazione energetica dell'edificio
(valutazione standard)**

Per la classificazione energetica dell'edificio, occorre definire l'edificio di riferimento, secondo quanto previsto dal D.M. 26 giugno 2015 [3] all'Appendice A.

Con edificio di riferimento o target si intende un edificio identico in termini di geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti), orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati conformemente a quanto previsto nel Decreto Requisiti Minimi [3] di cui sopra.

Si tratta quindi un edificio avente un fabbricato di riferimento e degli impianti tecnici di riferimento. Per i tutti i dati di input e i parametri non definiti all'Appendice A del suddetto Decreto si utilizzano i valori dell'edificio reale.

La scala delle classi è definita a partire dal valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento ($EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$), calcolato secondo quanto previsto dall'Allegato 1, capitolo 3 del Decreto Requisiti Minimi [3], ipotizzando che in esso siano installati elementi edilizi e impianti standard dell'edificio di riferimento, come detto precedentemente, dotati dei requisiti minimi di legge in vigore dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici, e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri. Tale valore è posto quale limite di separazione tra le classi A1 e B.

Gli intervalli di prestazione che identificano le altre classi sono ricavati attraverso coefficienti moltiplicativi di riduzione/maggiorazione del suddetto valore $EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$.

Ai fini della determinazione della classe energetica complessiva dell'edificio, si è proceduto come segue:

a) si è determinato il valore di $EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$, per l'edificio di riferimento secondo quanto previsto dall'Allegato 1, capitolo 3 del Decreto Requisiti Minimi [3], dotandolo delle tecnologie standard, in corrispondenza dei parametri vigenti per gli anni 2019/21;

b) sulla base del valore calcolato precedentemente di $EP_{gl,nren}$ per l'edificio in oggetto (Tabella 4.99) è stata individuata la classe energetica da attribuire, come mostrato in Tabella 4.100.

Poiché il valore di $EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$ calcolato per l'edificio di riferimento è pari a 133 (kWh/m²a) mentre il valore di $EP_{gl,nren}$ è pari a 249 (kWh/m²a), l'edificio è in classe D.

Tabella 4.100. Classificazione energetica (pre-retrofit)

			Classe A4	≤	53,3	kWh/m ²
kWh/m ²	53,3	<	Classe A3	≤	80,0	kWh/m ²
kWh/m ²	80,0	<	Classe A2	≤	106,6	kWh/m ²
kWh/m ²	106,6	<	Classe A1	≤	133,3	kWh/m ²
kWh/m ²	133,3	<	Classe B	≤	160,0	kWh/m ²
kWh/m ²	160,0	<	Classe C	≤	200,0	kWh/m ²
kWh/m ²	200,0	<	Classe D	≤	266,6	kWh/m ²
kWh/m ²	266,6	<	Classe E	≤	346,6	kWh/m ²
kWh/m ²	346,6	<	Classe F	≤	466,6	kWh/m ²
			Classe G	>	466,6	kWh/m ²

5 Analisi degli interventi di riqualificazione

5.1 Definizione degli interventi

Le misure di efficienza energetica (EEMs) considerate riguardano sia l'involucro sia gli impianti tecnici. Più misure di efficienza energetica formano un "pacchetto"; in caso quindi di riqualificazione globale dell'edificio, si definisce un pacchetto di misure di efficienza energetica atte a soddisfare i requisiti richiesti dal D.M. Requisiti Minimi [3] a seconda dell'applicazione considerata: ristrutturazione importante di primo livello all'anno 2015, ovvero riqualificazione verso il target nZEB.

Ogni misura di efficienza energetica è rappresentata da almeno un parametro che ne caratterizza la prestazione energetica (es. la trasmittanza termica per la misura di isolamento dell'involucro opaco).

In dettaglio, con riferimento alla Tabella 5.1:

- le EEMs da 1 a 6 considerano l'involucro (ad es. l'isolamento esterno, la sostituzione dei serramenti, i dispositivi di schermatura solare);
- le EEMs 7 ed 8 riguardano gli impianti tecnici relativi al riscaldamento e al raffrescamento degli ambienti (ad es., la sostituzione del generatore di calore);
- le EEMs 9 e 10 riguardano la produzione di energia da fonti rinnovabili (collettori solari termici e pannelli solari fotovoltaici);
- la EEM 11 riguarda l'installazione di sistema di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore;
- la EEM 12 riguarda l'installazione di un sotto sistema di regolazione avanzato per il controllo della temperatura ambiente durante il periodo di riscaldamento;
- le EEMs 13 e 14 riguardano la sostituzione delle lampade e la modifica del sistema di regolazione della luce nei locali (sensore di presenza e di luce naturale).

Tabella 5.1. Misure di efficienza energetica (EEMs)

No.	Misure di efficienza energetica	Parametri	Unità di misura
1	Isolamento termico di pareti verso l'esterno	U_p	[W/m ² K]
2	Isolamento termico di pareti verso ambienti non riscaldati	$U_{p,u}$	[W/m ² K]
3	Isolamento termico della copertura o dell'ultimo solaio verso locale non riscaldato	U_r	[W/m ² K]
4	Isolamento termico del primo solaio o del solaio contro terra	U_f	[W/m ² K]
5	Sostituzione delle finestre	U_w	[W/m ² K]
6	Schermature solari	τ_s	[-]
7	Chiller	EER	[-]
8	Generatore di calore per riscaldamento	$\eta_{gn,pn,H}$ o COP	[-]
9	Collettori solari termici	A_{coll}	[m ²]

No.	Misure di efficienza energetica	Parametri	Unità di misura
10	Pannelli fotovoltaici	W_p	[kW]
11	Sistema di ventilazione con recupero di calore	η_{ve}	[-]
12	Sistema avanzato di regolazione del riscaldamento	η_{ctr}	[-]
13	Sostituzione lampade	PN	[W/m ²]
14	Sostituzione sistema di regolazione dell'illuminazione	F_D, F_C, F_O	[-]

Con riferimento alla produzione di acqua calda sanitaria, non è stata considerata alcuna tecnologia sostitutiva: si ricorda infatti che l'edificio allo stato di fatto è privo di tale servizio; per completezza di calcolo si è ipotizzato un fabbisogno di acqua calda sanitaria in coerenza con la specifica tecnica UNI/TS 11300-2; il fabbisogno di ACS è quindi stato soddisfatto mediante boiler elettrici localizzati all'interno dei singoli servizi igienici. Tali boiler non sono oggetto di riqualificazione energetica.

Parimenti, il servizio di raffrescamento, non presente allo stato di fatto, è stato considerato solo in fase di riqualificazione dell'edificio.

5.2 Soluzioni tecnologiche e costi

Per ognuna delle misure di efficienza energetica elencate in Tabella 5.1, si considerano da uno a quattro livelli prestazionali differenti (EEO). Al fine di soddisfare tali livelli prestazionali si sono scelte differenti tecnologie presenti sul mercato, sia con riferimento al solo fabbricato, sia con riferimento alle soluzioni impiantistiche. Alla base delle scelte, la necessità di soddisfare i requisiti riportati dal D.M. Requisiti Minimi [3]. In Tabella.5.2 si riportano per ogni EEM le tecnologie considerate, mentre in Tabella.5.3 per ogni tecnologia, si riporta la prestazione energetica ed il rispettivo costo, il quale comprende il costo della tecnologia, della installazione e della ipotetica dismissione della soluzione allo stato di fatto.

Tabella.5.2. Elenco delle tecnologie considerate per la riqualificazione energetica dell'edificio.

N. EEM	Misura di Efficienza Energetica EEM	Livelli di prestazione energetica EEO			
		1	2	3	4
1	Isolamento involucro opaco verticale	0,10 m lana di roccia	0,12 m lana di roccia	0,16 m lana di roccia	
2	Isolamento involucro opaco verticale vs ambienti	0,02 m lana di roccia	0,04 m lana di roccia	0,06 m lana di roccia	
3	Isolamento del tetto/ultimo solaio	0,12 m XPS	0,14 m XPS	0,16 m lana di roccia	
4	Isolamento del pavimento/primo solaio	0,04 m lana di roccia	0,06 m lana di roccia	0,10 m lana di roccia	
5	Isolamento involucro trasparente	doppio vetro low-e 4-8-4 argon PVC	doppio vetro low-e 6-12-6 argon PVC	doppio vetro low-e 4-15-4 argon PVC	triplo vetro low-e 4-12-4-12-5 aria PVC

N. EEM	Misura di Efficienza Energetica EEM	Livelli di prestazione energetica EEO			
		1	2	3	4
6	Schermature solari	tende esterne mobili in tessuto	tende esterne mobili in tessuto		
7	Chiller	sistema a split	sistema a split		
8	Generatore per riscaldamento	caldaia a condensazione	caldaia a biomassa solida	teleriscaldamento	pompa di calore aria-acqua
9	Collettori solari termici	collettori solari a tubi sottovuoto per ACS	collettori solari a tubi sottovuoto per ACS	collettori solari a tubi sottovuoto per ACS	collettori solari a tubi sottovuoto per H+ACS
10	Pannelli fotovoltaici	pannelli in silicio monocristallino	pannelli in silicio monocristallino	pannelli in silicio monocristallino	pannelli in silicio monocristallino
11	Recuperatore di calore	UTA			
12	Controllo della temperatura ambiente	Controllo della temperatura climatica + ambiente (Valvole termostatiche)			
13	Sistema di illuminazione	Lampade fluorescenti	Lampade fluorescenti	Lampade a led	Lampade a led
14	Sistema di controllo dell'illuminazione	controllo automatico di luce diurna e illuminamento costante	controllo automatico di luce diurna, occupazione e illuminamento costante	controllo automatico di luce diurna e illuminamento costante	controllo automatico di luce diurna, occupazione e illuminamento costante

Tabella.5.3. Prestazioni e costi relativi alle tecnologie considerate per la riqualificazione energetica dell'edificio espressi, in dipendenza dei casi, in €/m² (C/A_{f,n}) o in € (C)

N. EEM	Misura di Efficienza Energetica EEM	Parametro	Livelli di prestazione energetica EEO			
			1	2	3	4
1	Isolamento involucro opaco verticale	U_p [W/m ² K] C/A _{f,n}	0,30 43,15	0,26 48,95	0,20 74,85	
2	Isolamento involucro opaco verticale vs ambienti	$U_{p,u}$ [W/m ² K] C/A _{f,n}	0,60 11,71	0,52 14,64	0,40 17,56	
3	Isolamento del tetto/ultimo solaio	U_r [W/m ² K] C/A _{f,n}	0,25 46,03	0,22 52,69	0,20 44,01	
4	Isolamento del pavimento/primo solaio	U_f [W/m ² K] C/A _{f,n}	0,30 19,81	0,26 26,60	0,20 33,01	
5	Isolamento involucro trasparente	U_w [W/m ² K] C/A _{f,n}	1,90 113,88	1,80 119,57	1,40 124,21	1,16 150,50
6	Schermature solari	τ_s [-] C/A _{f,n}	0,40 50	0,25 70		

N. EEM	Misura di Efficienza Energetica EEM	Parametro	Livelli di prestazione energetica EEO			
			1	2	3	4
7	Chiller	EER [-] C	5 53300	6 76600		
8	Generatore per riscaldamento	$\eta_{gn,H}$ o COP [-] C	1,1 *	0,9 *	0,99 *	4,3 *
9	Collettori solari termici	A_{coll} [m ²] C	10 6920	16 10188	6 6790	100 132678
10	Pannelli fotovoltaici	W_p [kW] C	20 19835	40 54667	60 121682	80 151140
11	Recuperatore di calore	η_{ve} [-] C	0,9 35511			
12	Controllo della temperatura ambiente	η_{ctr} [-] C	0,995 43726			
13	Sistema di illuminazione	PN [W/m ²] F _o [-]	7,91 1	7,91 0,9	4,34 1	4,34 0,9
14	Sistema di controllo dell'illuminazione	F _c [-] F _d [-] C	0,9 0,8 26715	0,9 0,8 26715	0,9 0,8 120144	0,9 0,8 120144

* I costi variano a seconda della potenza installata. I dati sono ricavati da indagini di mercato secondo i grafici riportati di seguito.

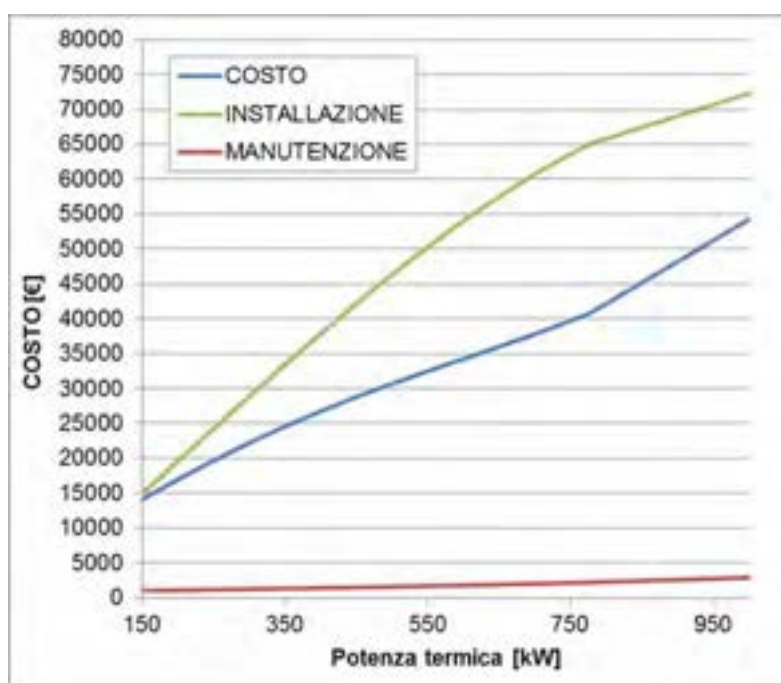


Figura.5.1. Costo caldaia a condensazione in funzione della potenza termica installata

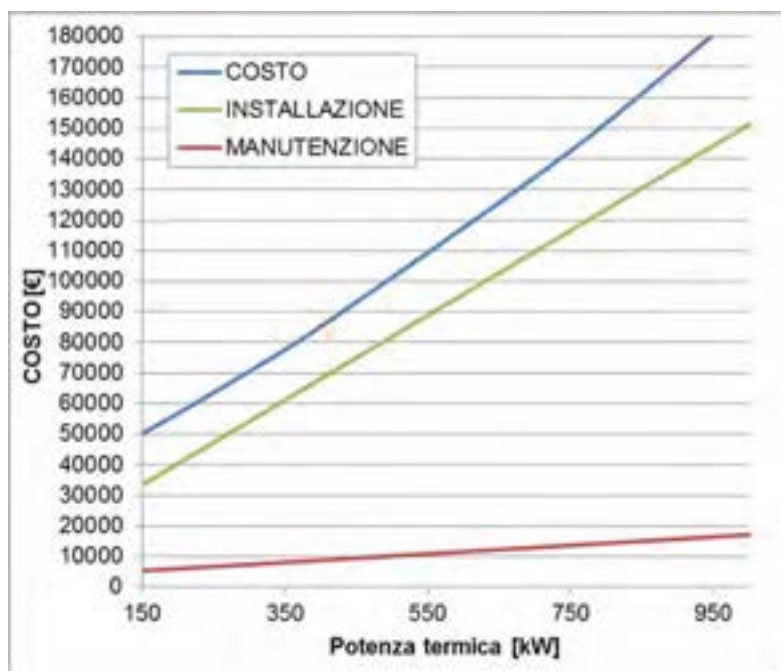


Figura.5.2. Costo caldaia a biomassa in funzione della potenza termica installata

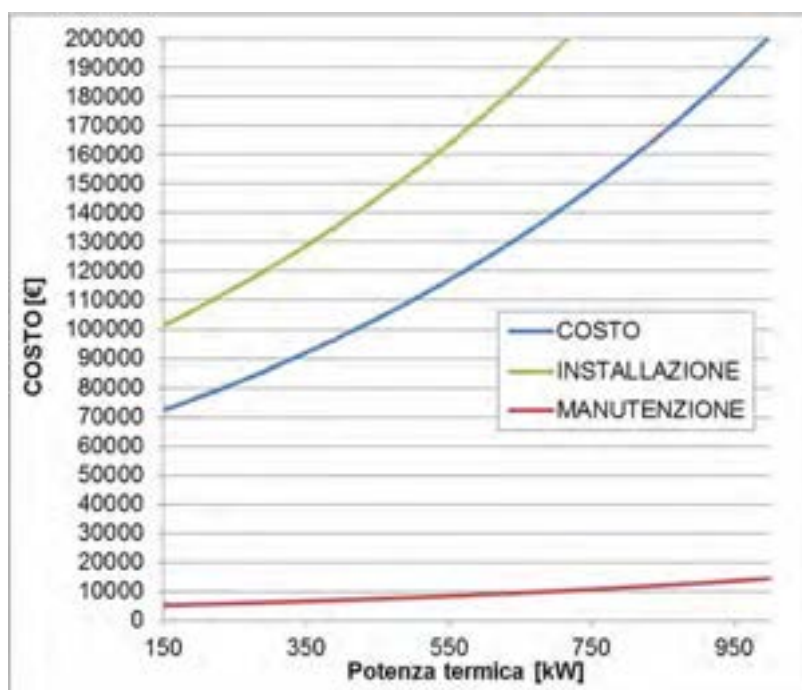


Figura.5.3. Costo pompa di calore aria-acqua in funzione della potenza termica installata

5.3 Valutazioni energetiche, ambientali ed economiche

5.3.1 Cost optimality

Applicando la procedura di ottimizzazione così come spiegata nel Capitolo 3 al Paragrafo 3.1, è stato possibile definire il pacchetto di misure di efficienza energetica che se applicate portano ad avere il più basso costo globale. La procedura della *cost optimality* è stata applicata all'edificio modellato con dati climatici standard e utenza reale, come riportato nello schema della procedura di calcolo (Paragrafo 3.1, Figura 3.1).

La Tabella 5.4 mostra che l'intervento di riqualificazione ottimale in termini di costo per l'edificio in esame, prevede: l'isolamento dei componenti di involucro opaco verticale confinanti sia verso l'esterno, sia verso ambienti non riscaldati, e l'isolamento del solaio di copertura; la ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore associata a pannelli FV; l'introduzione di un sistema di controllo della temperatura ambiente per il riscaldamento; la sostituzione delle lampade e l'inserimento di sensori di controllo dell'illuminazione artificiale.

Tabella 5.4. Misure di efficienza energetica adottate (soluzione *cost optimal*)

N. EEM	Misura di Efficienza Energetica EEM	Parametro	Simbolo	Cost-Optimal	
				Valore	N. EEO
1	Isolamento involucro opaco verticale	Trasmittanza termica	U_p [W/m ² K]	0,30	1
2	Isolamento involucro opaco verticale vs ambienti	Trasmittanza termica	$U_{p,u}$ [W/m ² K]	0,40	3
3	Isolamento del tetto/ultimo solaio	Trasmittanza termica	U_r [W/m ² K]	0,20	3
4	Isolamento del pavimento/primo solaio	Trasmittanza termica	U_f [W/m ² K]	-	-
5	Isolamento involucro trasparente	Trasmittanza termica	U_w [W/m ² K]	-	-
6	Schermature solari	Coefficiente di trasmissione solare	τ_s [-]	-	-
7	Chiller	Energy efficiency ratio (condizioni di progetto)	EER [-]	-	-
8	Generatore per riscaldamento	Efficienza di generazione (condizioni di progetto)	$\eta_{gn,pn}$ [-]	-	-
9	Collettori solari termici	Superficie dei collettori solari	A_{coll} [m ²]	-	-
10	Pannelli fotovoltaici	Potenza di picco	W_p [kW]	40	2
11	Recuperatore di calore	Efficienza del recuperatore di calore	η_r [-]	0,9	1
12	Controllo della temperatura ambiente	Efficienza di regolazione	η_{ctr} [-]	0,995	1
13	Sistema di illuminazione	Potenza specifica installata	PN [W/m ²]	7,91	2
14	Sistema di controllo dell'illuminazione	Fattore di occupazione	$F_O-F_C-F_D$ [-]	0,9-0,9-0,8	2

Da Tabella 5.5 a Tabella 5.7 e in Figura 5.4 sono mostrati i parametri energetici relativi al fabbricato e i risultati sulla prestazione energetica dell'edificio per la soluzione *cost optimal*. Tale soluzione non rispetta i requisiti minimi previsti dal D.M. 26 giugno 2015 [3] (come è possibile notare ad esempio dal valore dell'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile A_{sol}/A_r , pari a 0,13, rispetto al valore limite espresso dalla normativa vigente, pari a 0,04).

Tabella 5.5. Parametri energetici relativi all'involucro del fabbricato
(soluzione *cost optimal*)

Parametro	Simbolo	Valore
Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente.	H'_t	0,64
Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile.	A_{sol}/A_f	0,13

Tabella 5.6. Prestazione energetica dell'edificio (fabbisogno netto)
(soluzione *cost optimal*)

Servizio energetico	Simbolo	Fabbisogno netto [kWh/m ² a]
Riscaldamento	$EP_{H,nd}$	23
Raffrescamento	$EP_{C,nd}$	39
Acqua calda sanitaria	$EP_{w,nd}$	0,2

Tabella 5.7. Prestazione energetica dell'edificio (energia primaria)
(soluzione *cost optimal*)

Servizio energetico	Simbolo	Fabbisogno di energia primaria		
		Non rinnovabile	Rinnovabile	Totale
		[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]
Riscaldamento	EP_H	30	0	30
Raffrescamento	EP_C	0	0	0
Acqua calda sanitaria	EP_W	0	0	1
Ventilazione	EP_V	6	2	8
Illuminazione	EP_L	22	9	31
Globale	EP_{gl}	58	12	70

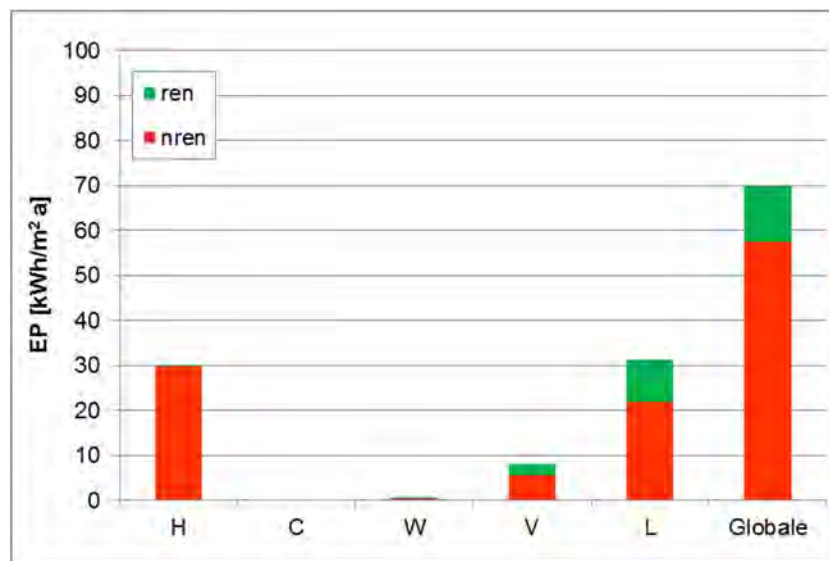


**Figura 5.4. Prestazione energetica dell'edificio
(soluzione *cost optimal*)**

Secondo la procedura di ottimizzazione prevista nella *cost optimality*, assumendo diverse ipotesi di partenza, è stata effettuata la ricerca della soluzione ottimale in funzione dei costi attraverso la definizione intermedia di ottimi parziali, in un processo sequenziale illustrato in Figura 5.5 (dove ogni colore individua un percorso di ottimizzazione). Il punto in corrispondenza del costo globale minore, individua la soluzione *cost optimal*. In Figura 5.6 si riportano i costi di investimento iniziale, di energia e di esercizio, per i punti di ottimo parziale di uno dei percorsi di ottimizzazione illustrati: l'ultimo livello rappresenta la soluzione *cost optimal*.

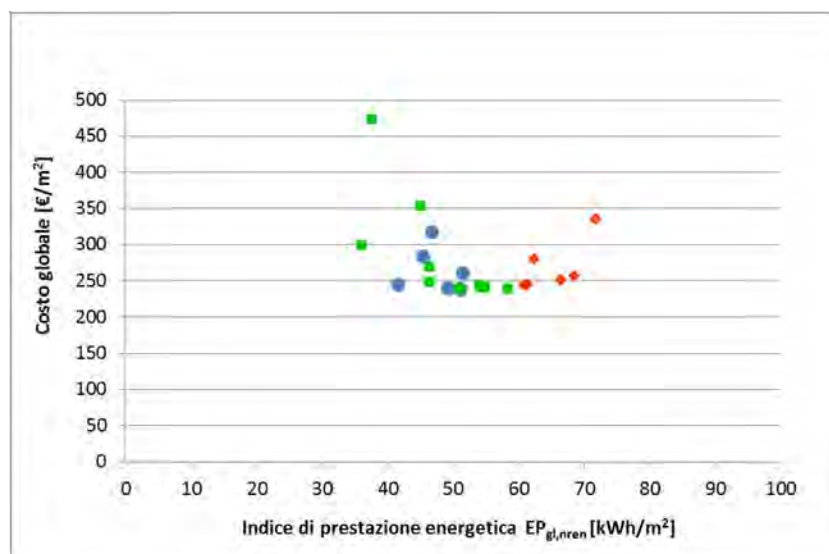


**Figura 5.5. Prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio e costo globale
(procedura *cost optimality*)**

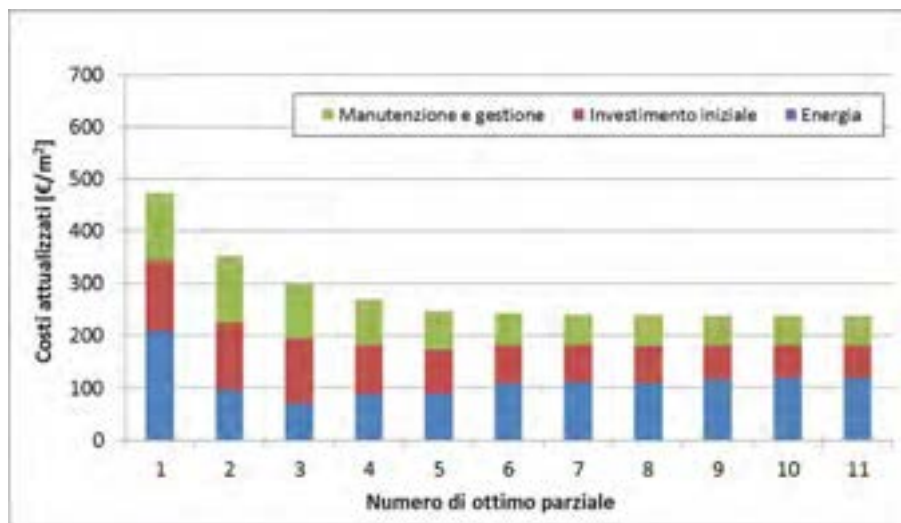


Figura 5.6 Costo attualizzato in funzione degli ottimi parziali (procedura *cost optimality*)

5.3.2 Soluzioni conformi al D.M. 26 giugno 2015

Al fine di verificare la conformità alle prescrizioni in caso di ristrutturazione globale di primo livello secondo il suddetto Decreto, l'edificio ottenuto mediante il processo di ottimizzazione è stato modellato considerando utenza e dati climatici standard e confrontato con l'edificio di riferimento. Per confrontare l'indice di prestazione termica utile per il riscaldamento ed il raffrescamento tra la soluzione ipotizzata e l'edificio di riferimento, è stato necessario considerare il solo fabbricato al netto della ventilazione meccanica (ventilazione di riferimento); l'indice di prestazione energetica globale totale è invece stato calcolato per entrambi gli edifici con ventilazione effettiva.

In accordo con quanto disposto dal D.Lgs. 28/2011, in caso di ristrutturazione rilevante si rende obbligatoria l'installazione di una potenza elettrica minima dell'impianto fotovoltaico pari a 49 kW_p. Il fotovoltaico non è stato utilizzato per coprire il fabbisogno elettrico del boiler per ACS al fine di soddisfare il requisito del 38,5% H+C+W e del 55% di sola W.

Al fine di soddisfare i requisiti riferiti al fabbricato (coefficiente medio di scambio termico H'_T al più pari a 0,75 W/m²K e di $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ al più pari a 0,04, EP_{H,nd} ed EP_{C,nd}) si è reso necessario modificare il pacchetto ottimale di EEM come segue:

- incremento del livello di isolamento dell'involucro opaco (EEM dalla 1 alla 4)
- sostituzione dei componenti vetrati (EEM5)
- utilizzo di sistemi schermanti (EEM6).

Per soddisfare i requisiti di copertura da fonte rinnovabile, si sono provate le seguenti ipotesi:

- ventilazione meccanica + caldaia a condensazione + solare termico per W
- ventilazione meccanica + caldaia a condensazione + solare termico per H+W
- ventilazione meccanica + caldaia a condensazione + solare termico per H+W + FV
- ventilazione meccanica + caldaia a condensazione + solare termico per H+W + chiller + FV
- pompa di calore (H) + solare termico per W
- ventilazione meccanica + pompa di calore (H) + solare termico per W + FV

La decisione della installazione della pompa di calore si è resa necessaria al seguito della verifica di impossibilità di copertura del 38,5% di fabbisogno sia considerando solo gli usi reali dell'edificio (H+W), sia ipotizzando di installare un impianto di raffrescamento (H+C+W). Si evidenzia che la soluzione della pompa di calore non necessita dell'installazione del fotovoltaico o del solare termico per H al fine di rispettare i

requisiti. Tuttavia l'ultima soluzione (con fotovoltaico) permette di rispondere alla richiesta del D.Lgs. 28/2011 sulla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. L'adozione della ventilazione meccanica con recuperatore di calore riduce il costo associato all'energia ed il fabbisogno globale; per tale motivo risulta essere conveniente.

Si riportano in Tabella 5.8. Copertura da fonti rinnovabili e costo globale

(soluzioni conformi al D.M. 26 giugno 2015) le percentuali di copertura da fonte rinnovabile raggiungibili dalle tecnologie proposte e rispettivo costo globale, dove la soluzione conforme alle richieste del decreto risulta essere solo l'ultima.

**Tabella 5.8. Copertura da fonti rinnovabili e costo globale
(soluzioni conformi al D.M. 26 giugno 2015)**

Soluzioni		Copertura da fonte rinnovabile RER [%]		Costo globale [€/m ²]
		W	H+C+W	
a	ventilazione meccanica + caldaia a condensazione + solare termico per W (6 m ²)	55%	3%	481
b	ventilazione meccanica + caldaia a condensazione + solare termico per H+W (100 m ²)	43%	9%	810
c	ventilazione meccanica + caldaia a condensazione + solare termico per H+W (100 m ²) + FV (60 kW _p)	54%	10%	798
d	ventilazione meccanica + caldaia a condensazione + solare termico per H+W (100 m ²) + chiller + FV (80 kW _p)	53%	14%	829
e	pompa di calore (H) + solare termico per W (6 m ²)	55%	53%	444 (230 energia; 112 investimento; 102 manutenzione)
f	ventilazione meccanica + pompa di calore (H) + solare termico per W (6 m ²) + FV (60 kW _p)	58%	54%	374 (132 energia; 128 investimento; 115 manutenzione)

Dalla Tabella 5.8 emerge che la soluzione pompa di calore con collettori solari per ACS e fotovoltaico (potenza minima installata secondo D.Lgs. 28/2011) risulta economicamente più vantaggiosa in termini di costo globale, oltre a soddisfare i requisiti al 2015 del D.M. 26 giugno 2015.

Si riporta di seguito in Tabella 5.9 il pacchetto di misure di efficienza energetica, mentre in Tabella 5.10 si riportano i valori degli indici di prestazione energetica rispettivamente per l'edificio di riferimento al 2015, per l'edificio reale con utenza standard (verifiche di legge) e per l'edificio reale con utenza reale, dove le caselle colorate evidenziano il confronto tra i valori ottenuti e quelli limite di legge.

**Tabella 5.9. Misure di efficienza energetica adottate
(soluzione scelta conforme al D.M. 26 giugno 2015)**

N. EEM	Misura di Efficienza Energetica EEM	Parametro	Simbolo	2015	
				Valore	N. EEO
1	Isolamento involucro opaco verticale	Trasmittanza termica	U_p [W/m ² K]	0,30	1
2	Isolamento involucro opaco verticale vs ambienti	Trasmittanza termica	$U_{p,u}$ [W/m ² K]	0,40	3

N. EEM	Misura di Efficienza Energetica EEM	Parametro	Simbolo	2015	
				Valore	N. EEO
3	Isolamento del tetto/ultimo solaio	Trasmittanza termica	U_r [W/m ² K]	0,20	3
4	Isolamento del pavimento/primo solaio	Trasmittanza termica	U_f [W/m ² K]	0,26	2
5	Isolamento involucro trasparente	Trasmittanza termica	U_w [W/m ² K]	1,80	2
6	Schermature solari	Coefficiente di trasmissione solare	τ_s [-]	0,25	2
7	Chiller	Energy efficiency ratio (condizioni di progetto)	EER [-]	-	
8	Generatore per riscaldamento	Efficienza di generazione (condizioni di progetto)	$\eta_{gn,Pn}$ [-]	4,3	4
9	Collettori solari termici	Superficie dei collettori solari	A_{coll} [m ²]	6	3
10	Pannelli fotovoltaici	Potenza di picco	W_p [kW]	60	3
11	Recuperatore di calore	Efficienza del recuperatore di calore	η_r [-]	0,9	1
12	Controllo della temperatura ambiente	Efficienza di regolazione	η_{ctr} [-]	0,995	1
13	Sistema di illuminazione	Potenza specifica installata	PN [W/m ²]	7,91	2
14	Sistema di controllo dell'illuminazione	Fattore di occupazione	$F_o-F_c-F_D$ [-]	0,9-0,9-0,8	2

**Tabella 5.10. Confronto fra gli indici di prestazione energetica
(soluzione scelta conforme al D.M. 26 giugno 2015)**

Indici	Valori limite tabellari	Edificio di riferimento (2015)	Edificio reale utenza standard	Edificio reale utenza reale
H'_T [W/m ² K]	0,75	-	0,43	0,43
$A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ [-]	0,04	-	0,03	0,03
$EP_{H,nd}$ [kWh/m ² a] effettivo	-	33,1	34	20
$EP_{H,nd}$ [kWh/m ² a] di riferimento	-	70,1	70	-
$EP_{C,nd}$ [kWh/m ² a] effettivo	-	17,2	12	20
$EP_{C,nd}$ [kWh/m ² a] di riferimento	-	11,1	9	-
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ² a]	-	108	98	71
η_H	-	110%	117%	-
η_W	-	51%	54%	-
η_C	-	-	-	-

La prestazione energetica dell'edificio in relazione ad ogni servizio (valutata considerando l'utenza reale) è illustrata in Figura 5.7.

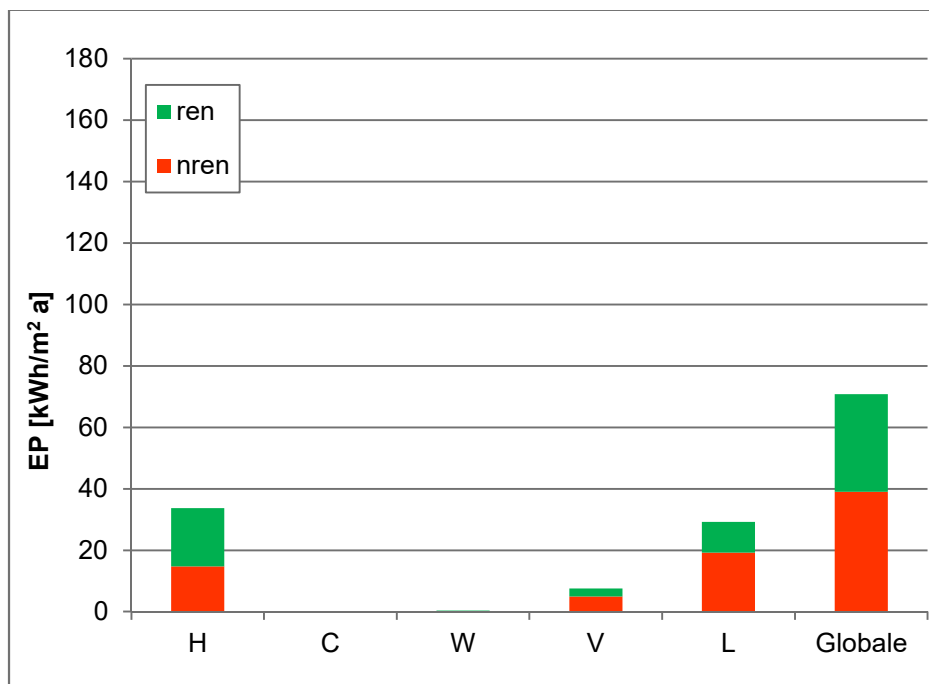


Figura 5.7. Prestazione energetica dell'edificio
(soluzione scelta conforme al D.M. 26 giugno 2015)

Dopo aver verificato il rispetto dei requisiti minimi, è stata quindi valutata la classe energetica dell'edificio; il valore di $EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$ calcolato per l'edificio di riferimento è pari a 78 (kWh/m²a) mentre il valore di $EP_{gl,nren}$ è pari a 53 (kWh/m²a), quindi l'edificio è in classe A.2 (Tabella 5.11).

Tabella 5.11. Classificazione energetica (soluzione scelta conforme al D.M. 26 giugno 2015)

			Classe A4	≤	31,4	kWh/m²
kWh/m²	31,4	<	Classe A3	≤	47,1	kWh/m²
kWh/m²	47,1	<	Classe A2	≤	62,8	kWh/m²
kWh/m²	62,8	<	Classe A1	≤	78,5	kWh/m²
kWh/m²	78,5	<	Classe B	≤	94,2	kWh/m²
kWh/m²	94,2	<	Classe C	≤	117,7	kWh/m²
kWh/m²	117,7	<	Classe D	≤	156,9	kWh/m²
kWh/m²	156,9	<	Classe E	≤	204,0	kWh/m²
kWh/m²	204,0	<	Classe F	≤	274,6	kWh/m²
			Classe G	>	274,6	kWh/m²

5.3.3 Soluzioni nZEB

Soluzione nZEB1

La soluzione nZEB1, rispetto alla soluzione conforme al D.M. 26 giugno 2015, prevede un maggiore isolamento dell'involucro opaco e trasparente. Si propone la sostituzione del sistema di illuminazione, mediante l'utilizzo di lampade a led ad alta efficienza energetica. Inoltre è prevista l'installazione di pannelli

fotovoltaici con potenza totale pari a 80 kW_p, nonostante il limite minimo stabilito dal D.Lgs. 28/2011 in funzione dell'impronta dell'edificio sia pari a 60 kW_p. Le misure di efficienza energetica (EEMs) e il livello scelto (EEO) per la soluzione nZEB1 sono indicate in Tabella 5.12.

**Tabella 5.12. Misure di efficienza energetica adottate
(soluzione nZEB 1)**

N. EEM	Misura di Efficienza Energetica EEM	Parametro	Simbolo	nZEB1	
				Valore	N. EEO
1	Isolamento involucro opaco verticale	Trasmittanza termica	U_p [W/m ² K]	0,20	3
2	Isolamento involucro opaco verticale vs ambienti	Trasmittanza termica	$U_{p,u}$ [W/m ² K]	0,40	3
3	Isolamento del tetto/ultimo solaio	Trasmittanza termica	U_r [W/m ² K]	0,20	3
4	Isolamento del pavimento/primo solaio	Trasmittanza termica	U_f [W/m ² K]	0,20	3
5	Isolamento involucro trasparente	Trasmittanza termica	U_w [W/m ² K]	1,40	3
6	Schermature solari	Coefficiente di trasmissione solare	τ_s [-]	0,25	2
7	Chiller	Energy efficiency ratio (condizioni di progetto)	EER [-]	-	-
8	Generatore per riscaldamento	Efficienza di generazione (condizioni di progetto)	$\eta_{gn,Pn}$ [-]	4,3	4
9	Collettori solari termici	Superficie dei collettori solari	A_{coll} [m ²]	6	3
10	Pannelli fotovoltaici	Potenza di picco	W_p [kW]	80	4
11	Recuperatore di calore	Efficienza del recuperatore di calore	η_r [-]	0,9	2
12	Controllo della temperatura ambiente	Efficienza di regolazione	η_{ctr} [-]	0,995	1
13	Sistema di illuminazione	Potenza specifica installata	PN [W/m ²]	4,34	3
14	Sistema di controllo dell'illuminazione	Fattore di occupazione	$F_o-F_c-F_D$ [-]	1-0,9-0,8	3

Il rispetto dei requisiti minimi da normativa e il costo globale sono indicati in Tabella 5.13 e Tabella 5.14.

**Tabella 5.13. Copertura da fonti rinnovabili e costo globale
(soluzione nZEB 1)**

Copertura da fonti rinnovabili RER [%]		Costo globale [€/m ²]
W	H+C+W	
60%	55%	353 (58 energia; 158 investimento; 137 manutenzione)

**Tabella 5.14. Confronto fra gli indici di prestazione energetica (le caselle evidenziate individuano le verifiche da effettuare secondo il D.M. 26 giugno 2015)
(soluzione nZEB 1)**

Indici	Valori limite tabellari	Edificio di riferimento (2019)	Edificio reale utenza standard	Edificio reale utenza reale
H'_T [W/m ² K]	0,75	-	0,33	0,33
$A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ [-]	0,04	-	0,03	0,03
$EP_{H,nd}$ [kWh/m ² a] effettivo	-	26,7	25,9	16
$EP_{H,nd}$ [kWh/m ² a] di riferimento	-	63,5	63,0	-
$EP_{C,nd}$ [kWh/m ² a] effettivo	-	19,0	13,4	22
$EP_{C,nd}$ [kWh/m ² a] di riferimento	-	12,2	8,1	-
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ² a]	-	78	71	51
η_H	-	127%	137%	-
η_W	-	52%	55%	-
η_C	-	-	-	-

La Figura 5.8 mostra la prestazione energetica dell'edificio per ogni servizio (valutata considerando l'utenza reale).

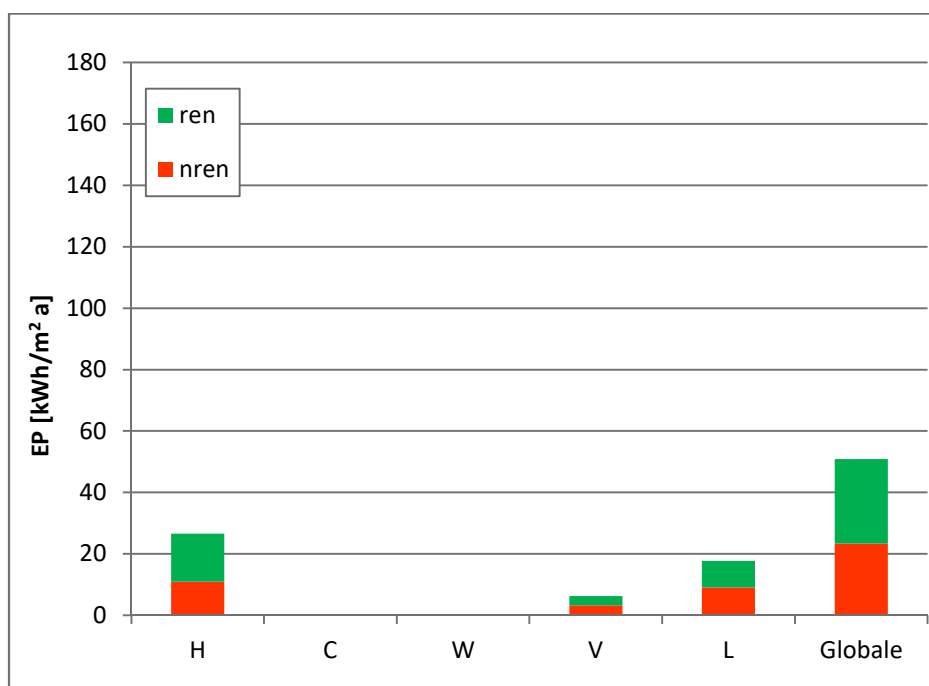


**Figura 5.8. Prestazione energetica dell'edificio
(soluzione nZEB 1)**

È stata quindi valutata la classe energetica dell'edificio; il valore di $EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21) calcolato per l'edificio di riferimento è pari a 68 (kWh/m²a) mentre il valore di $EP_{gl,nren}$ è pari a 34 (kWh/m²a), quindi l'edificio è in classe A.3 (Tabella 5.15).

Tabella 5.15. Classificazione energetica (soluzione nZEB 1)

			Classe A4	≤	27,3	kWh/m ²
kWh/m ²	27,3	<	Classe A3	≤	41,0	kWh/m ²
kWh/m ²	41,0	<	Classe A2	≤	54,7	kWh/m ²
kWh/m ²	54,7	<	Classe A1	≤	68,3	kWh/m ²
kWh/m ²	68,3	<	Classe B	≤	82,0	kWh/m ²
kWh/m ²	82,0	<	Classe C	≤	102,5	kWh/m ²
kWh/m ²	102,5	<	Classe D	≤	136,6	kWh/m ²
kWh/m ²	136,6	<	Classe E	≤	177,6	kWh/m ²
kWh/m ²	177,6	<	Classe F	≤	239,1	kWh/m ²
			Classe G	>	239,1	kWh/m ²

Soluzione nZEB2

Nella soluzione nZEB2, rispetto alla soluzione nZEB1, è stato sostituito il sistema di generazione, prevedendo l'utilizzo del teleriscaldamento accoppiato ad uno scambiatore di calore (con potenza $\Phi_{ss} = 231$ kW). Secondo i chiarimenti del Ministero dello Sviluppo Economico, per i servizi coperti da teleriscaldamento decadono le prescrizioni del D.Lgs. 28/2011 di copertura da fonte rinnovabile; quindi nel caso specifico per il riscaldamento non risulta più necessario l'utilizzo di fonti rinnovabili. L'installazione del solare termico, già prevista nella soluzione nZEB1, è stata mantenuta per soddisfare la copertura da fonte rinnovabile per il servizio di ACS, non effettuato mediante il teleriscaldamento.

Le misure di efficienza energetica (EEMs) e il livello scelto (EEO) per la soluzione nZEB2 sono indicate in Tabella 5.16.

Tabella 5.16. Misure di efficienza energetica adottate (soluzione nZEB2)

N. EEM	Misura di Efficienza Energetica EEM	Parametro	Simbolo	nZEB2	
				Valore	N. EEO
1	Isolamento involucro opaco verticale	Trasmittanza termica	ν	0,20	3
2	Isolamento involucro opaco verticale vs ambienti	Trasmittanza termica	$U_{p,u}$	0,40	3
3	Isolamento del tetto/ultimo solaio	Trasmittanza termica	U_r	0,20	3
4	Isolamento del pavimento/primo solaio	Trasmittanza termica	U_f	0,20	3
5	Isolamento involucro trasparente	Trasmittanza termica	U_w	1,40	3
6	Schermature solari	Coefficiente di trasmissione solare	τ_s	0,25	2
7	Chiller	Energy efficiency ratio (condizioni di progetto)	EER	-	-
8	Generatore per riscaldamento	Efficienza di generazione (condizioni di progetto)	$\eta_{gn,Pn}$	0,99	3
9	Collettori solari termici	Superficie dei collettori solari	m^2	6	3

N. EEM	Misura di Efficienza Energetica EEM	Parametro	Simbolo	nZEB2	
				Valore	N. EEO
10	Pannelli fotovoltaici	Potenza di picco	kW_p	80	4
11	Recuperatore di calore	Efficienza del recuperatore di calore	η_r	0,9	2
12	Controllo della temperatura ambiente	Efficienza di regolazione	η_{ctr}	0,995	1
13	Sistema di illuminazione	Potenza specifica installata	PN	4,34	3
14	Sistema di controllo dell'illuminazione	Fattore di occupazione	$F_o-F_c-F_D$	1-0,9-0,8	3

Il rispetto dei requisiti minimi da normativa e il costo globale sono indicati in Tabella 5.17 e Tabella 5.18.

Tabella 5.17. Copertura da fonti rinnovabili e costo globale (soluzione nZEB 2)

Copertura da fonti rinnovabili, QR [%]		Costo globale [€/m ²]
W	H+C+W	
60%	*	319 (71 energia; 136 investimento; 112 manutenzione)
* Non valutato in presenza di teleriscaldamento a servizio del riscaldamento, come descritto precedentemente.		

Tabella 5.18. Confronto fra gli indici di prestazione energetica (le caselle evidenziate individuano le verifiche da effettuare secondo il D.M. 26 giugno 2015) (soluzione nZEB 2)

Indici	Valori limite tabellari	Edificio di riferimento (2019)	Edificio reale utenza standard	Edificio reale utenza reale
H'_T [W/m ² K]	0,75	-	0,33	0,33
$A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ [-]	0,04	-	0,03	0,03
$EP_{H,nd}$ [kWh/m ² a] effettivo	-	26,7	25,9	16
$EP_{H,nd}$ [kWh/m ² a] di riferimento	-	63,5	63,0	-
$EP_{C,nd}$ [kWh/m ² a] effettivo	-	19,0	13,4	22
$EP_{C,nd}$ [kWh/m ² a] di riferimento	-	12,2	8,1	-
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ² a]	-	78	68	49
η_H	-	127%	141%	-
η_W	-	52%	55%	-
η_C	-	-	-	-

La Figura 5.9 mostra la prestazione energetica dell'edificio per ogni servizio (valutata considerando l'utenza reale).

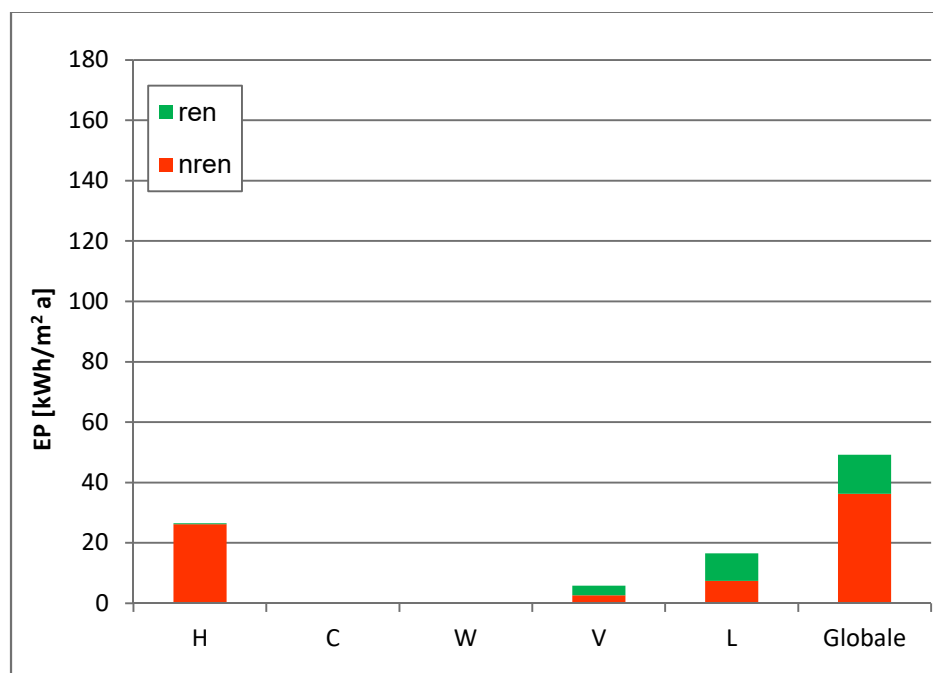


Figura 5.9. Prestazione energetica dell'edificio (soluzione nZEB 2)

È stata quindi valutata la classe energetica dell'edificio; il valore di $EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$ calcolato per l'edificio di riferimento è pari a 68 (kWh/m²a) mentre il valore di $EP_{gl,nren}$ è pari a 54,6 (kWh/m²a), quindi l'edificio è in classe A.2 (Tabella 5.15).

Tabella 5.19. Classificazione energetica (soluzione nZEB2)

			Classe A4	≤	27,3	kWh/m²
kWh/m²	27,3	<	Classe A3	≤	41,0	kWh/m²
kWh/m²	41,0	<	Classe A2	≤	54,7	kWh/m²
kWh/m²	54,7	<	Classe A1	≤	68,3	kWh/m²
kWh/m²	68,3	<	Classe B	≤	82,0	kWh/m²
kWh/m²	82,0	<	Classe C	≤	102,5	kWh/m²
kWh/m²	102,5	<	Classe D	≤	136,6	kWh/m²
kWh/m²	136,6	<	Classe E	≤	177,6	kWh/m²
kWh/m²	177,6	<	Classe F	≤	239,1	kWh/m²
			Classe G	>	239,1	kWh/m²

Soluzione nZEB3

Nella soluzione nZEB3, rispetto alle soluzioni nZEB descritte precedentemente, si sostituisce il sistema di generazione, prevedendo l'installazione di una caldaia a biomassa, di potenza $P_n = 231$ [kW], accoppiata ad un serbatoio di accumulo di capacità pari a 5780 l.

Le misure di efficienza energetica (EEMs) e il livello scelto (EEO) per la soluzione nZEB2 sono indicate in Tabella 5.20.

Tabella 5.20. Misure di efficienza energetica adottate (soluzione nZEB 3)

N. EEM	Misura di Efficienza Energetica EEM	Parametro	Simbolo	nZEB3	
				Valore	N. EEO
1	Isolamento involucro opaco verticale	Trasmittanza termica	U_p [W/m ² K]	0,20	3
2	Isolamento involucro opaco verticale vs ambienti	Trasmittanza termica	$U_{p,u}$ [W/m ² K]	0,40	3
3	Isolamento del tetto/ultimo solaio	Trasmittanza termica	U_r [W/m ² K]	0,20	3
4	Isolamento del pavimento/primo solaio	Trasmittanza termica	U_f [W/m ² K]	0,20	3
5	Isolamento involucro trasparente	Trasmittanza termica	U_w [W/m ² K]	1,40	3
6	Schermature solari	Coefficiente di trasmissione solare	τ_s [-]	0,25	2
7	Chiller	Energy efficiency ratio (condizioni di progetto)	EER [-]		-
8	Generatore per riscaldamento	Efficienza di generazione (condizioni di progetto)	$\eta_{gn,Pn}$ [-]	0,9	2
9	Collettori solari termici	Superficie dei collettori solari	A_{coll} [m ²]	6	3
10	Pannelli fotovoltaici	Potenza di picco	W_p [kW]	80	4
11	Recuperatore di calore	Efficienza del recuperatore di calore	η_r [-]	0,9	2
12	Controllo della temperatura ambiente	Efficienza di regolazione	η_{ctr} [-]	0,995	1
13	Sistema di illuminazione	Potenza specifica installata	PN [W/m ²]	4,34	3
14	Sistema di controllo dell'illuminazione	Fattore di occupazione	$F_o-F_c-F_D$ [-]	1-0,9-0,8	3

Il rispetto dei requisiti minimi da normativa e il costo globale sono indicati in Tabella 5.21 e Tabella 5.22.

Tabella 5.21. Copertura da fonti rinnovabili e costo globale (soluzione nZEB 3)

Copertura da fonti rinnovabili, QR [%]		Costo globale [€/m ²]
W	H+C+W	
60%	74%	474 (196 energia; 147 investimento; 132 manutenzione)

Tabella 5.22. Confronto fra gli indici di prestazione energetica (le caselle evidenziate individuano le verifiche da effettuare secondo il D.M. 26 giugno 2015)
(soluzione nZEB 3)

Indici	Valori limite tabellari	Edificio di riferimento (2019)	Edificio reale utenza standard	Edificio reale utenza reale
H_T [W/m ² K]	0,75	-	0,33	0,33
$A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ [-]	0,04	-	0,03	0,03
$EP_{H,nd}$ [kWh/m ² a] effettivo	-	26,7	25,9	16
$EP_{H,nd}$ [kWh/m ² a] di riferimento	-	63,5	63,0	-
$EP_{C,nd}$ [kWh/m ² a] effettivo	-	19,0	13,4	22
$EP_{C,nd}$ [kWh/m ² a] di riferimento	-	12,2	8,1	-
$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ² a]	-	78	57	42
η_H	-	127%	185%	-
η_W	-	52%	55%	-
η_C	-	-	-	-

La mostra la prestazione energetica dell'edificio per ogni servizio (valutata considerando l'utenza reale).

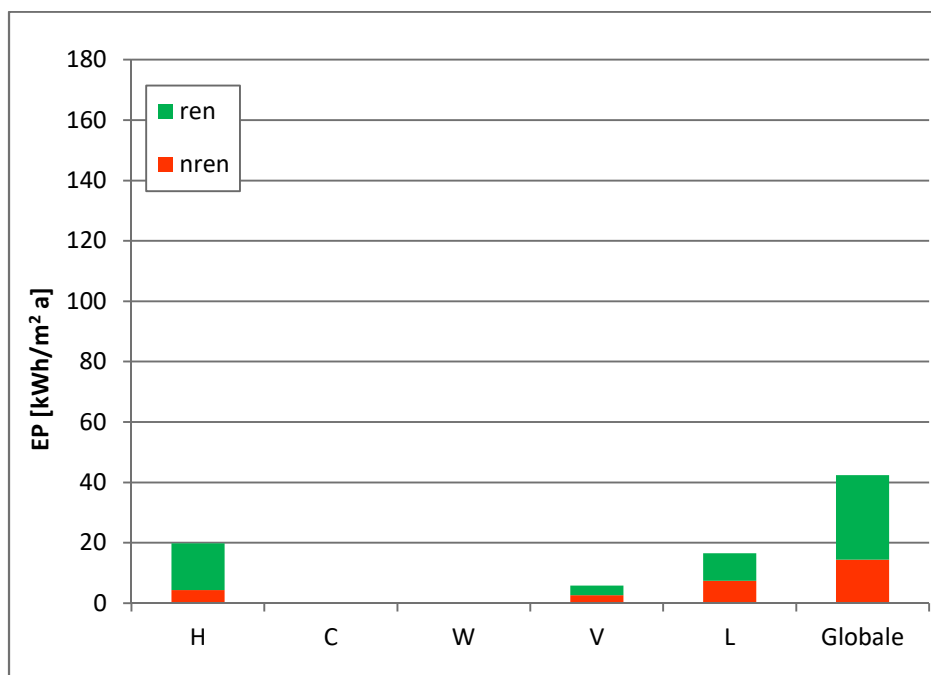


Figura 5.10. Prestazione energetica dell'edificio
(soluzione nZEB 3)

È stata quindi valutata la classe energetica dell'edificio; il valore di $EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$ calcolato per l'edificio di riferimento è pari a 68 (kWh/m²a) mentre il valore di $EP_{gl,nren}$ è pari a 19,9 (kWh/m²a), quindi l'edificio è in classe A.4 (Tabella 5.23).

Tabella 5.23. Classificazione energetica (soluzione nZEB3)

			Classe A4	≤	27,3	kWh/m²
kWh/m ²	27,3	<	Classe A3	≤	41,0	kWh/m ²
kWh/m ²	41,0	<	Classe A2	≤	54,7	kWh/m ²
kWh/m ²	54,7	<	Classe A1	≤	68,3	kWh/m ²
kWh/m ²	68,3	<	Classe B	≤	82,0	kWh/m ²
kWh/m ²	82,0	<	Classe C	≤	102,5	kWh/m ²
kWh/m ²	102,5	<	Classe D	≤	136,6	kWh/m ²
kWh/m ²	136,6	<	Classe E	≤	177,6	kWh/m ²
kWh/m ²	177,6	<	Classe F	≤	239,1	kWh/m ²
			Classe G	>	239,1	kWh/m ²

5.3.4 Confronto delle soluzioni tecnologiche proposte

Sono stati effettuati dei confronti fra l'edificio allo stato di fatto, la soluzione *cost optimal* e le tre soluzioni nZEB proposte, per gli indici e i parametri analizzati nella valutazione energetica, ambientale ed economica. Le valutazioni sono state effettuate sull'edificio modellato considerando l'utenza reale, al fine di individuare l'efficienza delle soluzioni proposte per l'edificio analizzato considerando l'uso effettivo.

In Figura 5.11 viene mostrato l'indice di prestazione globale dell'edificio; la soluzione che risulta maggiormente vantaggiosa dal punto di vista energetico è la soluzione nZEB3, che aumenta notevolmente le prestazioni energetiche dell'edificio e la quota rinnovabile di energia primaria.

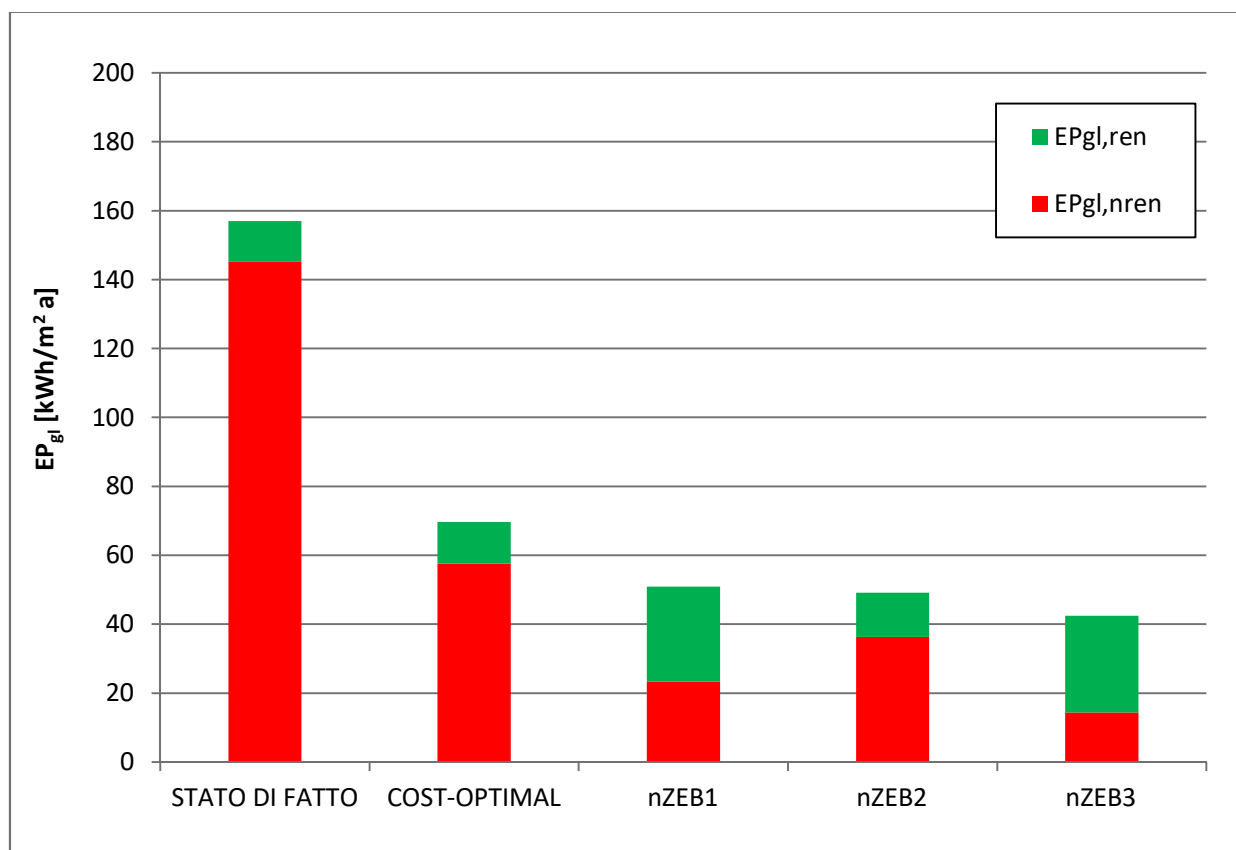


Figura 5.11. Indice di prestazione energetica globale dell'edificio

Il grafico in Figura 5.12 illustra invece il costo globale correlato alle soluzioni proposte; dal punto di vista economico la soluzione meno conveniente risulta la soluzione nZEB3, che al contrario è la migliore dal punto di vista energetico. Ciò è dovuto al costo elevato della biomassa, nonché dai costi del generatore stesso e di sostituzione di parti di esso durante il ciclo di vita utile della macchina (come i filtri). La soluzione nZEB1 al contrario riduce notevolmente il costo dell'energia, anche se comporta un costo di investimento maggiore. Fra le tre soluzioni nZEB proposte la soluzione nZEB2 ha il costo globale minore; tuttavia tale soluzione prevede l'utilizzo del teleriscaldamento, attualmente non presente in situ.

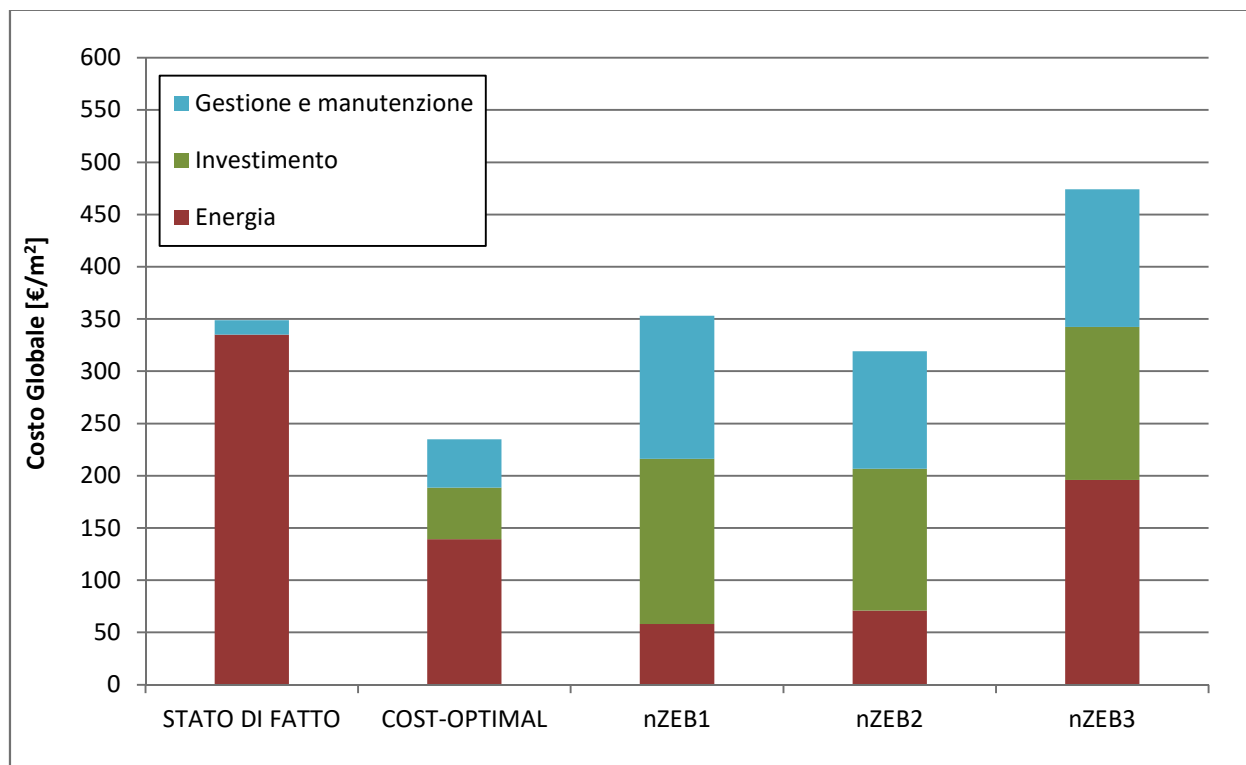


Figura 5.12. Costo globale

La Figura 5.13 riporta il differenziale di costo globale rispetto allo stato di fatto, delle soluzioni *cost-optimal* ed nZEB. Dall'immagine si evince come per una valutazione su 30 anni, la soluzione ottimale in funzione dei costi ottenga una riduzione del costo globale di soli 114 €/m². Affinché quindi anche le soluzioni nZEB siano efficaci in termini di costo, queste devono avere un differenziale di costo globale compreso tra 110 €/m² ed al più 0 €/m². Mentre le soluzioni nZEB1 ed nZEB2 risultano ancora efficaci in termini di costo, la soluzione che prevede l'utilizzo del generatore a biomassa ottiene un ΔGC positivo, e quindi non può essere considerata efficace.

Il grafico in Figura 5.14 riporta il tempo di ritorno attualizzato, ed evidenzia quanto detto in riferimento all'impianto a biomassa, il quale risulta essere l'unica soluzione con un tempo di ritorno più lungo del periodo di calcolo. La soluzione *cost-optimal* invece ottiene un tempo di ritorno molto basso, e si conferma la più efficace in termini di costo; ciò nonostante anche le soluzioni nZEB 2 e 3 fanno riscontrare un tempo di ritorno dell'investimento tra i 10 e i 20 anni, e quindi ancora apprezzabile.

La Figura 5.15 mostra infine per tutti i modelli di edificio considerati, e sempre con utenza reale, le emissioni di CO₂ associate. Sebbene già la soluzione *cost-optimal* faccia riscontrare una riduzione di oltre la metà delle emissioni rispetto allo stato di fatto, i casi nZEB ottengono ottimi risultati, arrivando a registrare fino a soli 3 kg/m².

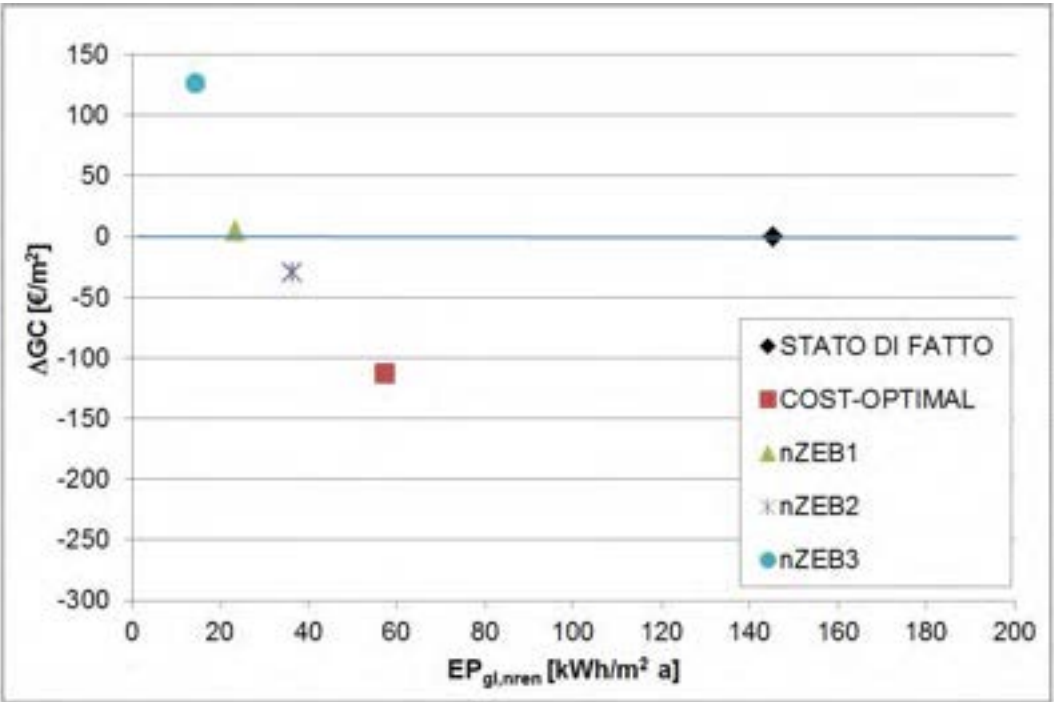


Figura 5.13. Differenziale del costo globale (rispetto allo stato di fatto) in relazione all'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile

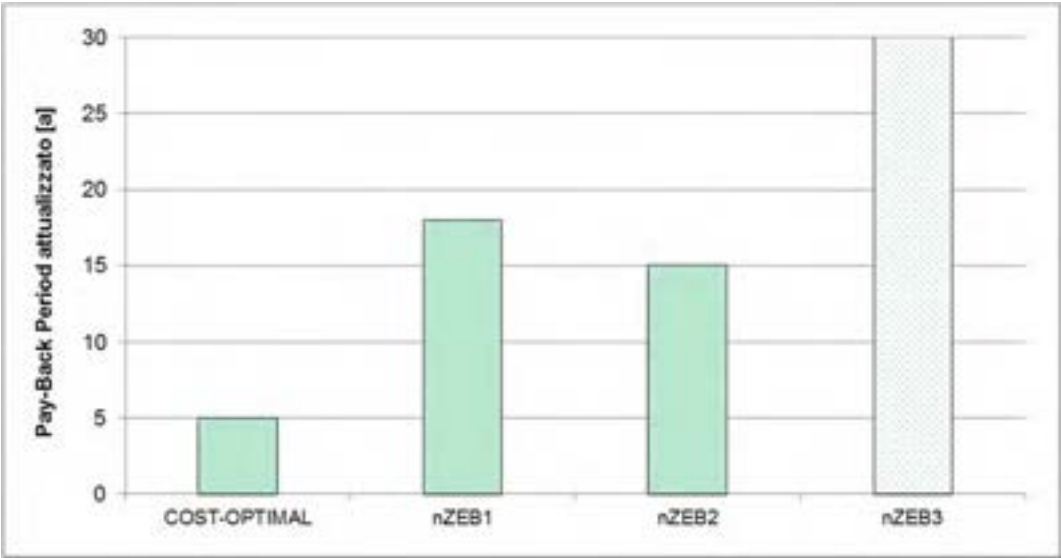


Figura 5.14. Pay-Back period (tempo di ritorno) attualizzato

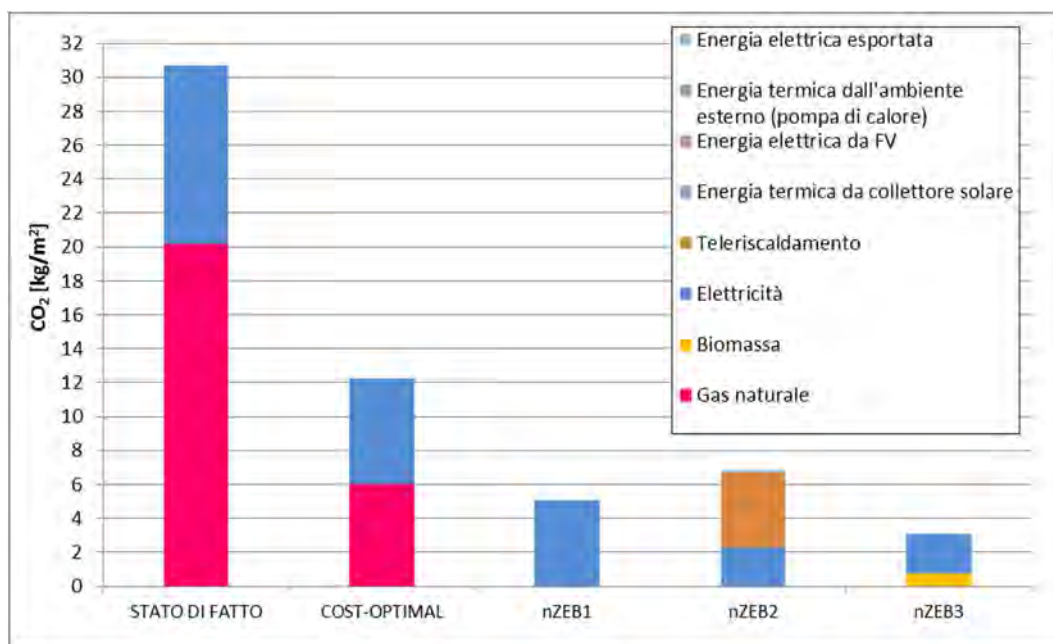


Figura 5.15. Emissioni di CO₂

La seguente Tabella 5.24 riporta infine il sunto delle classificazioni energetiche ottenute a partire dall'edificio allo stato di fatto, fino alle soluzioni nZEB.

Tabella 5.24. Classificazione energetica dell'edificio

Edificio		Classe energetica
<i>Pre retrofit</i>	Stato di fatto	D
<i>Post retrofit</i>	Soluzione conforme al D.M. 26 giugno 2015	A2
	Soluzione nZEB 1	A3
	Soluzione nZEB 2	A2
	Soluzione nZEB 3	A4

5.4 Analisi di sensibilità

L'analisi parametrica è stata volta ad indagare l'influenza di ciascuna misura di efficienza energetica sulla prestazione energetica dell'edificio mediante confronto con la prestazione energetica nello stato di fatto. Il livello prestazionale di ciascuna misura è in linea con il target nZEB. A partire dall'edificio allo stato di fatto modellato con l'utenza reale e clima standard, sono state analizzate separatamente le seguenti misure di efficienza energetica, come indicato in Tabella 5.25:

- isolamento dell'involucro opaco e trasparente (OP+W);
- installazione di schermature solari (SH);
- ventilazione meccanica con recupero di calore (VMC);
- sostituzione del generatore con pompa di calore (HP);
- sostituzione del generatore con caldaia a biomassa (BIO);
- sostituzione del generatore con pompa di calore, in abbinamento a pannelli fotovoltaici e collettori solari termici per ACS (HP+PV+TS).

Tabella 5.25. Quadro delle misure di efficienza energetica adottate nell'analisi parametrica

Codice	Misure di efficienza energetica	Parametro	U.M.	Valore
OP+W	Isolamento involucro opaco verticale	U_p	$W \cdot m^{-2} K^{-1}$	0,20
	Isolamento involucro opaco verticale vs ambienti	$U_{p,u}$	$W \cdot m^{-2} K^{-1}$	0,40
	Isolamento del tetto/ultimo solaio	U_r	$W \cdot m^{-2} K^{-1}$	0,20
	Isolamento del pavimento/primo solaio	U_f	$W \cdot m^{-2} K^{-1}$	0,20
	Isolamento involucro trasparente	U_w	$W \cdot m^{-2} K^{-1}$	1,40
SH	Schermature solari	τ_s	-	0,25
VMC	Ventilazione meccanica con recuperatore di calore	η_r	-	0,90
HP	Pompa di calore	COP	-	4,3
BIO	Caldaia a biomassa	$\eta_{gn,Pn}$	-	0,9
HP+PV+TS	Pompa di calore	COP	-	4,3
	Collettori solari termici per ACS	A_{coll}	m^2	6
	Pannelli fotovoltaici	W_p	kW	80

I risultati sono riportati in Figura 5.16 dove si confrontano i valori dell'*EP* globale non rinnovabile e dell'*EP* globale rinnovabile per i casi analizzati. Si evince che l'intervento di isolamento termico dell'involucro riduce di circa il 40% il fabbisogno di energia primaria non rinnovabile. La sola installazione delle schermature solari determina invece un lieve incremento del fabbisogno a causa della riduzione degli apporti solari nella stagione invernale.

L'adozione della ventilazione meccanica controllata riduce la domanda di energia primaria non rinnovabile dell'11%. La soluzione impiantistica più efficiente dal punto di vista energetico si rivela la caldaia a biomassa, seguita dalla pompa di calore associata a solare termico e fotovoltaico.

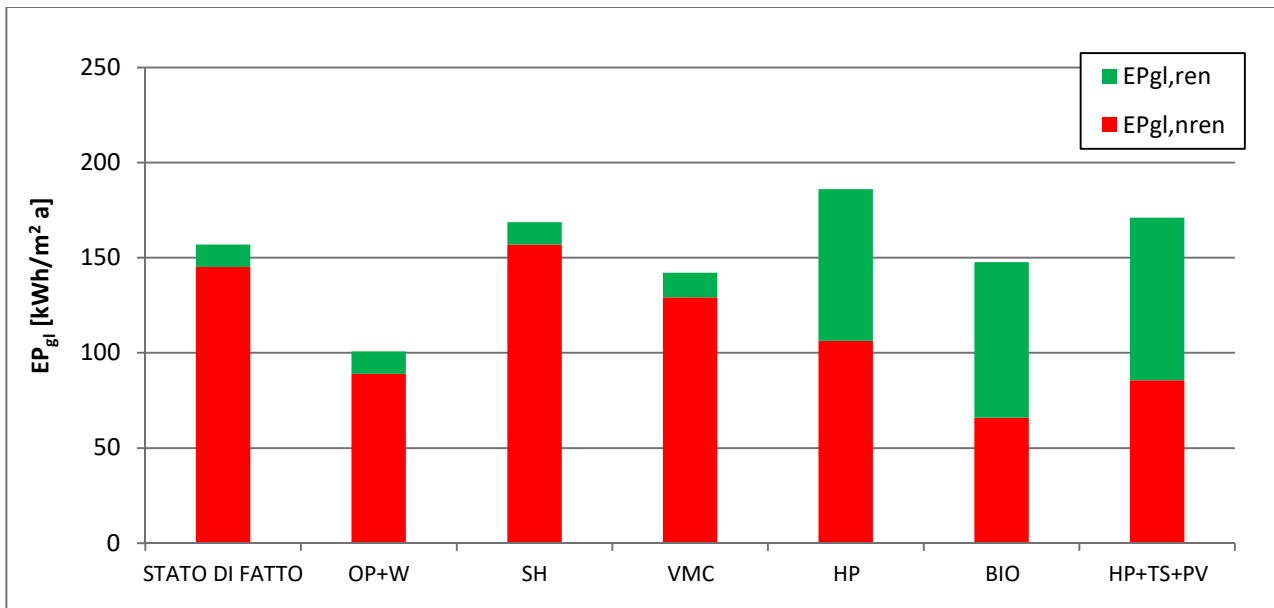


Figura 5.16. Analisi di sensibilità - Indice di prestazione globale

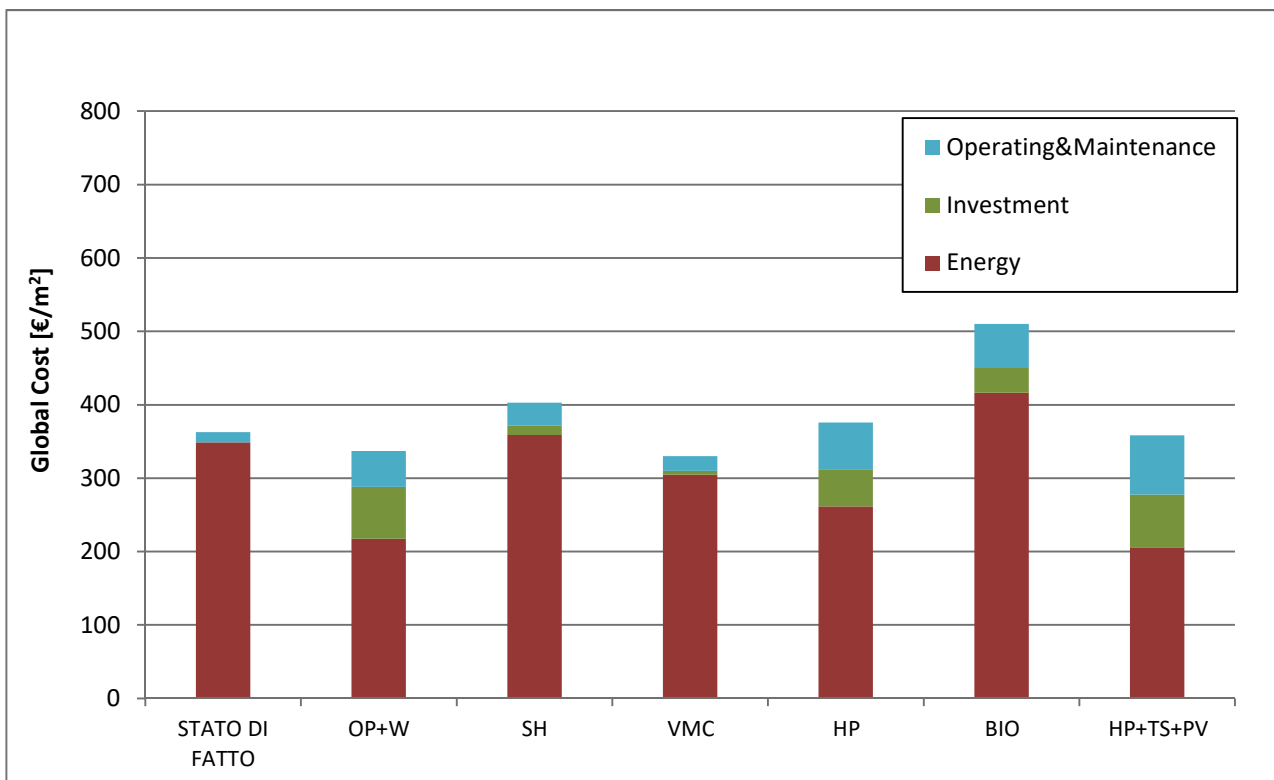


Figura 5.17. Analisi di sensibilità - Costo globale

La Figura 5.17 mostra invece il confronto in termini di costo globale. È possibile notare come l'intervento di isolamento dell'involucro edilizio, pur avendo il costo di investimento più alto rispetto alle altre misure analizzate, riduca notevolmente i costi d'esercizio (energia). Per contro, l'installazione delle schermature solari, oltre ad essere una soluzione inefficace, determina un costo globale elevato (400 €/m² circa).

Per quanto riguarda la sostituzione del generatore mediante i sistemi sopra elencati, l'installazione di caldaia a biomassa risulta economicamente svantaggioso, nonostante sia migliore per la riduzione della quota di energia primaria non rinnovabile fra i tre sistemi analizzati.

6 Conclusioni

L'attività svolta ha previsto lo svolgimento della diagnosi energetica di un edificio sito in Torino, rappresentativo del parco edilizio scolastico in zona climatica E.

Lo scopo dell'attività è quello di proporre degli interventi di retrofit energetico inquadrati in una ristrutturazione globale dell'edificio secondo le attuali disposizioni legislative in materia. Di tali soluzioni, si è verificata sia la rispondenza ai requisiti del D.M. 26 giugno 2015, sia la fattibilità economica. Le valutazioni hanno compreso un'analisi energetica, economica ed ambientale.

È stato costruito il modello numerico dell'edificio ed in seguito è stata effettuata una accurata calibrazione sulla base dei dati raccolti sull'uso reale dell'edificio e sul contesto climatico.

Le misure di efficienza energetica adottabili in un processo di ristrutturazione globale dell'edificio sono state scelte mediante l'applicazione della procedura *cost optimal*, attraverso la quale è stato possibile individuare la soluzione di riqualificazione energetica che comporta il minore costo globale stimato nell'arco di un periodo fissato a 30 anni.

A partire dalla soluzione di riqualificazione *cost optimal* sono stati individuati pacchetti di misure di efficienza energetica tali da trasformare l'edificio in nZEB, che fossero al contempo efficaci sotto il profilo dei costi.

Dalle analisi condotte è emerso che è possibile effettuare la trasformazione di edifici pubblici ad uso scolastico in nZEB, mediante l'adozione di sistemi tecnologici avanzati che sfruttino fonti energetiche rinnovabili, come la pompa di calore, o il generatore a biomassa. Risulta altresì di fondamentale importanza effettuare un'analisi finanziaria, al fine di scegliere tra le misure energetiche adottabili, quelle che garantiscano tempi di ritorno dell'investimento accettabili. Tra i casi analizzati, l'adozione della pompa di calore associata a pannelli FV, ventilazione meccanica con recuperatore di calore e sistema di illuminazione ad alta efficienza, risulta soddisfare sia i requisiti di legge, sia essere economicamente fattibile. In caso di reti di teleriscaldamento, tale soluzione risulta una possibile alternativa alla pompa di calore.

Infine, è stata effettuata un'analisi parametrica volta a verificare l'influenza sul fabbisogno energetico globale dell'edificio e sul rispettivo costo, di interventi specifici sull'involucro piuttosto che sul sistema di generazione e sull'adozione di fonti rinnovabili.

7 Riferimenti bibliografici

Legislazione

- [1] Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (EPBD recast), pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea n. L153/13 del 18 giugno 2010.
- [2] Decreto del Presidente della Repubblica n. 412 del 26 agosto 1993, "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 242 del 14 ottobre 1993.
- [3] Decreto Ministeriale 26 giugno 2015, "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 162 del 15 luglio 2015 – Supplemento Ordinario n. 39.

Norme tecniche

- [4] UNI/TS 11300-1 "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale", Ottobre 2014.
- [5] UNI/TS 11300-2 "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria", Ottobre 2014.
- [6] UNI/TS 11300-3 "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva", Marzo 2010.
- [7] UNI/TS 11300-4 "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria", Marzo 2016.
- [8] UNI/TS 11300-5 "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili", Marzo 2016.
- [9] UNI EN ISO 10077 "Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità", Marzo 2007.
- [10] UNI 10339 "Impianti aeraulici a fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura", Giugno 1995.
- [11] UNI 10349-1 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata", Marzo 2016.
- [12] UNI 10349-3 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 3: Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno) ed altri indici sintetici", Marzo 2016.
- [13] UNI EN ISO 13370 "Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo", Maggio 2008.
- [14] UNI EN ISO 13786 "Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo", Maggio 2008.
- [15] UNI EN ISO 13789 "Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo", Maggio 2008.

- [16] UNI EN ISO 13790 "Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling", Marzo 2008.
- [17] UNI EN 15193 "Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione", Marzo 2008.
- [18] UNI EN 15242 "Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni", Febbraio 2008.
- [19] UNI EN 15316-2-1 "Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 2-1: Sistemi di emissione del calore negli ambienti", maggio 2008.
- [20] UNI EN 15459 "Prestazione energetica degli edifici - Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici", Luglio 2008.
- [21] UNI EN 15603 "Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica", Luglio 2008.
- [22] UNI CEI/TR 11428 "Gestione dell'energia - Diagnosi energetiche - Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica", Ottobre 2011.
- [23] UNI CEI EN 16247-1 "Diagnosi energetiche - Parte 1: Requisiti generali", Settembre 2012.
- [24] UNI CEI EN 16247-2 "Diagnosi energetiche - Parte 2: Edifici", Agosto 2014.
- [25] UNI CEI EN 16247-3 "Diagnosi energetiche - Parte 3: Processi", Agosto 2014.
- [26] UNI EN 442-2 "Radiatori e convettori - Parte 2: Metodi di prova e valutazione", Febbraio 2015.
- [27] ISO/FDIS 18523-1 "Energy performance of buildings - Schedule and condition of building, zone and room usage for energy calculation - Part 1: Non-residential buildings", Agosto 2016.
- [28] ISO/DIS 52000-1 "Energy performance of buildings - Overarching EPB assessment - Part 1: General framework and procedures", 2015.

Pubblicazioni scientifiche

- [29] V. Corrado et al., "Building Typology Brochure – Italy. Fascicolo sulla Tipologia Edilizia Italiana", Politecnico di Torino, Torino, Dicembre 2011.
- [30] V. Corrado, A. Capozzoli, A. Gorrino, P. Soma, "Atlante nazionale dei ponti termici", edizioni Edilclima, Borgomanero (NO), 2011.
- [31] L. Radulov, N. Kaloyanov, Horia Petran, "D2.1 Report On The Preliminary Assessment Of Public Building Stock", RePublic_ZEB, Novembre 2014.
- [32] A.V., Refurbishment of the public building stock towards NZEB, "Report D2.2: Method And Results In Defining National Reference Buildings For Each Building Category", RePublic_ZEB, Febbraio 2015.
- [33] M. Citterio, G. Fasano, "Indagine sui consumi degli edifici pubblici (direzionale e scuole) e potenzialità degli interventi di efficienza energetica", Report RSE/2009/165, Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA), Febbraio 2009.
- [34] Cresme Consulting S.r.l., "Miglioramento Dell'efficienza Energetica Degli Edifici Pubblici, Linee guida per l'attuazione", Programma Operativo interregionale Energie Rinnovabili e Risparmio Energetico 2007-2013, Marzo 2011.
- [35] Cresme Consulting S.r.l., "Miglioramento Dell'efficienza Energetica Degli Edifici Pubblici, Volume I Lo Studio", Programma Operativo interregionale Energie Rinnovabili e Risparmio Energetico 2007-2013, Marzo 2011.

- [36] Ministero dello sviluppo economico, in collaborazione con ENEA, RSE e CTI, "PANZEB - Piano d'Azione Nazionale per incrementare gli edifici ad energia quasi zero", Allegato 2, Novembre 2015.
- [37] Manuale di utilizzo del software SEAS 3.0, DESTEC Università di Pisa in collaborazione con ENEA, Settembre 2014.
- [38] W. Grassi, D. Testi, E. Merchetti, P. Conti, D. Della Vista, E. Schito, G. Fasano, P. Signoretti "Sviluppo di un software applicativo per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario" Report RdS/2012/110, Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile (ENEA), Roma, 2012.
- [39] AICARR, "Manuale di ausilio alla progettazione termotecnica", (II edizione), Padova, 2005.
- [40] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., "2009 ASHRAE HANDBOOK: FUNDAMENTALS", Atlanta, 2009.
- [41] Corrado, V., Ballarini, I., Paduos, S. 2014, "Assessment of cost-optimal energy performance requirements for the Italian residential building stock", Energy Procedia (45) 443-452.
- [42] Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU.
- [43] V. Corrado, I. Ballarini, D. Dirutigliano, S. Paduos, "Cost-optimal analysis of italian office buildings through the application of a quasi-steady state model validated by detailed dynamic simulation", submitted to IBPSA Building Simulation Conference 2015, Hyderabad, India, 7-9 December 2015.
- [44] V. Corrado, I. Ballarini, S. Paduos, "Sviluppo della metodologia comparativa cost-optimal secondo Direttiva 2010/31/UE" Report RdS/2013/144, Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile (ENEA), Roma, 2013.
- [45] V. Corrado, I. Ballarini, S. Paduos, I. Ottati, E. Primo, "Aggiornamento della metodologia comparativa cost-optimal secondo Direttiva 2010/31/UE" Report RdS/2014/107, Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile (ENEA), Roma, 2014.

Sitografia e software

- [46] <http://www.peano.it/>
- [47] <https://www.arpa.piemonte.gov.it/>

Appendice A. Confronto tra SEAS 3.0 e UNI/TS 11300

Il calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio è stato svolto mediante l'utilizzo del software SEAS 3.0, (Software Energetico per Audit Semplificati), nato da una collaborazione fra ENEA e DESTEC dell'Università di Pisa, e dei fogli di calcolo Excel, sviluppati dal Politecnico di Torino, al fine di valutare il fabbisogno netto e di energia primaria, secondo la serie UNI/TS 11300 [4][5][6][7][8].

Il confronto fra i risultati ottenuti attraverso i due strumenti di calcolo è stato effettuato per la valutazione adattata all'utenza calibrata (*calibrated tailored energy rating*) relativamente alla stagione 2014/2015 (vedi schema della procedura di calcolo al Paragrafo 3.1 Figura 3.1).

La difficoltà maggiore nell'effettuare un confronto sui risultati deriva dalle modifiche successive di alcuni parametri energetici, rivalutati in seguito al calcolo analitico (ad esempio la trasmittanza equivalente delle componenti disperdenti contro terra o verso locali non climatizzati) e alla calibrazione del modello, e inputati nelle relative schede del software SEAS; sono stati riscontrati problemi nell'aggiornamento del calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio in seguito a tali modifiche, apportate in un secondo momento.

Inoltre, sono stati riscontrate alcune difficoltà per il calcolo di determinati parametri energetici. A titolo esemplificativo si riporta il caso della ventilazione, considerata nel calcolo attraverso i fogli Excel secondo quanto previsto dalla norma UNI 10339 [10], utilizzando però per ogni zona termica come dato di input l'indice di affollamento reale ricavato dai profili di occupazione (trattandosi di una valutazione di tipo *tailored*, quindi adattata all'utenza). Il software SEAS contempla invece due possibili procedure per il calcolo della ventilazione: la procedura 1, secondo la norma UNI 10339 [10], e la procedura 2, realistica e quindi basata anche sui profili di apertura delle finestre, secondo la norma UNI/TS 11300-1 [4] e UNI EN 15242 [18]. La procedura 1 prevede l'inserimento del numero di persone per ogni categoria di ambienti al fine di ricavare l'indice di affollamento e la relativa portata di progetto; tale valore, modificato in base al reperimento di dati più dettagliati sull'utenza, è stato aggiornato successivamente nella scheda "Ventilazione e apporti interni".

In particolare, nel calcolo della ventilazione per ogni zona termica, è stato confrontato il numero di ricambi d'aria derivante dalle due procedure descritte sopra (precedentemente illustrato in Tabella 4.52 al Paragrafo 4.2.7); si è scelto infine di adottare per ogni zona termica la procedura determinante il numero di ricambi d'aria minore, in quanto dai primi risultati ottenuti sul calcolo del fabbisogno si è notato che il valore calcolato era elevato rispetto ai consumo reali misurati per la stagione 2014/15 analizzata.

La Tabella A.1 riporta il confronto fra i ricambi d'aria secondo le due procedure suddette, con l'indicazione di quella utilizzata per ogni zona termica ai fini del calcolo del fabbisogno energetico. Non sono riportate le zone termiche 1 e 4, dove è presente la ventilazione meccanica; è stato riscontrato infatti un ulteriore problema legato all'avviamento della routine di calcolo esterna "Aria primaria", prevista dal software in presenza di ventilazione meccanica.

Tabella A.1. Confronto fra numero di ricambi d'aria per le due procedure previste da SEAS

Zona termica ¹	Numero di ricambi d'aria		Procedura di calcolo adottata
	Procedura 1 (UNI 10339)	Procedura 2 (UNI/TS 11300 - UNI EN 15242)	
	n_1	n_2	
[-]	$[h^{-1}]$	$[h^{-1}]$	[-]
2	2,36	1,09	2
3	0,45	1,15	1
5	0,72	0,84	1
6	0,64	1,53	1
7	1,15	1,79	1
8	0,38	0,86	1
9	1,14	1,79	1
10	0,70	1,55	1
11	0,31	1,78	1
12	0,60	0,68	1
13	1,51	2,25	1
14	0,10	2,38	1
15	1,35	2,82	1
16	0,35	0,91	1
17	0,71	0,59	2
18	0,90	1,98	1
19	1,06	2,23	1
20	0,77	2,22	1

In seguito sono mostrati i risultati riguardanti il fabbisogno netto per ogni zona termica e graficamente i termini del bilancio energetico estratti dalla scheda “Risultati involucro” del software SEAS.

Tabella A.2. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 1

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
1	Gen.	103	416	789	174	-973	-9504	-2675	-1103	-5970	-13865
	Feb.	110	422	1011	266	-957	-8972	-2521	-1038	-5621	-11478
	Mar.	160	610	2354	693	-679	-7859	-2120	-842	-4556	-2531
	Apr.	17	63	998	324	-277	-1501	-378	-140	-758	-384
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	51	219	800	212	-385	-2476	-605	-216	-1171	-745
	Nov.	141	544	584	154	-636	-7597	-2058	-820	-4439	-9567
	Dic.	75	316	433	104	-655	-7853	-2198	-902	-4883	-12482
	TOT.	658	2589	6969	1926	-4563	-45764	-12556	-5061	-27398	-51052

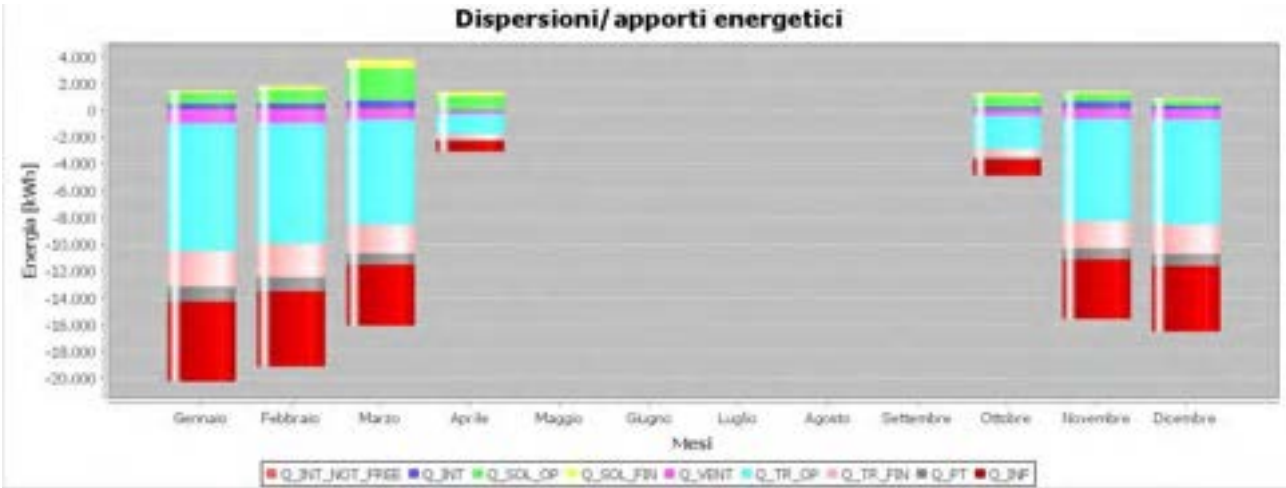


Figura A.1. Bilancio di energia da SEAS - ZT 1

Tabella A.3. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 2

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
2	Gen.	15	0	383	438	-371	-4437	-1122	-718	-3538	-8420
	Feb.	16	0	482	517	-372	-4186	-1059	-676	-3331	-7510
	Mar.	19	0	846	838	-259	-3590	-918	-558	-2700	-4718
	Apr.	6	0	312	288	-53	-663	-172	-96	-449	-418
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	10	0	384	401	-104	-1077	-282	-152	-694	-886
	Nov.	18	0	462	520	-243	-3478	-888	-543	-2631	-5737
	Dic.	13	0	340	400	-245	-3656	-926	-588	-2894	-6735
	TOT.	98	0	3210	3402	-1647	-21086	-5367	-3331	-16236	-34424

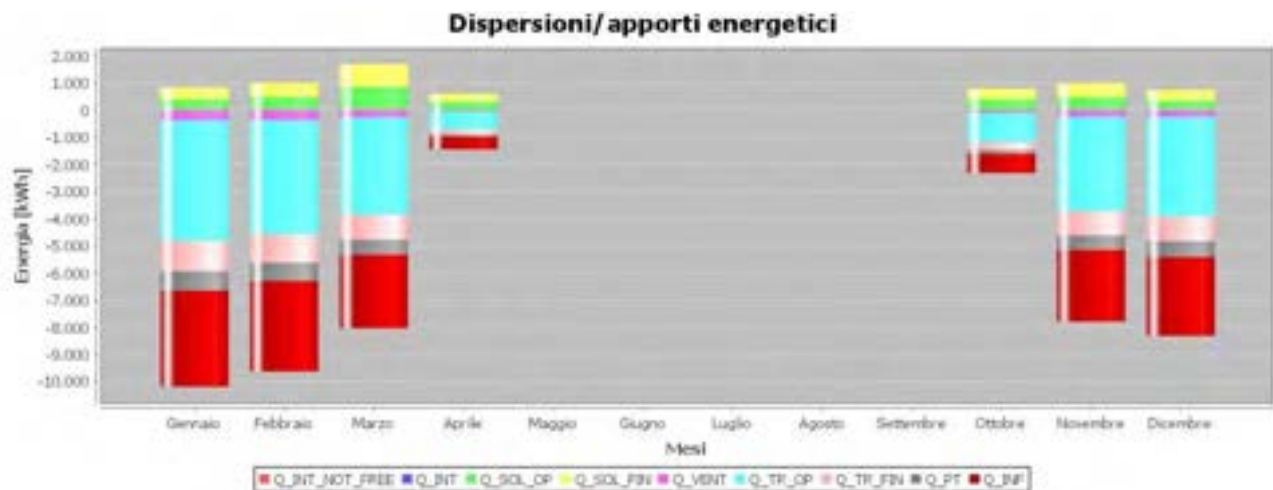


Figura A.2. Bilancio di energia da SEAS - ZT 2

Tabella A.4. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 3

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3	Gen.	57	427	191	375	-858	-1298	-685	-278	0	-657
	Feb.	61	433	217	424	-808	-1225	-646	-262	0	-500
	Mar.	99	625	333	640	-655	-1051	-560	-216	0	-298
	Apr.	4	65	104	196	-109	-194	-105	-37	0	-46
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	23	224	167	324	-168	-315	-172	-59	0	-57
	Nov.	84	558	223	438	-638	-1018	-542	-210	0	-341
	Dic.	37	324	178	350	-702	-1070	-565	-228	0	-497
	TOT.	365	2655	1415	2746	-3937	-6171	-3276	-1290	0	-2395

Dispersioni/apporti energetici

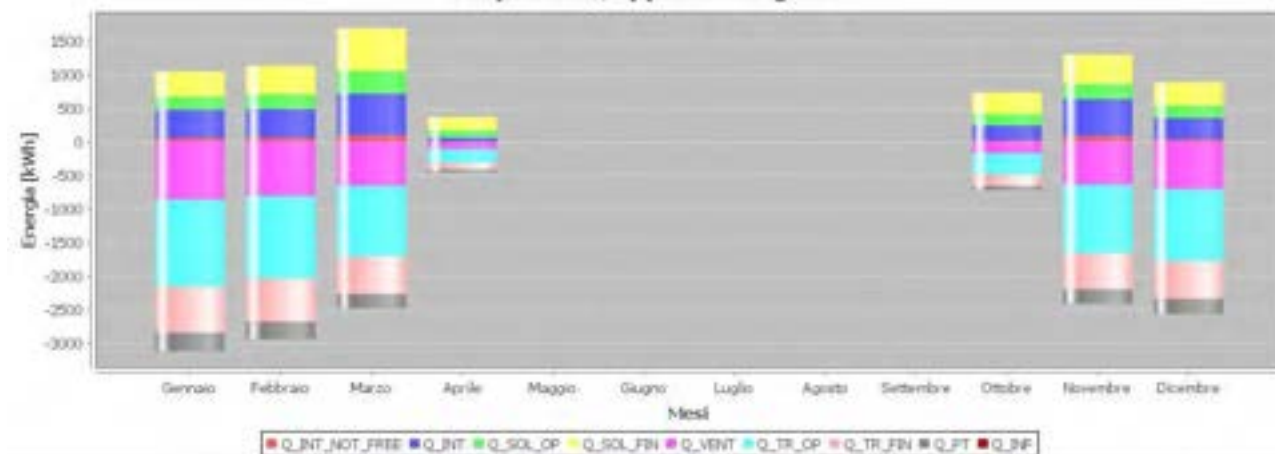


Figura A.3. Bilancio di energia da SEAS - ZT 3

Tabella A.5. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 4

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
4	Gen.	394	214	347	325	0	-2758	-656	-582	-3931	-4569
	Feb.	385	207	401	375	0	-2602	-619	-548	-3701	-3944
	Mar.	494	267	633	609	0	-2235	-537	-452	-3000	-1618
	Apr.	40	33	208	221	0	-413	-101	-78	-499	-169
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	178	112	310	280	0	-672	-165	-123	-771	-253
	Nov.	463	250	408	386	0	-2164	-519	-440	-2923	-2366
	Dic.	274	163	320	284	0	-2273	-541	-477	-3215	-3774
	TOT.	2228	1245	2627	2479	0	-13118	-3138	-2700	-18040	-16694

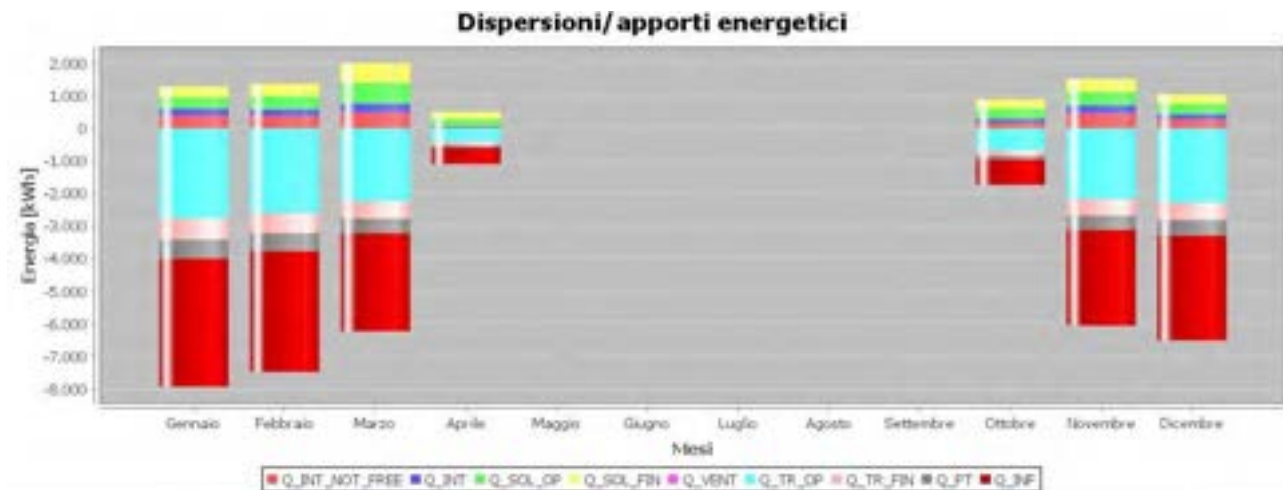


Figura A.4. Bilancio di energia da SEAS - ZT 4

Tabella A.6. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 5

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
5	Gen.	1622	133	618	1078	-8484	-9052	-2557	-1657	0	-15834
	Feb.	1797	135	856	1372	-7988	-8538	-2412	-1561	0	-13530
	Mar.	2442	195	1671	2346	-6474	-7297	-2075	-1289	0	-7121
	Apr.	226	20	640	816	-1077	-1339	-385	-222	0	-744
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	801	70	688	1081	-1664	-2170	-626	-350	0	-1240
	Nov.	2204	174	761	1299	-6308	-7072	-2009	-1254	0	-9461
	Dic.	1195	101	534	972	-6939	-7455	-2108	-1359	0	-13053
	TOT.	10288	829	5768	8965	-38933	-42922	-12172	-7692	0	-60982

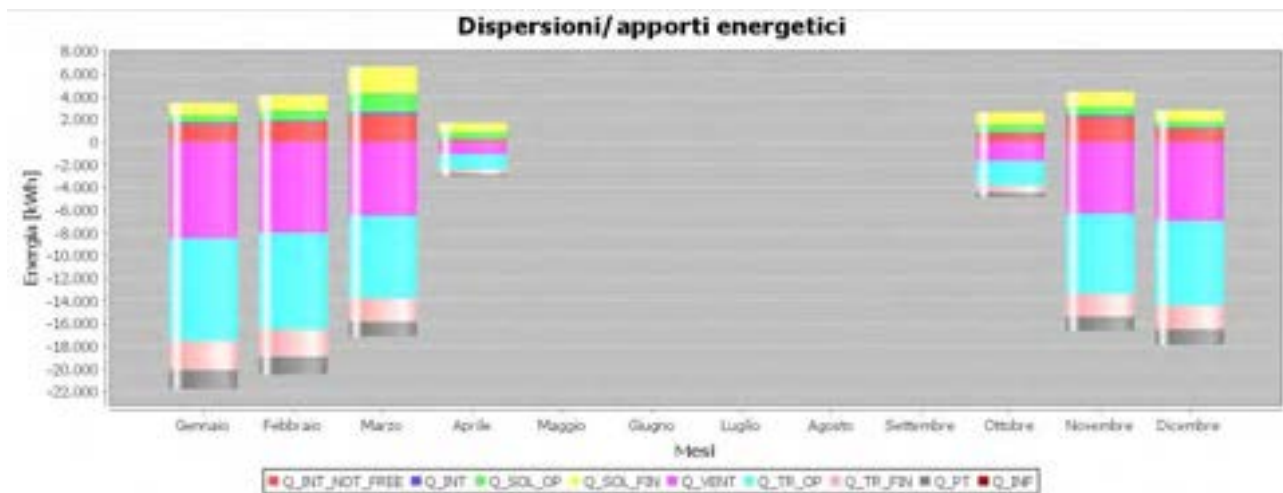


Figura A.5. Bilancio di energia da SEAS - ZT 5

Tabella A.7. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 6

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
6	Gen.	246	77	182	244	-1010	-1759	-219	-312	0	-1794
	Feb.	264	78	241	329	-951	-1659	-206	-294	0	-1363
	Mar.	409	112	435	592	-771	-1421	-179	-242	0	-358
	Apr.	18	12	158	214	-128	-262	-34	-42	0	-44
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	100	40	195	267	-198	-425	-55	-66	0	-76
	Nov.	350	100	221	301	-751	-1377	-173	-236	0	-797
	Dic.	164	58	160	216	-826	-1449	-180	-256	0	-1504
	TOT.	1553	477	1592	2163	-4635	-8353	-1046	-1447	0	-5936

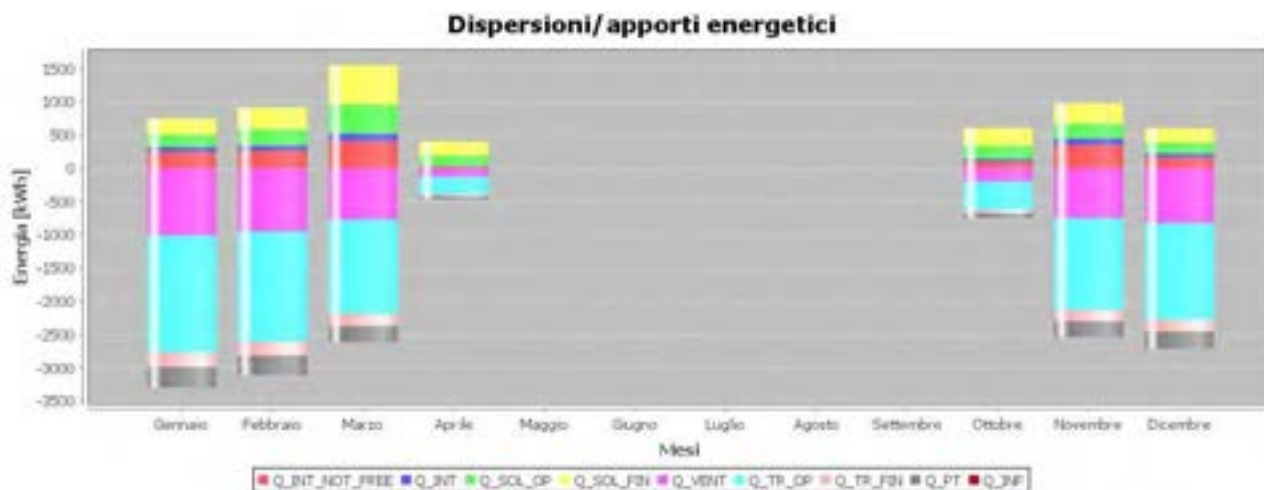


Figura A.6. Bilancio di energia da SEAS - ZT 6

Tabella A.8. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 7

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
7	Gen.	78	222	195	364	-1322	-1285	-547	-278	0	-1462
	Feb.	75	215	236	445	-1244	-1212	-516	-262	0	-1095
	Mar.	97	277	387	717	-1008	-1039	-447	-217	0	-410
	Apr.	7	34	126	228	-168	-191	-84	-37	0	-52
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	34	117	186	349	-259	-311	-138	-59	0	-76
	Nov.	91	260	231	435	-983	-1006	-433	-211	0	-549
	Dic.	53	169	178	334	-1081	-1058	-451	-228	0	-1147
	TOT.	436	1293	1540	2872	-6065	-6102	-2615	-1293	0	-4792

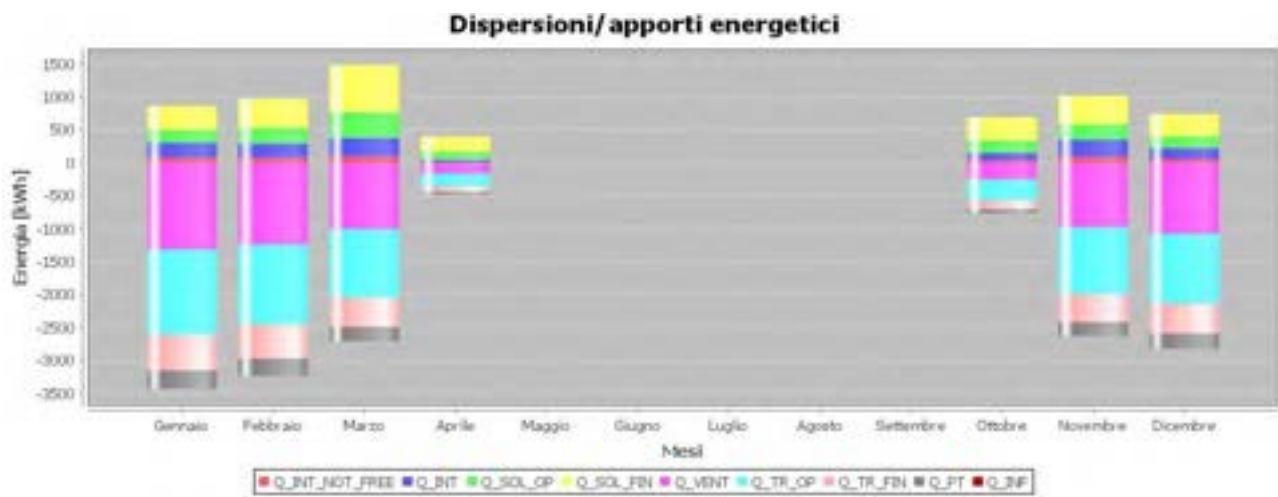


Figura A.7. Bilancio di energia da SEAS - ZT 7

Tabella A.9. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 8

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
8	Gen.	63	0	1122	1165	-4862	-16176	-3214	-1996	0	-21740
	Feb.	67	0	1546	1466	-4578	-15263	-3033	-1880	0	-18956
	Mar.	78	0	2942	2509	-3710	-13181	-2612	-1553	0	-11450
	Apr.	24	0	1141	879	-617	-2461	-486	-268	0	-886
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	43	0	1263	1153	-954	-4019	-792	-422	0	-2277
	Nov.	76	0	1387	1401	-3616	-12760	-2530	-1510	0	-15069
	Dic.	56	0	964	1050	-3977	-13340	-2650	-1636	0	-17647
	TOT.	407	0	10365	9623	-22315	-77200	-15316	-9265	0	-88026



Figura A.8. Bilancio di energia da SEAS - ZT 8

Tabella A.10. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 9

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
9	Gen.	150	310	165	439	-2129	-1704	-833	-457	0	-1624
	Feb.	161	315	202	507	-2004	-1607	-786	-430	0	-1063
	Mar.	255	455	336	772	-1624	-1370	-689	-355	0	-578
	Apr.	13	47	115	217	-270	-250	-131	-61	0	-92
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	64	163	159	327	-418	-405	-217	-96	0	-135
	Nov.	219	406	197	512	-1583	-1328	-665	-346	0	-632
	Dic.	101	236	149	409	-1741	-1403	-683	-375	0	-1275
	TOT.	963	1932	1324	3185	-9769	-8069	-4004	-2121	0	-5398

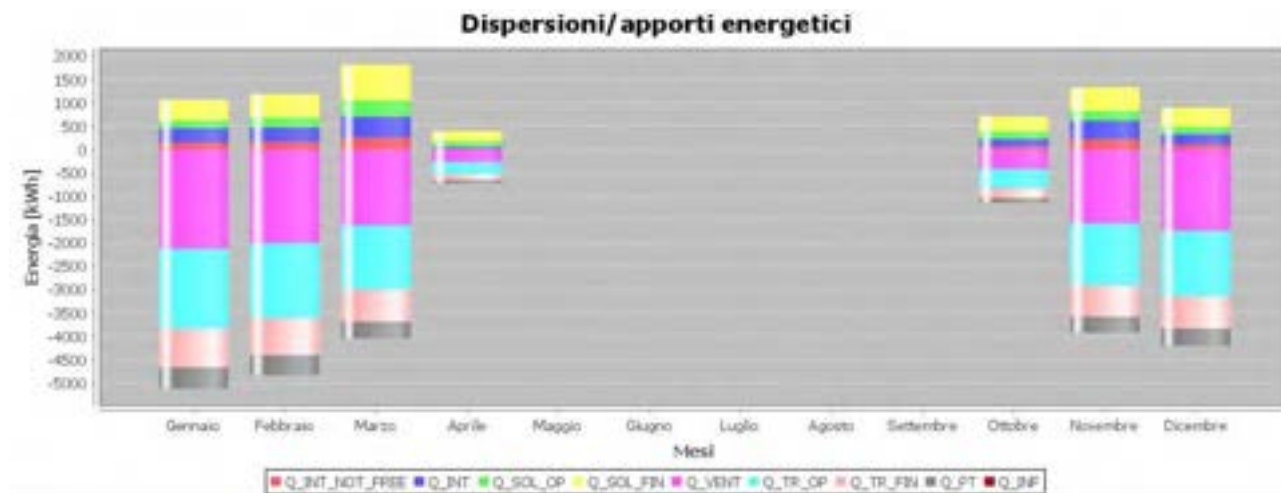


Figura A.9. Bilancio di energia da SEAS - ZT 9

Tabella A.11. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 10

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
10	Gen.	354	605	546	919	-2921	-5908	-1277	-832	0	-4861
	Feb.	384	614	638	1062	-2751	-5571	-1205	-784	0	-3765
	Mar.	579	886	1004	1614	-2229	-4718	-1045	-647	0	-1165
	Apr.	37	92	322	507	-371	-852	-196	-112	0	-172
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	160	318	495	801	-573	-1371	-322	-176	0	-243
	Nov.	505	791	643	1076	-2172	-4576	-1011	-629	0	-1657
	Dic.	246	460	503	844	-2390	-4860	-1054	-682	0	-3866
	TOT.	2267	3765	4151	6823	-13407	-27854	-6111	-3861	0	-15729

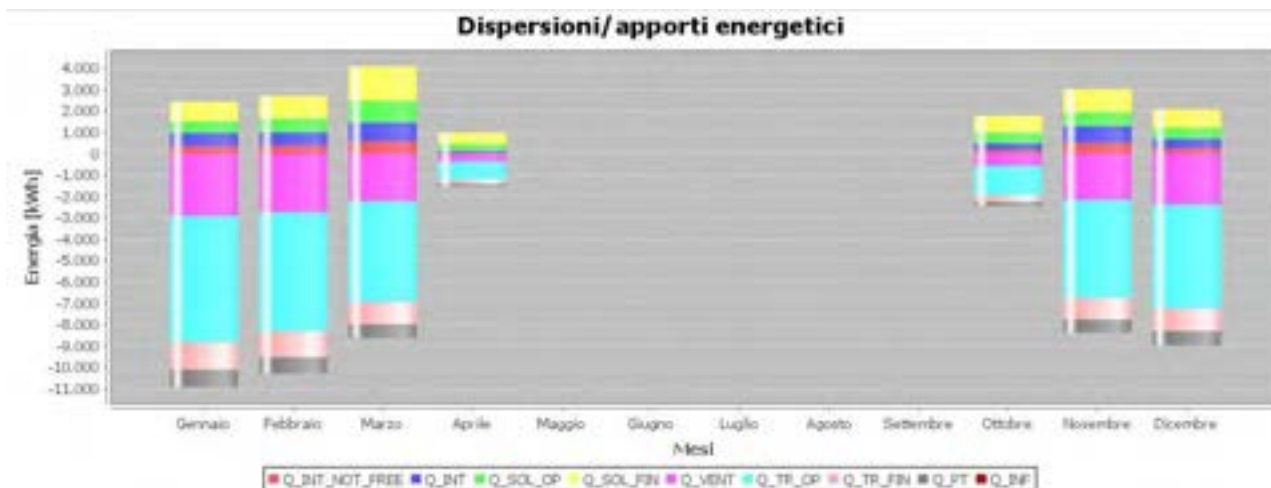


Figura A.10. Bilancio di energia da SEAS - ZT 10

Tabella A.12. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 11

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
11	Gen.	295	170	412	848	-1125	-2995	-1656	-1085	0	-4104
	Feb.	321	172	490	1023	-1059	-2826	-1562	-1022	0	-3362
	Mar.	480	249	790	1623	-858	-2433	-1349	-844	0	-1354
	Apr.	33	26	262	472	-143	-452	-252	-146	0	-108
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	135	89	382	644	-221	-736	-412	-229	0	-185
	Nov.	420	222	487	982	-836	-2356	-1306	-821	0	-2209
	Dic.	207	129	377	796	-920	-2469	-1368	-890	0	-3255
	TOT.	1890	1058	3200	6389	-5162	-14267	-7905	-5037	0	-14578

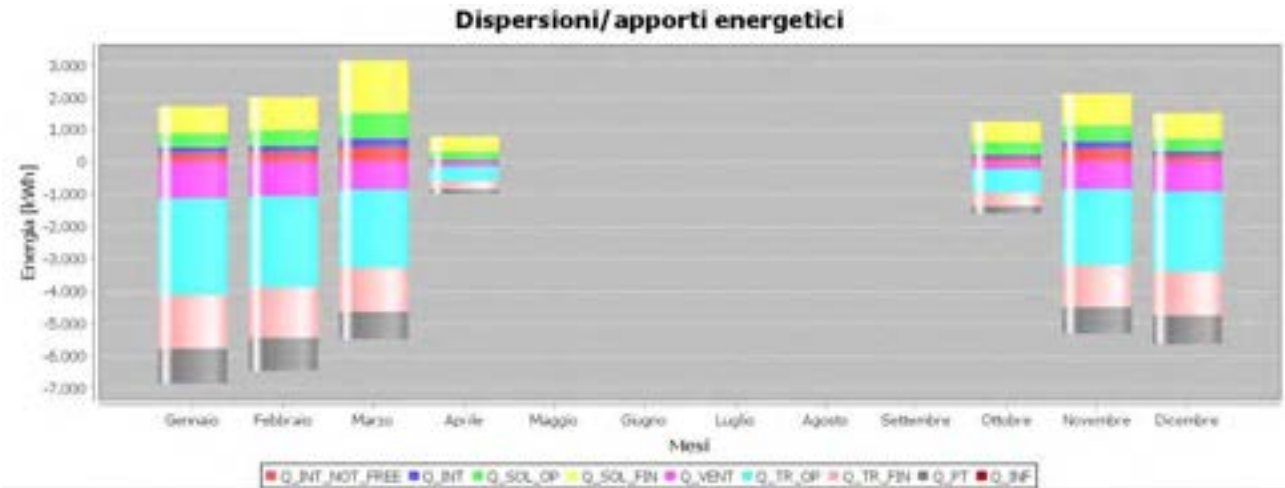


Figura A.11. Bilancio di energia da SEAS - ZT 11

Tabella A.13. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 12

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
12	Gen.	203	27	319	431	-1759	-3300	-109	-351	0	-3335
	Feb.	219	28	352	466	-1656	-3111	-103	-331	0	-2876
	Mar.	344	40	513	650	-1342	-2615	-89	-273	0	-1318
	Apr.	18	4	146	178	-223	-466	-17	-47	0	-136
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	87	14	268	346	-345	-746	-28	-74	0	-133
	Nov.	295	36	369	498	-1308	-2539	-87	-266	0	-1737
	Dic.	137	21	301	405	-1439	-2712	-90	-288	0	-2624
	TOT.	1304	171	2268	2973	-8071	-15489	-523	-1631	0	-12158

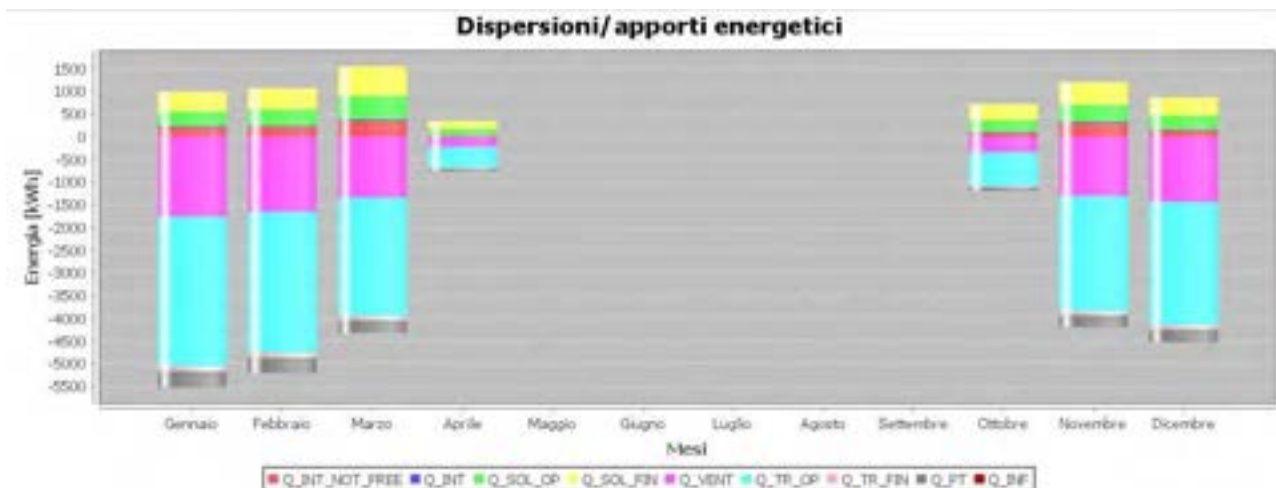


Figura A.12. Bilancio di energia da SEAS - ZT 12

Tabella A.14. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 13

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
13	Gen.	747	2317	422	1083	-9959	-3374	-3993	-2148	0	-5179
	Feb.	801	2351	526	1288	-9377	-3184	-3756	-2024	0	-3928
	Mar.	1272	3396	899	1999	-7600	-2763	-3210	-1671	0	-2564
	Apr.	60	353	324	709	-1264	-520	-599	-288	0	-429
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	315	1218	415	808	-1954	-852	-965	-454	0	-606
	Nov.	1089	3030	505	1227	-7406	-2674	-3119	-1625	0	-2776
	Dic.	499	1761	379	1050	-8146	-2785	-3313	-1761	0	-4413
	TOT.	4782	14425	3470	8163	-45706	-16152	-18955	-9972	0	-19895

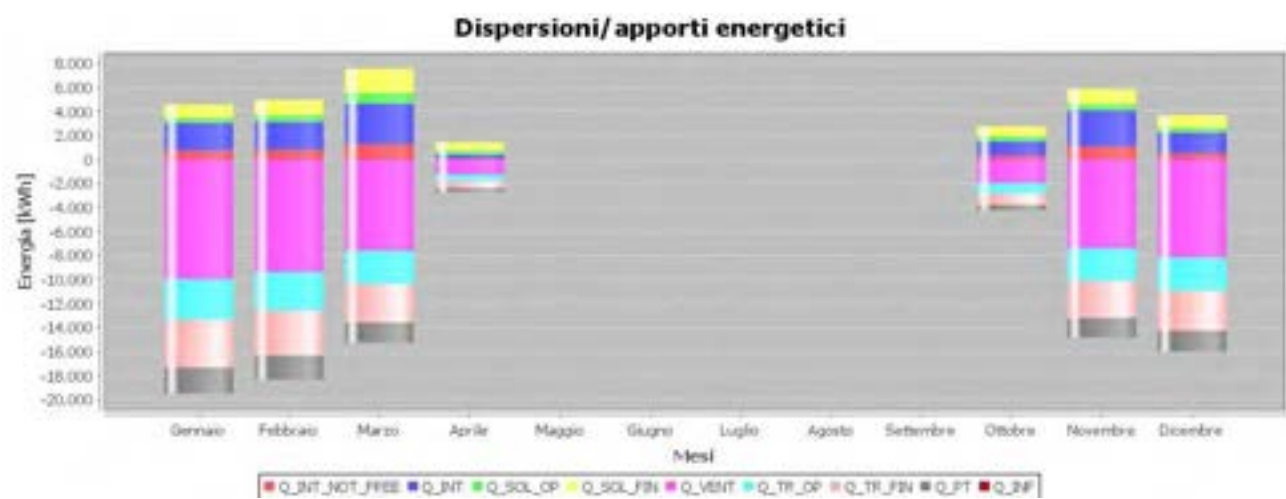


Figura A.13. Bilancio di energia da SEAS - ZT 13

Tabella A.15. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 14

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
14	Gen.	58	13	37	112	-38	-180	-232	-182	0	-338
	Feb.	63	14	45	134	-36	-169	-219	-172	0	-266
	Mar.	94	20	74	208	-29	-147	-187	-142	0	-84
	Apr.	6	2	24	59	-5	-28	-35	-24	0	-7
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	26	7	36	81	-7	-45	-56	-38	0	-10
	Nov.	82	18	44	129	-28	-142	-182	-138	0	-160
	Dic.	40	10	34	107	-31	-148	-192	-149	0	-266
	TOT.	369	83	296	830	-174	-860	-1103	-846	0	-1131

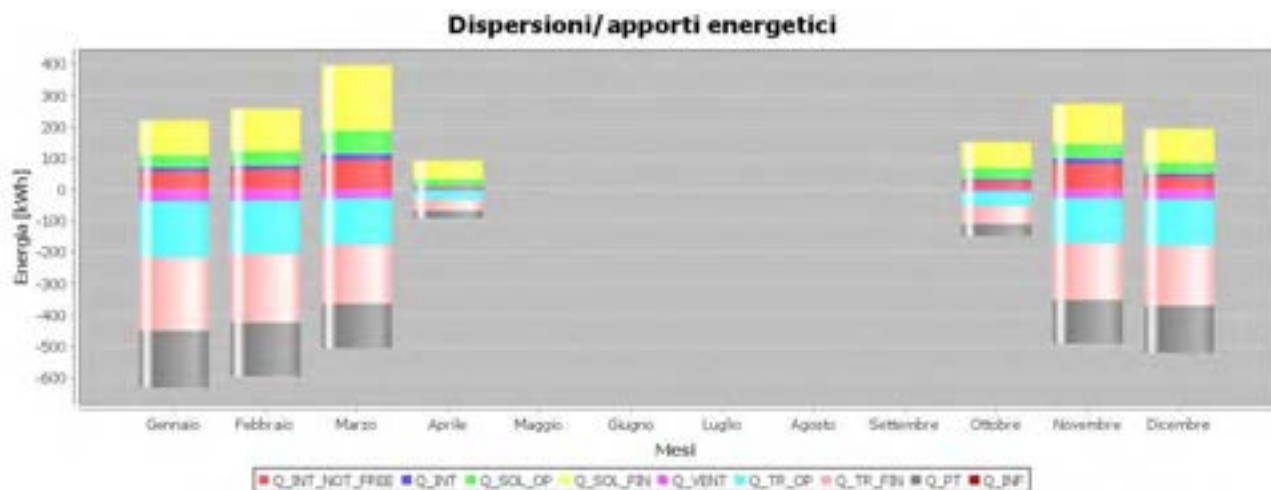


Figura A.14. Bilancio di energia da SEAS - ZT 14

Tabella A.16. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 15

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
15	Gen.	854	3369	1014	2906	-17676	-15317	-7313	-4244	0	-24244
	Feb.	916	3418	1225	3424	-16643	-14442	-6903	-3998	0	-20124
	Mar.	1436	4937	2034	5322	-13488	-12209	-5975	-3301	0	-6169
	Apr.	80	513	705	1662	-2244	-2198	-1117	-569	0	-726
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	369	1770	961	2123	-3467	-3531	-1830	-896	0	-1077
	Nov.	1235	4406	1205	3313	-13144	-11845	-5782	-3211	0	-10912
	Dic.	579	2561	921	2773	-14458	-12596	-6026	-3480	0	-19576
	TOT.	5468	20974	8064	21523	-81120	-72138	-34946	-19699	0	-82829

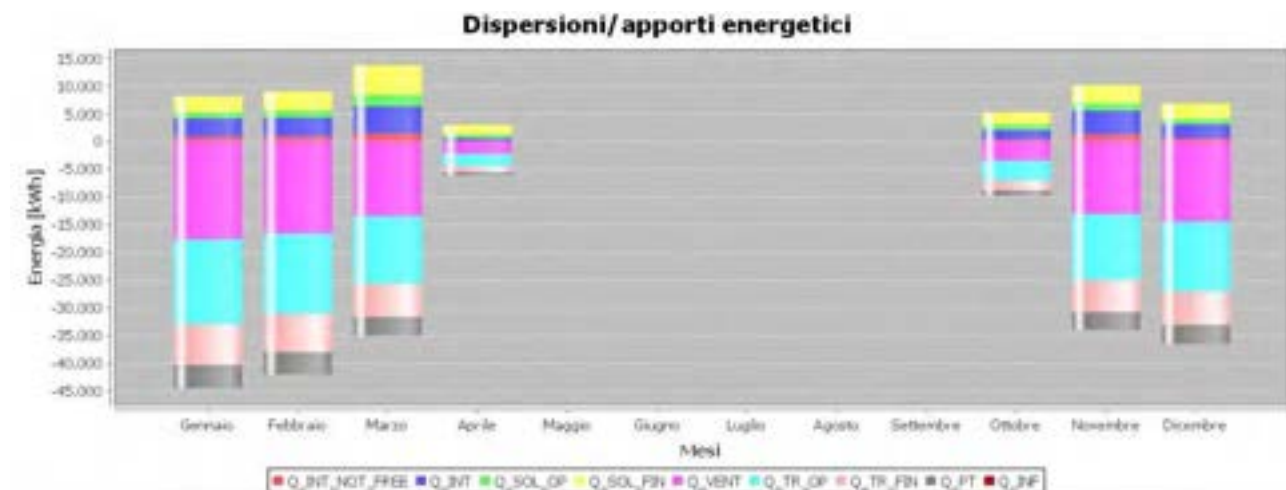


Figura A.15. Bilancio di energia da SEAS - ZT 15

Tabella A.17. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 16

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
16	Gen.	69	0	654	1713	-4355	-13375	-3170	-1901	0	-18553
	Feb.	73	0	867	2052	-4100	-12610	-2991	-1791	0	-16354
	Mar.	85	0	1586	3293	-3323	-10644	-2584	-1479	0	-10088
	Apr.	26	0	598	1071	-553	-1911	-483	-255	0	-883
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	47	0	703	1600	-854	-3066	-789	-402	0	-1743
	Nov.	82	0	799	2033	-3238	-10328	-2502	-1438	0	-12568
	Dic.	60	0	571	1573	-3562	-10997	-2615	-1559	0	-14908
	TOT.	441	0	5779	13335	-19984	-62931	-15133	-8825	0	-75097

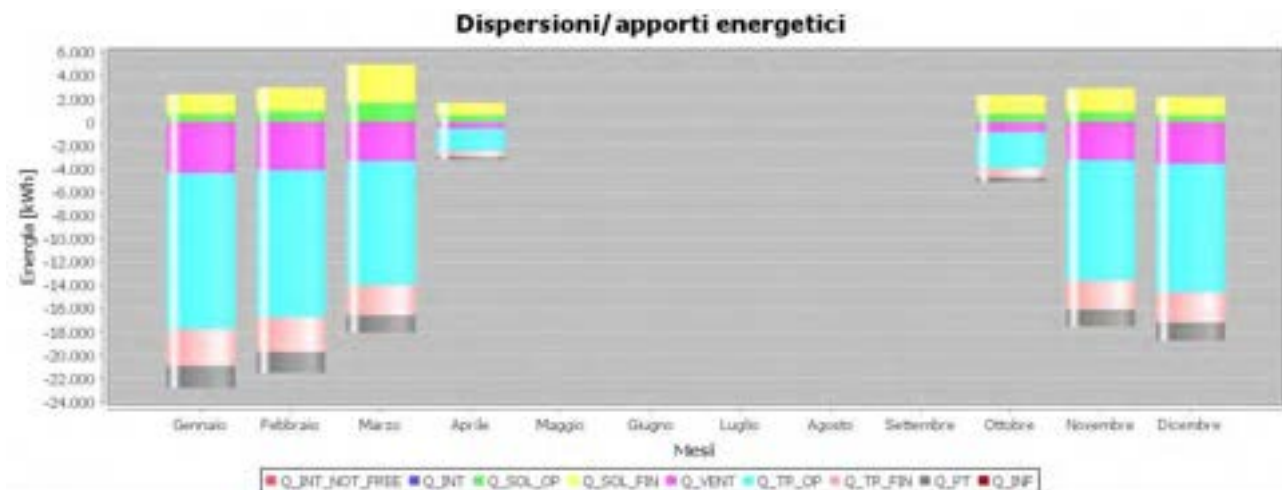


Figura A.16. Bilancio di energia da SEAS - ZT 16

Tabella A.18. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 17

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
17	Gen.	43	0	304	324	-746	-6048	-1206	-977	-3900	-11641
	Feb.	46	0	414	464	-749	-5703	-1138	-920	-3672	-10498
	Mar.	53	0	783	913	-508	-4841	-984	-760	-2976	-7050
	Apr.	16	0	308	373	-98	-878	-184	-131	-495	-720
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	29	0	338	382	-190	-1415	-301	-206	-765	-1630
	Nov.	52	0	376	407	-480	-4695	-952	-739	-2900	-8260
	Dic.	38	0	261	272	-491	-4976	-995	-801	-3190	-9410
	TOT.	277	0	2784	3135	-3263	-28556	-5759	-4535	-17896	-49210

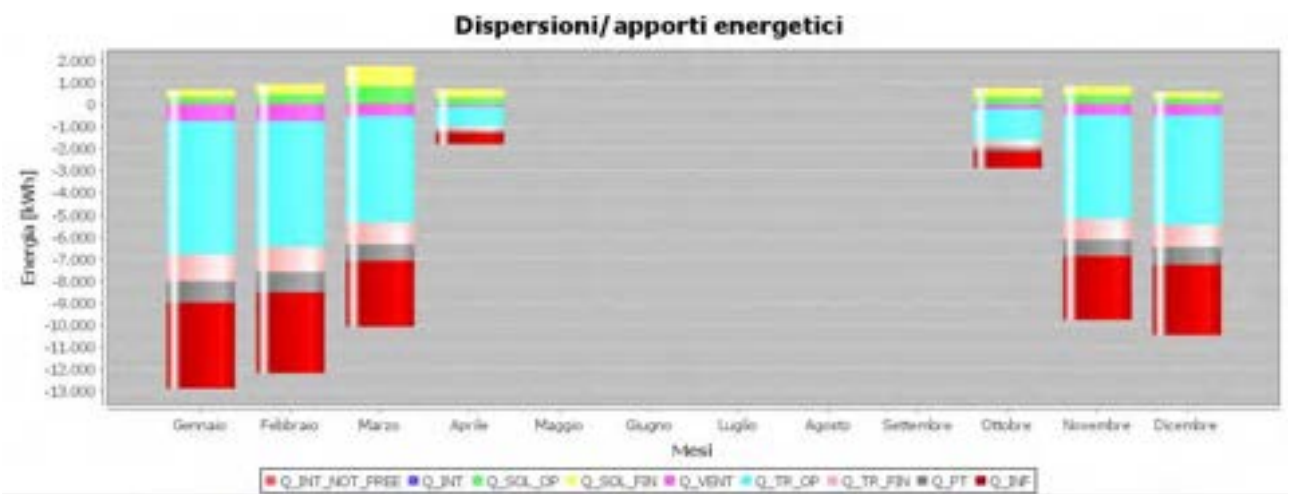


Figura A.17. Bilancio di energia da SEAS - ZT 17

Tabella A.19. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 18

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
18	Gen.	894	833	1133	2173	-10816	-14185	-6379	-3399	0	-21872
	Feb.	967	845	1341	2467	-10184	-13375	-6015	-3202	0	-18655
	Mar.	1473	1221	2146	3487	-8253	-11305	-5197	-2644	0	-8597
	Apr.	93	127	703	1170	-1373	-2035	-977	-456	0	-629
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	401	438	1044	1480	-2122	-3269	-1592	-718	0	-995
	Nov.	1280	1089	1338	2326	-8043	-10968	-5033	-2571	0	-12101
	Dic.	619	633	1039	2205	-8847	-11666	-5275	-2787	0	-17151
	TOT.	5726	5185	8744	15307	-49637	-66802	-30469	-15777	0	-79999

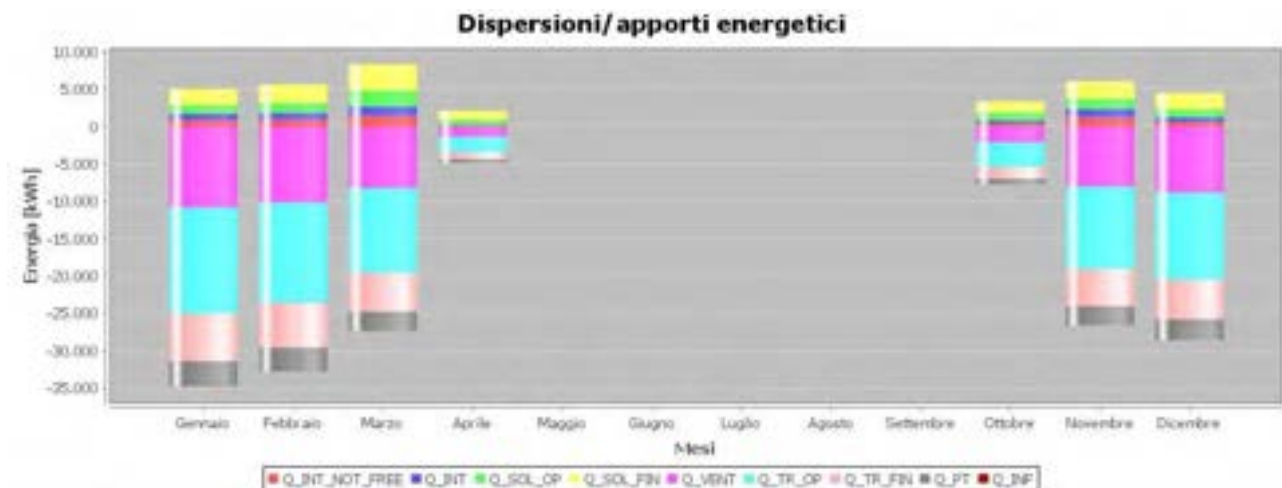


Figura A.18. Bilancio di energia da SEAS - ZT 18

Tabella A.20. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 19

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
19	Gen.	113	322	334	631	-1749	-2547	-1146	-694	0	-2719
	Feb.	121	327	389	673	-1646	-2403	-1079	-653	0	-2195
	Mar.	189	472	611	923	-1334	-2052	-931	-540	0	-617
	Apr.	11	49	194	238	-222	-376	-175	-93	0	-95
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	49	169	302	409	-343	-609	-284	-146	0	-134
	Nov.	163	421	392	695	-1300	-1989	-902	-525	0	-1045
	Dic.	77	245	309	624	-1430	-2098	-949	-569	0	-2033
	TOT.	723	2004	2531	4193	-8025	-12074	-5465	-3220	0	-8838

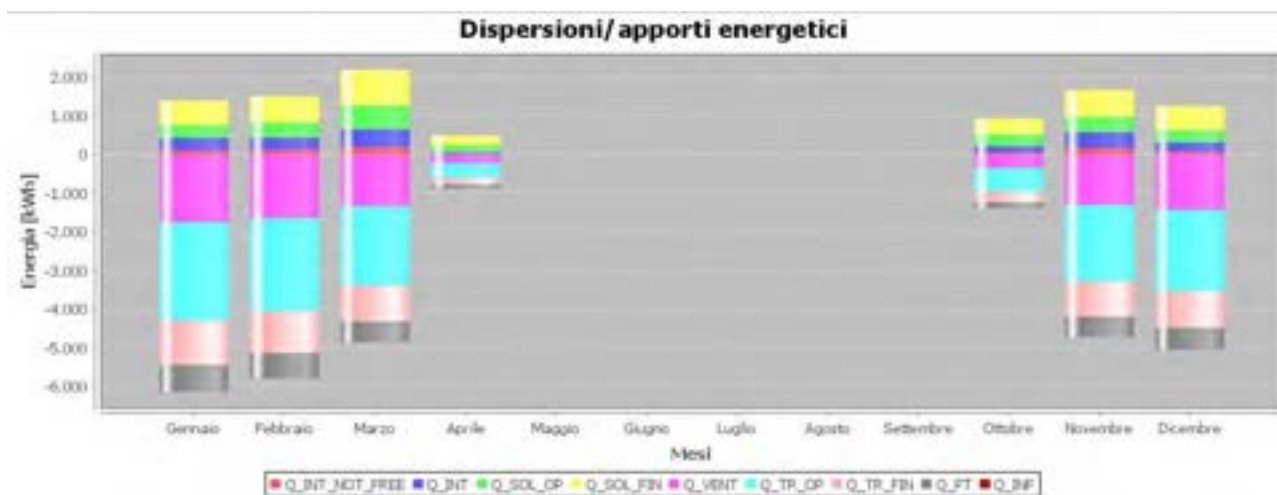


Figura A.19. Bilancio di energia da SEAS - ZT 19

Tabella A.21. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - ZT 20

Zona termica	Mese	Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
20	Gen.	97	104	118	199	-894	-2180	-358	-332	0	-2373
	Feb.	105	106	153	250	-842	-2055	-337	-313	0	-1944
	Mar.	158	153	268	403	-682	-1727	-291	-258	0	-710
	Apr.	10	16	94	139	-114	-308	-55	-45	0	-61
	Mag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Giu.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ago.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ott.	44	55	123	162	-175	-492	-89	-70	0	-101
	Nov.	138	136	143	227	-665	-1676	-282	-251	0	-1259
	Dic.	67	79	105	191	-731	-1791	-296	-272	0	-1907
	TOT.	619	648	1004	1570	-4104	-10228	-1706	-1540	0	-8354

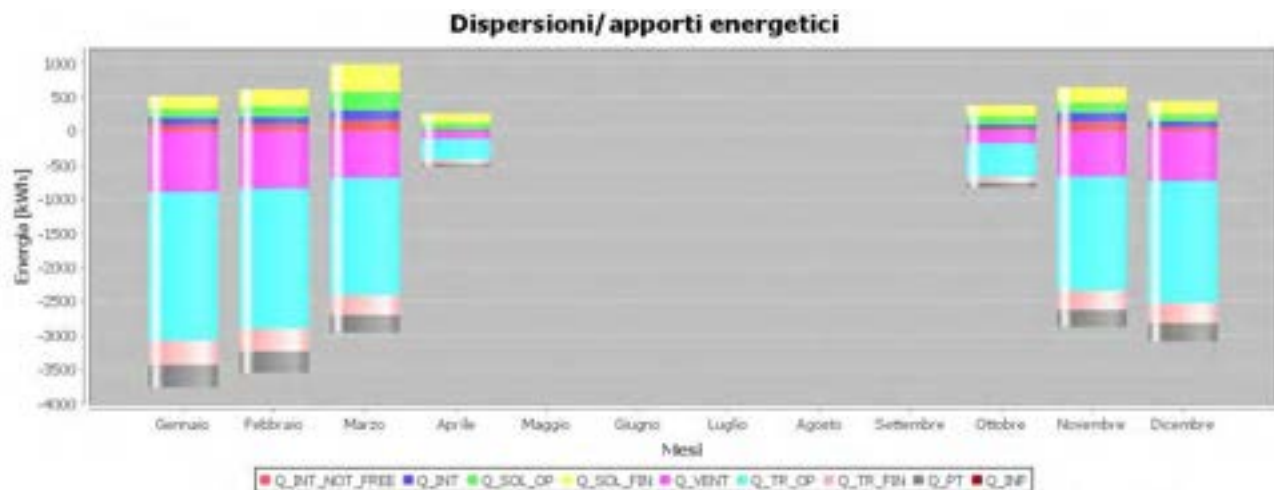


Figura A.20. Bilancio di energia da SEAS - ZT 20

I termini del bilancio di energia per l'intero edificio sono riportati in Tabella A.22.

Tabella A.22. Fabbisogno netto di riscaldamento da SEAS - Edificio

Carichi interni non gratuiti	Carichi interni persone	Apporti solari pareti	Apporti solari finestre	Perdite di ventilazione	Perdite di trasmissione pareti	Perdite di trasmissione finestre	Perdite ponti termici	Perdite per infiltrazioni	Fabbisogno netto di riscaldamento
[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
40861	59337	77101	121602	-330517	-556136	-187564	-109144	-79571	-637517

È stato effettuato un confronto fra i valori di fabbisogno netto calcolati attraverso i due strumenti di calcolo, illustrato in Tabella A.23.

Tabella A.23. Confronto fabbisogno netto di riscaldamento Excel (UNI/TS 11300) - SEAS

Strumento di calcolo utilizzato	Fabbisogno netto di riscaldamento	Scarto percentuale
[-]	[kWh]	[kWh]
Fogli di calcolo Excel (UNI/TS 11300)	538582	-15,52%
SEAS 3.0	637517	

Il fabbisogno calcolato mediante i fogli di calcolo Excel risulta minore rispetto al fabbisogno calcolato mediante SEAS 3.0; è stato effettuato un confronto fra il peso di ciascun termine del bilancio di energia, mostrato in Tabella A.24.

Tabella A.24. Confronto fra la percentuale dei termini di bilancio di energia (sul totale delle perdite o degli apporti) - Excel 11300 - SEAS

Termine del bilancio di energia	Strumento di calcolo utilizzato	Percentuale di incidenza (sul totale delle perdite o degli apporti)
[-]	[-]	[%]
Perdite di trasmissione	Fogli di calcolo Excel (UNI/TS 11300)	66,93%
	SEAS 3.0	67,53%
Perdite di ventilazione	Fogli di calcolo Excel (UNI/TS 11300)	33,07%
	SEAS 3.0	32,47%
Apporti interni	Fogli di calcolo Excel (UNI/TS 11300)	56,86%
	SEAS 3.0	33,52%
Apporti solari	Fogli di calcolo Excel (UNI/TS 11300)	43,14%
	SEAS 3.0	66,48%

Le differenze maggiori si notano nelle percentuali di incidenza per gli apporti interni e solari sul totale degli apporti. È stato quindi analizzando lo scarto percentuale per il totale delle perdite e degli apporti calcolati mediante i due strumenti di calcolo, come mostrato in Tabella A.25.

Tabella A.25. Confronto fra i termini del bilancio di energia Excel 11300 - SEAS

Termini del bilancio di energia	Strumento di calcolo utilizzato	Valore	Scarto percentuale
[-]	[-]	[kWh]	[%]
Perdite (trasmissione e ventilazione)	Fogli di calcolo Excel (UNI/TS 11300)	1360493	7,72%
	SEAS 3.0	1262932	
Apporti (interni e solari)	Fogli di calcolo Excel (UNI/TS 11300)	377980	26,46%
	SEAS 3.0	298900	

Dal confronto risulta che lo scarto relativo agli apporti è maggiore rispetto allo scarto relativo alle perdite; pertanto il fabbisogno netto derivante dal calcolo mediante i fogli Excel risulta inferiore.

Per la modellazione dell'impianto e il calcolo del fabbisogno di energia in ingresso al generatore nel software SEAS si è proceduto secondo quanto previsto dal Manuale di utilizzo [37].

Il software consente di effettuare diagnosi con approccio multi-zona. All'involucro relativo alla singola zona simulata può essere associato un impianto centralizzato che serve altre zone simulate nella stessa diagnosi, come nel caso in esame. I valori millesimali di energia inseriti per gli usi di riscaldamento, produzione ACS, aria primaria, cottura e elettricità, destinata alla zona in esame, saranno diversi da mille.

Nel caso di impianto multi-zona, è possibile utilizzare più metodi per il calcolo dei millesimi. Può ad esempio essere effettuata una ripartizione in base alla superficie o alla potenza installata, oppure in base i risultati parziali dell'audit, nel caso in cui tutte le zone servite dall'impianto siano simulate. Sono state compilate tutte le schede dell'involucro per tutte le zone e anche le prime schede ("Emissione" e "Regolazione") della macro-area relativa all'impianto, utilizzando i dati di input descritti precedentemente nel Paragrafo 4.2.9.

Nella parte destra della schermata della scheda "Regolazione" è stata utilizzata la tabella "Energie in entrata al sottosistema di regolazione" per ricavare le energie in ingresso al sottosistema di regolazione per ogni zona e, dalla somma delle stesse, quella totale dell'intero edificio; calcolando il fabbisogno della singola zona rispetto al fabbisogno totale sono stati ricavati i millesimi relativi a ciascuna zona che sono stati utilizzati come dato di input, illustrati in Tabella A.26.

Tabella A.26. Millesimi di riscaldamento (da energia in ingresso al sistema di regolazione) SEAS

Zona termica	Millesimi di riscaldamento
[-]	[‰]
1	77,03
2	54,60
3	6,49
4	26,48
5	95,79
6	9,42
7	7,60
8	138,57
9	8,51
10	24,95

Zona termica	Millesimi di riscaldamento
[-]	[‰]
11	22,87
12	19,29
13	31,15
14	1,77
15	129,69
16	116,83
17	76,80
18	125,25
19	13,84
20	13,08

Nel caso in esame, data la contemporanea presenza di ventilazione meccanica e impianto di riscaldamento nella zona termica 4, l'inserimento dei dati di input relativi al sistema di distribuzione e generazione è stato effettuato in tale zona. È stato effettuato infine il confronto del fabbisogno in ingresso al sistema di generazione calcolato mediante i due strumenti di calcolo utilizzati (Tabella A.27).

Tabella A.27. Confronto fabbisogno di riscaldamento in ingresso al sistema di generazione Excel (UNI/TS 11300) - SEAS

Strumento di calcolo utilizzato	Fabbisogno netto di riscaldamento	Scarto percentuale
[-]	[kWh]	[kWh]
Fogli di calcolo Excel (UNI/TS 11300)	671569	-12,79%
SEAS 3.0	770072	

Dal confronto effettuato emerge che riveste una notevole importanza la sequenza di imputazione dei dati di ingresso per il calcolo mediante SEAS; è fondamentale verificare che il software recepisca correttamente i dati inseriti in un secondo momento o modificati in seguito a correzioni, conseguenti al reperimento di informazioni più precise e dettagliate.

Allegato A. Relazione tecnica, Provincia di Torino



Servizio Energetico
Negli Edifici di Proprietà e Competenza della
Provincia di Torino

Periodo 2009 – 2014

Certificazione energetica e proposte di riqualificazione

QH001 – PROVINCIA DI TORINO

155 – I.T.I.S. PEANO + I.P.I.A. ZERBONI
Corso Venezia, 29
Torino

RELAZIONE DESCRITTIVA

Segue la descrizione dello stato di fatto e degli interventi di riqualificazione proposti da GUERRATO S.p.A. in merito all'edificio I.T.I.S. Peano + I.P.I.A. Zerboni sito in Corso Venezia, 29 a Torino facente parte del patrimonio della provincia di Torino.

La presente relazione contiene al suo interno i seguenti elementi:

Analisi dello stato di fatto.

- Edile
- Impianto termico

Individuazione di soluzioni migliorative per il raggiungimento degli obiettivi di risparmio energetico.

- Miglioramento del rendimento di produzione
- Miglioramento del comfort ambientale
- Riduzione del fabbisogno di energia utile dell'involucro

ANALISI DELLO STATO DI FATTO

La struttura di pertinenza della provincia di Torino è l'edificio dedicato all' I.T.I.S. Peano + I.P.I.A. Zerboni sito in Corso Venezia, 29 a Torino.



Aerofoto dell'edificio

La struttura è stata realizzata negli anni Quaranta del secolo scorso, ad eccezione della palestra, chiaramente costruita in tempi molto più recenti.

La struttura è disposta su due volumi: il primo, leggermente a U ospita la scuola, dedicato, il secondo, di forma parallelepipedica, la palestra.

INDIVIDUAZIONE DI SOLUZIONI MIGLIORATIVE

In seguito ai calcoli effettuati per definire il fabbisogno di energia primaria del complesso scolastico, questo è risultato appartenere alla **Classe Energetica C**.

L'operazione di analisi e diagnosi energetica suggerisce la valutazione delle possibili azioni migliorative dell'efficienza energetica del sistema edificio-impianto di seguito elencate:

➤ MIGLIORAMENTO DEL RENDIMENTO DI PRODUZIONE

Installazione di un dispositivo per il funzionamento a sequenza dei generatori;

➤ MIGLIORAMENTO DEL COMFORT AMBIENTALE

Installazione di valvole termostatiche sui radiatori.

➤ RIDUZIONE DEL FABBISOGNO DI ENERGIA UTILE DELL'INVOLUCRO

Sostituzione dei serramenti, estremamente ammalorati e di tipologia superata con nuovi serramenti in alluminio a taglio termico e vetrocamera;

Isolamento dell'ultimo solaio.

➤ EDILE

La struttura è disposta su due volumi: il primo, leggermente a U ospita la scuola, il secondo, di forma parallelepipedica, la palestra. La scuola è composta da quattro piani fuori terra e uno parzialmente interrato; la palestra da un unico piano parzialmente interrato.

Le strutture opache orizzontali sono i pavimenti del piano seminterrato e della palestra, che confinano con il terreno, il pavimento del piano terra, che dà in parte su locali non riscaldati, la copertura della palestra, di tipo a sandwich, che dà sull'esterno e il solaio laterocementizio dell'ultimo piano della scuola, non coibentato, che dà sul sottotetto non riscaldato.

Le strutture opache verticali sono essenzialmente le pareti perimetrali, presumibilmente in laterizi pieni a doppia fascia nell'edificio scolastico, e in termo laterizio nella palestra.

I serramenti dell'edificio scolastico sono di forma rettangolare e dimensioni molto simili. Per la maggior parte sono con telaio in legno e vetro semplice, in pessimo stato. Solo nella palestra vi sono serramenti con telaio metallico senza taglio termico e vetrocamera.

Complessivamente, le prestazioni energetiche dell'edificio sono da considerarsi molto al di sotto della norma

➤ IMPIANTO TERMICO

L'impianto di produzione di calore a servizio dell'edificio è costituito da due generatori pressurizzati a gas metano per una potenza complessiva installata di 1.860 kW. I generatori sono completi di tutti gli organi di sicurezza previsti.

La centrale termica è collocata all'interno della volumetria dell'edificio servito, al piano seminterrato in apposito locale compartimentato rispetto agli altri e con ingresso dall'esterno mediante una porta ad uso esclusivo.

E' presente un sistema di tele gestione dell'impianto.

I terminali di erogazione all'interno dell'edificio sono costituiti quasi esclusivamente da radiatori a colonne in acciaio sprovvisti di valvole termostatiche. La sola eccezione è costituita dalla palestra, riscaldata con una UTA provvista di recuperatore di calore.

I radiatori sono collocati per la maggior parte sulle pareti esterne non isolate.

EC601 - [155 ITIS Peano + IPIA Zerboni]

Mod.1

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13788 - UNI 10351 - UNI 10355

Tipo di struttura: **Parete perimetrale scuola**

Codice struttura

M1

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	ρ [kg/m³]	$\delta a \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	$\delta u \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Malta di calce o di calce e cemento	10	0,900	90.000	1800	7,407	7,407	0,011
2	Mattone pieno	120	0,800	6,667	1800	22,222	22,222	0,150
3	Aria non ventilata (fi. orizz.)	250	1,389	5,556	0	5000,000	5000,000	0,180
4	Mattone pieno	120	0,800	6,667	1800	22,222	22,222	0,150

Spessore totale [mm]

500

Conduttanza unitaria
superficiale interna

7,692

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,130

Massa superficiale [kg/m²]

450

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

11,660

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,086

Trasmittanza periodica [W/m²K]

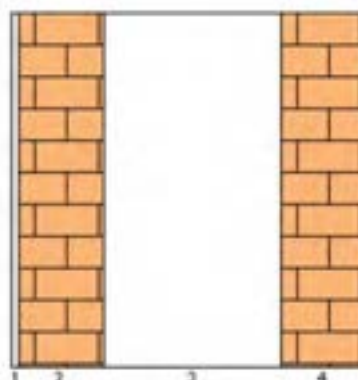
0,428

TRASMITTANZA
TOTALE [W/m²K]

1,415

RESISTENZA TERMICA
TOTALE [m²K/W]

0,707



VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1519	0,4	516
Estate (luglio)	23,3	1858	23,3	1837

- ☐ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a _____ [Pa]
- ☒ La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a 42 [g/m²]
Tale quantità può evaporare durante la stagione estiva.
- ☐ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a _____ [Pa]

Simbologia

s Spessore dello strato
 λ Conduttività
C Conduttanza
 ρ Massa volumica

δa Permeabilità al vapore nell'intervallo 0-50%
 δu Permeabilità al vapore nell'intervallo 50-95%
R Resistenza termica dello strato

Ti Temperatura interna
Te Temperatura esterna
Pi Pressione parziale interna
Pe Pressione parziale esterna

EC601 - [155 ITIS Peano + IPIA Zerboni]

Mod.1

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13788 - UNI 10351 - UNI 10355

Tipo di struttura: **Parete non scambiante**

Codice struttura

M2

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	ρ [kg/m³]	$\delta a \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	$\delta u \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Malta di calce o di calce e cemento	10	0,900	90,000	1800	7,407	7,407	0,011
2	Mattone pieno	120	0,800	6,667	1800	22,222	22,222	0,150
3	Aria non ventilata (8 orizz.)	250	1,389	5,556	0	5000,000	5000,000	0,180
4	Mattone pieno	120	0,800	6,667	1800	22,222	22,222	0,150

Spessore totale [mm]

500

Conduttanza unitaria
superficiale interna

7,692

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,130

Massa superficiale [kg/m²]

450

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

7,692

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,130

Trasmittanza periodica [W/m²K]

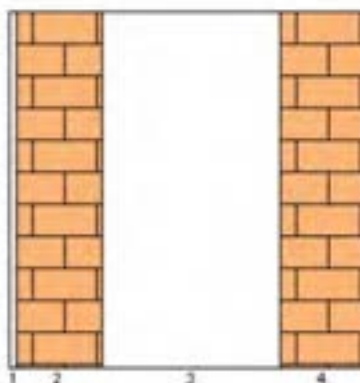
0,348

TRASMITTANZA
TOTALE [W/m²K]

1,331

RESISTENZA TERMICA
TOTALE [m²K/W]

0,751



VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1519	20,0	516
Estiva (luglio)	23,3	1858	23,3	1837

- ☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 665 [Pa]
- ☐ La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a _____ [g/m²]
Tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- ☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 818 [Pa]

Simbologia

s Spessore dello strato
 λ Conduttività
C Conduttanza
 ρ Massa volumica

δa Permeabilità al vapore nell'intervallo 0-50%
 δu Permeabilità al vapore nell'intervallo 50-95%
R Resistenza termica dello strato

Ti Temperatura interna
Te Temperatura esterna
Pi Pressione parziale interna
Pe Pressione parziale esterna

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.

secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13788 - UNI 10351 - UNI 10355

Tipo di struttura: **Parete perimetrale palestra**

Codice struttura

M3

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m ² K]	ρ [kg/m ³]	$\delta a \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	$\delta u \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	R [m ² K/W]
1	Malta di calce o di calce e cemento	10	0,900	90,000	1800	7,407	7,407	0,011
2	Muratura in laterizio alveolato (pareti esterne)	120	0,430	3,583	870	40,000	40,000	0,279
3	Aria non ventilata (fl.ortz.)	50	0,278	5,556	0	1000,000	1000,000	0,180
4	Muratura in laterizio alveolato (pareti esterne)	120	0,430	3,583	870	40,000	40,000	0,279

Spessore totale [mm]

300

Conduttanza unitaria
superficiale interna

7,692

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,130

Massa superficiale [kg/m²]

227

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

11,660

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,086

Trasmittanza periodica [W/m²K]

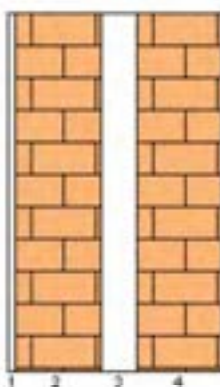
0,524

TRASMITTANZA
TOTALE [W/m²K]

1,836

RESISTENZA TERMICA
TOTALE [m²K/W]

0,965



VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1519	0,4	516
Estiva (luglio)	23,3	1858	23,3	1837

- ☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 50 [Pa]
- ☐ La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a _____ [g/m²]
Tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- ☐ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a _____ [Pa]

Simbologia

s Spessore dello strato
 λ Conduttività
C Conduttanza
 ρ Massa volumica

δa Permeabilità al vapore nell'intervallo 0-50%
 δu Permeabilità al vapore nell'intervallo 50-95%
R Resistenza termica dello strato

Ti Temperatura interna
Te Temperatura esterna
Pi Pressione parziale interna
Pe Pressione parziale esterna

Codice struttura[illegible]

260

7.692

0.130

463

11.660

© 086

0.623

1828

6.47



Condizioni al contomo

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20.0	1412	0.4	516
Estate (luglio)	23.3	1858	23.3	1837

- ☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 0 [Pa]
- ☐ La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a _____ [g/m²]
Tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- ☐ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a _____ [Pa]

s	Spessore dello strato
λ	Conduttività
C	Conduttanza
ρ	Massa volumica

δa	Permeabilità al vapore nell'intervallo 0-50%
δu	Permeabilità al vapore nell'intervallo 50-95%
R	Resistenza termica dello strato

Ti	Temperatura interna
Te	Temperatura esterna
Pi	Pressione parziale interna
Pe	Pressione parziale esterna

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13788 - UNI 10351 - UNI 10355

Tipo di struttura: **Casaleotto**

Codice struttura

M5

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	ρ [kg/m³]	$\delta a \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	$\delta u \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Acciaio	2	52,00	26000	7800	0,000	0,000	0,000
2	Aria non ventilata (fil. orizz.)	250	1,389	5,556	0	5000,000	5000,000	0,180
3	Mattone pieno	250	0,781	3,124	1800	22,222	22,222	0,320

Spessore totale [mm]

502

Conduttanza unitaria
superficiale interna

7,692

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,130

Massa superficiale [kg/m²]

466

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

11,660

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,085

Trasmittanza periodica [W/m²K]

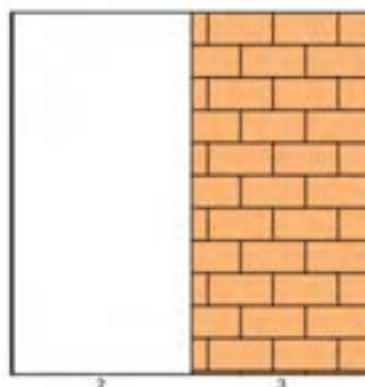
0,373

**TRASMITTANZA
TOTALE [W/m²K]**

1,397

**RESISTENZA TERMICA
TOTALE [m²K/W]**

0,716



VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1519	0,4	516
Estate (luglio)	23,3	1858	23,3	1837

- ☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a **58 [Pa]**
- ☐ La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a _____ [g/m²]
Tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- ☐ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a _____ [Pa]

Simbologia

s Spessore dello strato
 λ Conduttività
C Conduttanza
 ρ Massa volumica

δa Permeabilità al vapore nell'intervallo 0-50%
 δu Permeabilità al vapore nell'intervallo 50-95%
R Resistenza termica dello strato

Ti Temperatura interna
Te Temperatura esterna
Pi Pressione parziale interna
Pe Pressione parziale esterna

EC601 - [155 ITIS Peano + IPIA Zerboni]

Mod. 1

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13788 - UNI 10351 - UNI 10355

Tipo di struttura: **Parete esterna 12**

Codice struttura

M6

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	ρ [kg/m³]	$\delta a \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	$\delta u \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Malta di calce o di calce e cemento	10	0,900	90,000	1800	7,407	7,407	0,011
2	Mattone forato	100	0,370	3,700	780	22,222	22,222	0,270
3	Malta di calce o di calce e cemento	10	0,900	90,000	1800	7,407	7,407	0,011

Spessore totale [mm]

120

Conduttanza unitaria
superficiale interna

7,692

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,130

Massa superficiale [kg/m²]

114

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

11,660

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,086

Trasmittanza periodica [W/m²K]

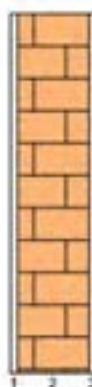
1,754

TRASMITTANZA
TOTALE [W/m²K]

1,968

RESISTENZA TERMICA
TOTALE [m²K/W]

0,508



VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1364	0,4	516
Estate (luglio)	23,3	1858	23,3	1837

- ☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 0 [Pa]
- ☐ La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a _____ [g/m²]
Tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- ☐ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a _____ [Pa]

Simbologia

s Spessore dello strato
 λ Conduttività
C Conduttanza
 ρ Massa volumica

δa Permeabilità al vapore nell'intervallo 0-50%
 δu Permeabilità al vapore nell'intervallo 50-95%
R Resistenza termica dello strato

Ti Temperatura interna
Te Temperatura esterna
Pi Pressione parziale interna
Pe Pressione parziale esterna

EC601 - [155 ITIS Peano + IPIA Zerboni]

Mod.1

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13788 - UNI 10351 - UNI 10355

Tipo di struttura: **Parete interrata**

Codice struttura

M7

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	ρ [kg/m³]	$\delta a \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	$\delta u \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Malta di calce o di calce e cemento	10	0,900	90,000	1800	7,407	7,407	0,011
2	C.i.s. di sabbia e ghiaia pareti esterne	490	1,670	3,408	2200	2,000	3,333	0,293

Spessore totale [mm]

500

Conduttanza unitaria
superficiale interna

7,692

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,130

Massa superficiale [kg/m²]

1096

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

11,660

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,086

Trasmittanza periodica [W/m²K]

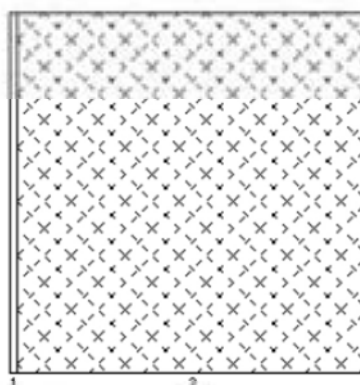
0,196

TRASMITTANZA
TOTALE [W/m²K]

1,922

RESISTENZA TERMICA
TOTALE [m²K/W]

0,520



VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1380	0,4	516
Estate (luglio)	23,3	1858	23,3	1837

- ☐ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a _____ [Pa]
- ☒ La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a 156 [g/m²]
Tale quantità può evaporare durante la stagione estiva.
- ☐ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a _____ [Pa]

Simbologia

s Spessore dello strato
 λ Conduttività
C Conduttanza
 ρ Massa volumica

δa Permeabilità al vapore nell'intervallo 0-50%
 δu Permeabilità al vapore nell'intervallo 50-95%
R Resistenza termica dello strato

Ti Temperatura interna
Te Temperatura esterna
Pi Pressione parziale interna
Pe Pressione parziale esterna

EC601 - [155 ITIS Peano + IPIA Zerboni]

Mod.1

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.

secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13788 - UNI 10351 - UNI 10355

Tipo di struttura: **Solaio interpiano**

Codice struttura

P1

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'alto verso il basso)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	ρ [kg/m³]	$\delta a \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	$\delta u \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Piastrelle in ceramica	10	1,000	100	2300	1,000	1,000	0,010
2	Sottotondo di cemento magro	40	0,900	22,500	1800	6,667	6,667	0,044
3	C.i.s. di sabbia e ghiaia pareti esterne	60	1,310	21,833	2000	2,000	3,333	0,046
4	Blocco da solaio	260	0,743	2,858	1185	22,222	22,222	0,350
5	Malta di calce o di calce e cemento	10	0,900	90,000	1800	7,407	7,407	0,011

Spessore totale [mm]

380

Conduttanza unitaria
superficiale interna

5,882

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,170

Massa superficiale [kg/m²]

541

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

5,882

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,170

Trasmittanza periodica [W/m²K]

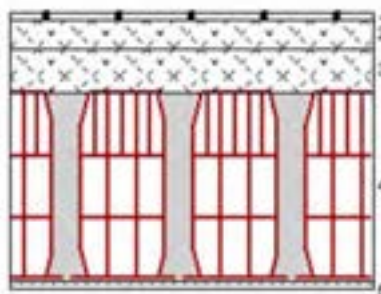
0,205

TRASMITTANZA
TOTALE [W/m²K]

1,248

RESISTENZA TERMICA
TOTALE [m²K/W]

0,801



VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1519	20,0	516
Estate (luglio)	23,3	1858	23,3	1837

- ☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 665 [Pa]
- ☐ La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a _____ [g/m²]
Tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- ☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 818 [Pa]

Simbologia

s Spessore dello strato
 λ Conduttività
C Conduttanza
 ρ Massa volumica

δa Permeabilità al vapore nell'intervallo 0-50%
 δu Permeabilità al vapore nell'intervallo 50-95%
R Resistenza termica dello strato

Ti Temperatura interna
Te Temperatura esterna
Pi Pressione parziale interna
Pe Pressione parziale esterna

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.

secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13788 - UNI 10351 - UNI 10355

Tipo di struttura: **Solaio su cantina**

Codice struttura

P1

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'alto verso il basso)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m ² K]	ρ [kg/m ³]	$\delta a \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	$\delta u \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	R [m ² K/W]
1	Piastrelle in ceramica	10	1,000	100	2300	1,000	1,000	0,010
2	Sottofondo di cemento magro	40	0,900	22,500	1800	6,667	6,667	0,044
3	C.I.S. di sabbia e ghiaia pareti esterne	60	1,310	21,833	2000	2,000	3,333	0,046
4	Blocco da solaio	260	0,743	2,858	1185	22,222	22,222	0,350
5	Malta di calce o di calce e cemento	10	0,900	90,000	1800	7,407	7,407	0,011

Spessore totale [mm]

380

Conduttanza unitaria
superficiale interna

5,882

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,170

Massa superficiale [kg/m²]

541

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

5,882

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,170

Trasmittanza periodica [W/m²K]

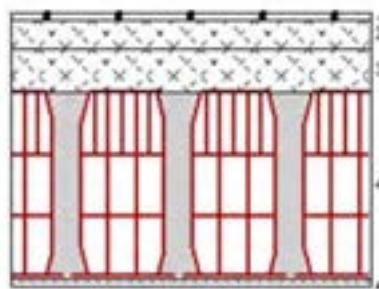
0,205

**TRASMITTANZA
TOTALE [W/m²K]**

1,245

**RESISTENZA TERMICA
TOTALE [m²K/W]**

6,801



VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1519	4,3	516
Estiva (luglio)	23,3	1858	23,3	1837

- ☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 289 [Pa]
- ☐ La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a _____ [g/m²]
Tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- ☐ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a _____ [Pa]

Simbologia

s Spessore dello strato
 λ Conduttività
C Conduttanza
 ρ Massa volumica

δa Permeabilità al vapore nell'intervallo 0-50%
 δu Permeabilità al vapore nell'intervallo 50-95%
R Resistenza termica dello strato

Ti Temperatura interna
Te Temperatura esterna
Pi Pressione parziale interna
Pe Pressione parziale esterna

EC601 - [155 ITIS Peano + IPIA Zerboni]

Mod.1

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.

secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6945 - UNI EN ISO 13788 - UNI 10351 - UNI 10355

Tipo di struttura: **Pavimento palestra**

Codice struttura

P3

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'alto verso il basso)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	ρ [kg/m³]	$\delta a \times 10^{-12}$ [kg/m²Pa]	$\delta u \times 10^{-12}$ [kg/m²Pa]	R [m²K/W]
1	Piastrelle in ceramica	10	1,000	100	2300	1,000	1,000	0,010
2	Sottofondo di cemento magro	50	0,900	18,000	1800	6,667	6,667	0,056
3	C.i.s. di argilla espansa sottofondi non aerati	100	0,940	9,400	1500	33,333	50,000	0,106
4	C.i.s. di sabbia e ghiaia pareti esterne	40	2,150	53,750	2400	2,000	3,333	0,019
5	Blocco da solaio	260	0,743	2,858	1185	22,222	22,222	0,350

Spessore totale [mm]

460

Conduttanza unitaria
superficiale interna

5,882

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,170

Massa superficiale [kg/m²]

667

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

11,660

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,086

Trasmittanza periodica [W/m²K]

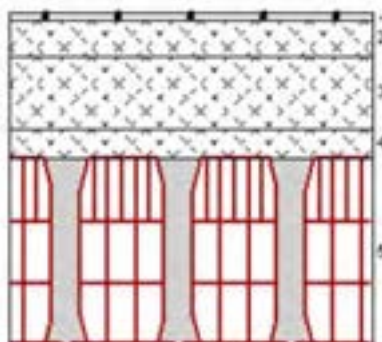
0,159

TRASMITTANZA
TOTALE [W/m²K]

1,256

RESISTENZA TERMICA
TOTALE [m²K/W]

0,796



VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1519	12,4	1439
Estate (luglio)	23,3	1858	12,4	1439

- ☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 26 [Pa]
- ☐ La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a _____ [g/m²]
Tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- ☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 507 [Pa]

Simbologia

s Spessore dello strato
 λ Conduttività
C Conduttanza
 ρ Massa volumica

δa Permeabilità al vapore nell'intervallo 0-50%
 δu Permeabilità al vapore nell'intervallo 50-95%
R Resistenza termica dello strato

Ti Temperatura interna
Te Temperatura esterna
Pi Pressione parziale interna
Pe Pressione parziale esterna

EC601 - [155 ITIS Peano + IPJA Zerboni]

Mod.1

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13788 - UNI 10351 - UNI 10355

Tipo di struttura: **Pavimento in terreno**

Codice struttura

P4

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'alto verso il basso)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	ρ [kg/m³]	$\delta a \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	$\delta u \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Piastrelle in ceramica	10	1,000	100	2300	1,000	1,000	0,010
2	Sottofondo di cemento magro	70	0,900	12,857	1800	6,667	6,667	0,078
3	C.i.s. di sabbia e ghiaia pareti esterne	150	2,150	14,333	2400	2,000	3,333	0,070
4	Ghiaia grossa senza argilla (um. 5%)	300	1,200	4,000	1700	40,000	40,000	0,250

Spessore totale [mm]

530

Conduttanza unitaria
superficiale interna

5,882

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,170

Massa superficiale [kg/m²]

1019

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

11,660

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,086

Trasmittanza periodica [W/m²K]

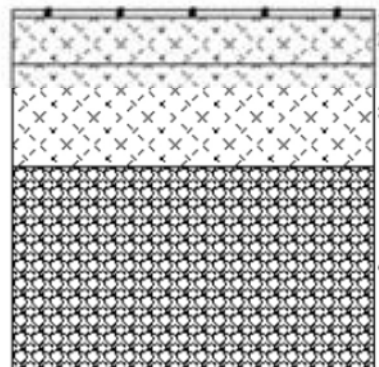
0,124

TRASMITTANZA
TOTALE [W/m²K]

1,508

RESISTENZA TERMICA
TOTALE [m²K/W]

0,663



VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1519	12,4	1439
Estiva (luglio)	23,3	1858	12,4	1439

- ☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 31 [Pa]
- ☐ La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a _____ [g/m²]
Tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- ☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 452 [Pa]

Simbologia

s Spessore dello strato
 λ Conduttività
C Conduttanza
 ρ Massa volumica

δa Permeabilità al vapore nell'intervallo 0-50%
 δu Permeabilità al vapore nell'intervallo 50-95%
R Resistenza termica dello strato

Ti Temperatura interna
Te Temperatura esterna
Pi Pressione parziale interna
Pe Pressione parziale esterna

EC601 - [155 ITIS Peano + IPIA Zerboni]

Mod.1

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.

secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13788 - UNI 10351 - UNI 10355

Tipo di struttura: **Solaio interpianto**

Codice struttura

S1

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'alto verso il basso)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	ρ [kg/m³]	$\delta a \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	$\delta u \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Piastrelle in ceramica	10	1,000	100	2300	1,000	1,000	0,010
2	Sottofondo di cemento magro	40	0,900	22,500	1800	6,667	6,667	0,044
3	C.i.s. di sabbia e ghiaia pareti esterne	60	1,310	21,833	2000	2,000	3,333	0,046
4	Blocco da solaio	260	0,743	2,858	1185	22,222	22,222	0,350
5	Malta di calce o di calce e cemento	10	0,900	90,000	1800	7,407	7,407	0,011

Spessore totale [mm]

350

Conduttanza unitaria
superficiale interna

10,000

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,100

Massa superficiale [kg/m²]

541

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

10,000

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,100

Trasmittanza periodica [W/m²K]

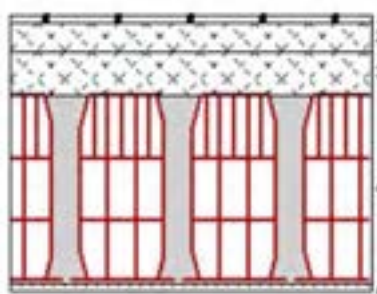
0,375

TRASMITTANZA
TOTALE [W/m²K]

1,512

RESISTENZA TERMICA
TOTALE [m²K/W]

0,661



VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1519	20,0	516
Estiva (luglio)	23,3	1858	23,3	1837

☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 665 [Pa]

☐ La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a _____ [g/m²]
Tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.

☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 818 [Pa]

Simbologia

s Spessore dello strato
 λ Conduttività
C Conduttanza
 ρ Massa volumica

δa Permeabilità al vapore nell'intervallo 0-50%
 δu Permeabilità al vapore nell'intervallo 50-95%
R Resistenza termica dello strato

Ti Temperatura interna
Te Temperatura esterna
Pi Pressione parziale interna
Pe Pressione parziale esterna

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.

secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13788 - UNI 10351 - UNI 10355

Tipo di struttura: **Solaio vs sottotetto**

Codice struttura

S2

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'alto verso il basso)	s (mm)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	ρ (kg/m ³)	$\delta a \times 10^{-12}$ (kg/msPa)	$\delta u \times 10^{-12}$ (kg/msPa)	R (m ² K/W)
1	C.i.s. di sabbia e ghiaia pareti esterne	60	1,310	21,833	2000	2,000	3,333	0,046
2	Blocco da solaio	260	0,743	2,858	1185	22,222	22,222	0,350
3	Malta di calce o di calce e cemento	10	0,900	90,000	1800	7,407	7,407	0,011

Spessore totale [mm]

330

Conduttanza unitaria
superficiale interna

10,000

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,100

Massa superficiale [kg/m²]

446

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

10,000

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,100

Trasmittanza periodica [W/m²K]

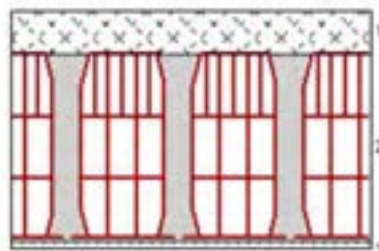
0,578

TRASMITTANZA
TOTALE [W/m²K]

1,648

RESISTENZA TERMICA
TOTALE [m²K/W]

0,607



VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1519	2,4	516
Estiva (luglio)	23,3	1858	23,3	1837

- ☐ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a _____ [Pa]
- ☒ La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a 72 [g/m²]
Tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- ☐ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a _____ [Pa]

Simbologia

s Spessore dello strato
 λ Conduttività
C Conduttanza
 ρ Massa volumica

δa Permeabilità al vapore nell'intervallo 0-50%
 δu Permeabilità al vapore nell'intervallo 50-95%
R Resistenza termica dello strato

Ti Temperatura interna
Te Temperatura esterna
Pi Pressione parziale interna
Pe Pressione parziale esterna

EC601 - [155 ITIS Peano + IPIA Zerboni]

Mod.1

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13788 - UNI 10351 - UNI 10355

Tipo di struttura: **Copertura palestra**

Codice struttura

S3

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'alto verso il basso)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	ρ [kg/m³]	$\delta a \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	$\delta u \times 10^{-12}$ [kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Acciaio inossidabile	1	17,00	17000	8000	-	-	0,000
2	Aria debolmente ventilata (fl.orizz.)	40	0,444	11,111	0	-	-	0,090
3	Fibre minerali feldspatiche - Pannello semirigido	80	0,040	0,500	55	200,000	200,000	2,000
4	Polietilene di vinile (PVC)	3	0,170	56,667	1390	0,004	0,004	0,018

Spessore totale [mm]

124

Conduttanza unitaria
superficiale interna

10,000

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,100

Massa superficiale [kg/m²]

17

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

11,660

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,086

Trasmittanza periodica [W/m²K]

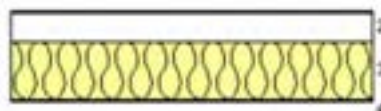
0,434

TRASMITTANZA
TOTALE [W/m²K]

0,436

RESISTENZA TERMICA
TOTALE [m²K/W]

2,294



VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1519	0,4	516
Estate (luglio)	23,3	1838	23,3	1837

- ☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 115 [Pa]
- ☐ La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a _____ [g/m²]
Tale quantità può evaporare durante la stagione estiva.
- ☒ La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 538 [Pa]

Simbologia

s Spessore dello strato
 λ Conduttività
C Conduttanza
 ρ Massa volumica

δa Pemeabilità al vapore nell'intervallo 0-50%
 δu Pemeabilità al vapore nell'intervallo 50-95%
R Resistenza termica dello strato

Ti Temperatura interna
Te Temperatura esterna
Pi Pressione parziale interna
Pe Pressione parziale esterna

**CARATTERISTICHE TERMICHE
DEI COMPONENTI FINESTRATI DELL' INVOLUCRO**
secondo UNI/TS 11300-1 - UNI EN ISO 10077 e UNI EN ISO 6946

Tipo componente: FIN. VETRO SINGOLO SERR. LEGNO 200X200

Codice componente: F1

Nr.	Ag m²	Af m²	Lg m	Ug W/m²K	Uf W/m²K	Ui W/m²K	Uw W/m²K
1	2,89	1,11	6,80	4,28	5,00		4,480

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,138

Conduttanza unitaria
superficiale interna

7,27

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,093

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

10,73

Si considera inoltre presente per 12 ore/giorno
una resistenza unitaria addizionale di 0,16 m²K/W

**RESISTENZA TERMICA
TOTALE (m²K/W)**

0,30

**TRASMITTANZA
TOTALE (W/m²K)**

3,36

Considerando inoltre 8,00 m di ponte termico con KJ = 0,15 W/mK
si ottiene:

**RESISTENZA TERMICA
TOTALE (m²K/W)**

0,27

**TRASMITTANZA
TOTALE (W/m²K)**

3,66

Simbologia:

- Ag Area del vetro
- Af Area del telaio
- Lg Perimetro della superficie vetrata
- Ug Trasmissione termica centrale dell' elemento vetrato
- Uf Trasmissione termica del telaio
- Ui Trasmissione lineica (nulla in caso di vetro singolo)
- Uw Trasmissione termica totale del serramento

**CARATTERISTICHE TERMICHE
DEI COMPONENTI FINESTRATI DELL' INVOLUCRO**
secondo UNI/TS 11300-1 - UNI EN ISO 10077 e UNI EN ISO 6946

Tipo componente: FIN. VETRO SINGOLO SERR. LEGNO 190X237

Codice componente: F2

Nr.	Ag m²	Af m²	Lg m	Ug W/m²K	Uf W/m²K	Ui W/m²K	Uw W/m²K
1	3,20	1,30	7,20	4,28	5,00		4,488

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,138

Conduttanza unitaria
superficiale interna

7,27

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,093

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

10,73

Si considera inoltre presente per 12 ore/giorno
una resistenza unitaria addizionale di 0,16 m²K/W

**RESISTENZA TERMICA
TOTALE (m²K/W)**

0,30

**TRASMITTANZA
TOTALE (W/m²K)**

3,36

Considerando inoltre 8,54 m di ponte termico con KI = 0,15 W/mK
si ottiene:

**RESISTENZA TERMICA
TOTALE (m²K/W)**

0,27

**TRASMITTANZA
TOTALE (W/m²K)**

3,64

Simbologia:

Ag	Area del vetro
Af	Area del telaio
Lg	Perimetro della superficie vetrata
Ug	Trasmittanza termica centrale dell' elemento vetrato
Uf	Trasmittanza termica del telaio
Ui	Trasmittanza lineica (nulla in caso di vetro singolo)
Uw	Trasmittanza termica totale del serramento

**CARATTERISTICHE TERMICHE
DEI COMPONENTI FINISTRATI DELL' INVOLUCRO**
secondo UNI/TS 11300-1 - UNI EN ISO 10077 e UNI EN ISO 6946

Tipo componente: FIN. VETRO DOPPIO SERR. METALL. 450X150

Codice componente: F3

Nr.	Ag m²	Af m²	Lg m	Ug W/m²K	Uf W/m²K	Ui W/mK	Uw W/m²K
1	4,80	1,95	10,40	2,55	7,00	0,02	3,866

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,138

Conduttanza unitaria
superficiale interna

7,27

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,093

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

10,73

Si considera inoltre presente per 12 ore/giorno
una resistenza unitaria addizionale di 0,16 m²K/W

**RESISTENZA TERMICA
TOTALE (m²K/W)**

0,37

**TRASMITTANZA
TOTALE (W/m²K)**

2,72

Considerando inoltre 12,00 m di ponte termico con K_t = 0,15 W/mK
si ottiene:

**RESISTENZA TERMICA
TOTALE (m²K/W)**

0,33

**TRASMITTANZA
TOTALE (W/m²K)**

2,99

Simbologia:

- Ag Area del vetro
- Af Area del telaio
- Lg Perimetro della superficie vetrata
- Ug Trasmissione termica centrale dell' elemento vetrato
- Uf Trasmissione termica del telaio
- Ui Trasmissione lineica (nulla in caso di vetro singolo)
- Uw Trasmissione termica totale del serramento

**CARATTERISTICHE TERMICHE
DEI COMPONENTI FINISTRATI DELL' INVOLUCRO**
secondo UNI/TS 11300-1 - UNI EN ISO 10077 e UNI EN ISO 6946

Tipo componente: FIN. VETRO SINGOLO SERR. LEGNO 400X200

Codice componente: F4

Nr.	Ag m²	Af m²	Lg m	Ug W/m²K	Uf W/m²K	Ui W/mK	Uw W/m²K
1	5,95	2,05	10,40	4,28	5,00		4,464

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,138

Conduttanza unitaria
superficiale interna

7,27

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,093

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

10,73

Si considera inoltre presente per 12 ore/giorno
una resistenza unitaria addizionale di 0,16 m²K/W

**RESISTENZA TERMICA
TOTALE (m²K/W)**

0,30

**TRASMITTANZA
TOTALE (W/m²K)**

3,37

Considerando inoltre 12,00 m di ponte termico con KJ = 0,15 W/mK
si ottiene:

**RESISTENZA TERMICA
TOTALE (m²K/W)**

0,28

**TRASMITTANZA
TOTALE (W/m²K)**

3,59

Simbologia:

- Ag Area del vetro
- Af Area del telaio
- Lg Perimetro della superficie vetrata
- Ug Trasmissione termica centrale dell' elemento vetrato
- Uf Trasmissione termica del telaio
- Ui Trasmissione lineica (nulla in caso di vetro singolo)
- Uw Trasmissione termica totale del serramento

**CARATTERISTICHE TERMICHE
DEI COMPONENTI FINESTRATI DELL' INVOLUCRO**
secondo UNI/TS 11300-1 - UNI EN ISO 10077 e UNI EN ISO 6946

Tipo componente: FIN. VETRO SINGOLO SERR. LEGNO 200X250

Codice componente: F5

Nr.	Ag m²	Af m²	Lg m	Ug W/m²K	Uf W/m²K	Ui W/mK	Uw W/m²K
1	3,40	1,60	7,40	4,28	5,00		4,510

Resistenza unitaria
superficiale interna Conduttanza unitaria
superficiale interna

Resistenza unitaria
superficiale esterna Conduttanza unitaria
superficiale esterna

Si considera inoltre presente per 12 ore/giorno
una resistenza unitaria addizionale di 0,16 m²K/W

RESISTENZA TERMICA
TOTALE (m²K/W) **TRASMITTANZA**
TOTALE (W/m²K)

Considerando inoltre 9,00 m di ponte termico con $K_I = 0,15$ W/mK
si ottiene:

RESISTENZA TERMICA
TOTALE (m²K/W) **TRASMITTANZA**
TOTALE (W/m²K)

Simbologia:

Ag Area del vetro
Af Area del telaio
Lg Perimetro della superficie vetrata
Ug Trasmissanza termica centrale dell' elemento vetrato
Uf Trasmissanza termica del telaio
Ui Trasmissanza lineica (nulla in caso di vetro singolo)
Uw Trasmissanza termica totale del serramento

**CARATTERISTICHE TERMICHE
DEI COMPONENTI FINESTRATI DELL' INVOLUCRO**
secondo UNI/TS 11300-1 - UNI EN ISO 10077 e UNI EN ISO 6946

Tipo componente: FIN. VETRO SINGOLO SERR. LEGNO 85X150

Codice componente: F6

Nr.	Ag m²	Af m²	Lg m	Ug W/m²K	Uf W/m²K	Ui W/m²K	Uw W/m²K
1	0,78	0,49	3,70	4,28	5,00		4,558

Resistenza unitaria
superficiale interna

0,138

Conduttanza unitaria
superficiale interna

7,27

Resistenza unitaria
superficiale esterna

0,093

Conduttanza unitaria
superficiale esterna

10,73

Si considera inoltre presente per 12 ore/giorno
una resistenza unitaria addizionale di 0,16 m²K/W

**RESISTENZA TERMICA
TOTALE (m²K/W)**

0,30

**TRASMITTANZA
TOTALE (W/m²K)**

3,34

Considerando inoltre 4,70 m di ponte termico con KI = 0,15 W/mK
si ottiene:

**RESISTENZA TERMICA
TOTALE (m²K/W)**

0,26

**TRASMITTANZA
TOTALE (W/m²K)**

3,89

Simbologia:

Ag	Area del vetro
Af	Area del telaio
Lg	Perimetro della superficie vetrata
Ug	Trasmittanza termica centrale dell' elemento vetrato
Uf	Trasmittanza termica del telaio
Ui	Trasmittanza lineica (nulla in caso di vetro singolo)
Uw	Trasmittanza termica totale del serramento

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI DELL' INVOLUCRO
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 10077 - UNI TS 11300-1

Tipo componente: FIN. VETRO SINGOLO SERR. LEGNO 200X200

Codice componente: F1

Dimensioni del componente:

Larghezza 200,0 cm
Altezza 200,0 cm

Ponte termico:

Lunghezza 8,0 m
Conducibilità 0,15 W/mK

Permeabilità all' aria 0,00 m³/hm²Pa
Presenza di schermi 12 ore/gg
Resistenza schermi 0,16 m²K/W

Coefficienti:

trasmissione solare 0,9
tendaggi 0,8

Inclinazione sul piano verticale 0 gradi

Calcolo	Potenza (UNI EN 12831)	Energia (UNI TS 11300-1)	
Adduttanza interna	8,14	7,27	W/m²K
Adduttanza esterna	23,26	10,73	W/m²K

TRASMITTANZE

U equivalente (senza ponte t.)

5,39

3,36

W/m²K

U equivalente (con ponte t.)

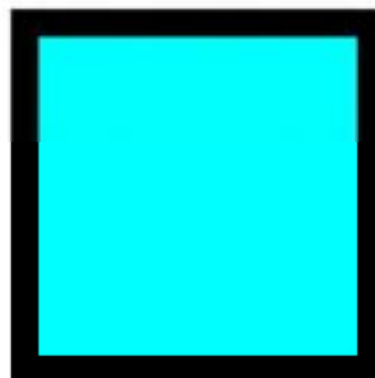
5,69

3,66

W/m²K

Telaio nr. 1:

Conduc. elemento trasp. 1,00 W/mK
Spessore vetri 3 mm
Conduc. telaio 5,00 W/m²K



CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI DELL' INVOLUCRO
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 10077 - UNI TS 11300-1

Tipo componente: FIN. VETRO SINGOLO SERR. LEGNO 190X237

Codice componente: F2

Dimensioni del componente:

Larghezza 190,0 cm
Altezza 237,0 cm

Ponte termico:

Lunghezza 8,5 m
Conducibilità 0,15 W/mK

Permeabilità all' aria 0,00 m³/hm²Pa
Presenza di schermi 12 ore/gg
Resistenza schermi 0,16 m²K/W

Coefficienti:

trasmissione solare 0,9
tendaggi 0,8

Inclinazione sul piano verticale 0 gradi

Calcolo	Potenza (UNI EN 12831)	Energia (UNI TS 11300-1)	
Adduttanza interna	8,14	7,27	W/m²K
Adduttanza esterna	23,26	10,73	W/m²K

TRASMITTANZE

U equivalente (senza ponte t.)

5,37

3,36

W/m²K

U equivalente (con ponte t.)

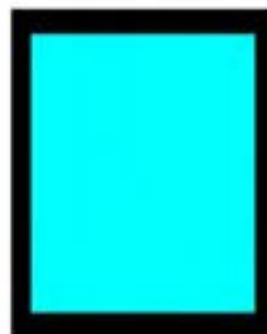
5,65

3,64

W/m²K

Telaio nr. 1:

Conduc. elemento trasp. 1,00 W/mK
Spessore vetri 3 mm
Conduc. telaio 5,00 W/m²K



CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI DELL' INVOLUCRO
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 10077 - UNI TS 11300-1

Tipo componente: FIN. VETRO DOPPIO SERR. METALL. 450X150

Codice componente: F3

Dimensioni del componente:

Larghezza 450,0 cm
Altezza 150,0 cm

Ponte termico:

Lunghezza 12,0 m
Conducibilità 0,15 W/mK

Permeabilità all' aria 0,00 m³/hm²Pa
Presenza di schermi 12 ore/gg
Resistenza schermi 0,16 m²K/W

Coefficienti:
trasmissione solare 0,8
tendaggi 0,8

Inclinazione sul piano verticale 0 gradi

Calcolo	Potenza (UNI EN 12831)	Energia (UNI/TS 11300-1)	
Adduttanza interna	8,14	7,27	W/m²K
Adduttanza esterna	23,26	10,73	W/m²K

TRASMITTANZE

U equivalente (senza ponte t.)	3,64	2,72	W/m²K
U equivalente (con ponte t.)	3,91	2,99	W/m²K

Telaio nr. 1:

Conduc. elemento trasp. 1,00 W/mK
Spessore vetri 4 / 4 mm
Resist. camera d'aria 0,15 m²K/W
Conduc. distanziale 0,02 W/mK
Conduc. telaio 7,00 W/m²K



CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI DELL' INVOLUCRO
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 10077 - UNI TS 11300-1

Tipo componente: FIN. VETRO SINGOLO SERR. LEGNO 400X200

Codice componente: F4

Dimensioni del componente:

Larghezza 400,0 cm
Altezza 200,0 cm

Ponte termico:

Lunghezza 12,0 m
Conducibilità 0,15 W/mK

Permeabilità all' aria 0,00 m³/hm²Pa
Presenza di schermi 12 ore/gg
Resistenza schermi 0,16 m²K/W

Coefficienti:

trasmissione solare 0,9
tendaggi 0,8

Inclinazione sul piano verticale 0 gradi

Calcolo	Potenza (UNI EN 12831)	Energia (UNI/TS 11300-1)	
Adduttanza interna	8,14	7,27	W/m²K
Adduttanza esterna	23,26	10,73	W/m²K

TRASMITTANZE

U equivalente (senza ponte t.)

5,43

3,37

W/m²K

U equivalente (con ponte t.)

5,65

3,59

W/m²K

Telaio nr. 1:

Conduc. elemento trasp. 1,00 W/mK
Spessore vetri 3 mm
Conduc. telaio 5,00 W/m²K



CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI DELL' INVOLUCRO
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 10077 - UNI TS 11300-1

Tipo componente: FIN. VETRO SINGOLO SERR. LEGNO 200X250

Codice componente: F5

Dimensioni del componente:

Larghezza 200,0 cm
Altezza 250,0 cm

Ponte termico:

Lunghezza 9,0 m
Conducibilità 0,15 W/mK

Permeabilità all' aria 0,00 m³/hm²Pa

Presenza di schermi 12 ore/gg

Resistenza schermi 0,16 m²K/W

Coefficienti:

trasmissione solare 0,9

tendaggi 0,8

Inclinazione sul piano verticale 0 gradi

Calcolo	Potenza (UNI EN 12831)	Energia (UNI/TS 11300-1)	
Adduttanza interna	8,14	7,27	W/m²K
Adduttanza esterna	23,26	10,73	W/m²K

TRASMITTANZE

U equivalente (senza ponte t.)

5,31

3,35

W/m²K

U equivalente (con ponte t.)

5,58

3,62

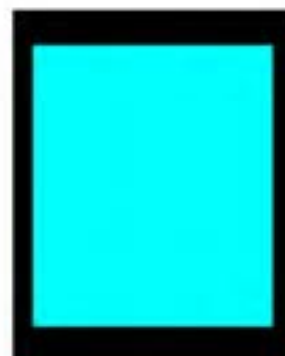
W/m²K

Telaio nr. 1:

Conduc. elemento trasp. 1,00 W/mK

Spessore vetri 3 mm

Conduc. telaio 5,00 W/m²K



CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI DELL' INVOLUCRO
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 10077 - UNI TS 11300-1

Tipo componente: FIN. VETRO SINGOLO SERR. LEGNO 85X150

Codice componente: F6

Dimensioni del componente:

Larghezza 85,0 cm
Altezza 150,0 cm

Ponte termico:

Lunghezza 4,7 m
Conducibilità 0,15 W/mK

Permeabilità all' aria 0,00 m³/hm²Pa
Presenza di schermi 12 ore/gg
Resistenza schermi 0,16 m²K/W

Coefficienti:

trasmissione solare 0,8
tendaggi 0,8

Inclinazione sul piano verticale 0 gradi

Calcolo	Potenza (UNI EN 12831)	Energia (UNI/TS 11300-1)	
Adduttanza interna	8,14	7,27	W/m²K
Adduttanza esterna	23,26	10,73	W/m²K

TRASMITTANZE

U equivalente (senza ponte t.)

5,18

3,34

W/m²K

U equivalente (con ponte t.)

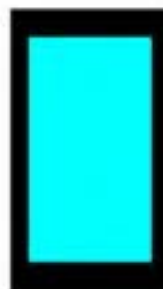
5,73

3,89

W/m²K

Telaio nr. 1:

Conduc. elemento trasp. 1,00 W/mK
Spessore vetri 3 mm
Conduc. telaio 5,00 W/m²K



Allegato B. Elaborati progettuali



Figura B.1. Pianta piano seminterrato (con indicazione delle zone termiche individuate)



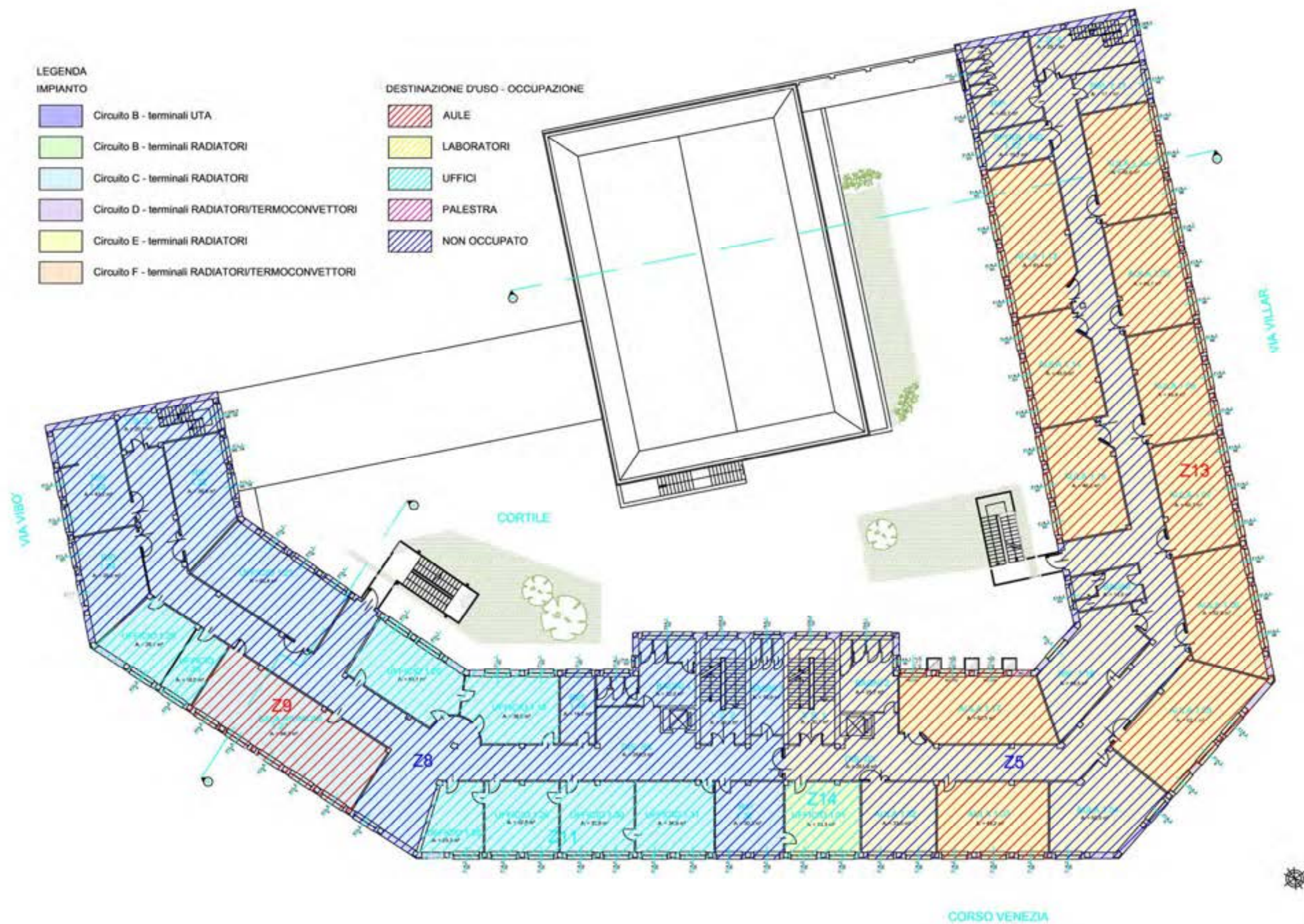


Figura B.3. Pianta piano primo (con indicazione delle zone termiche individuate)



Figura B.4. Pianta piano secondo (con indicazione delle zone termiche individuate)

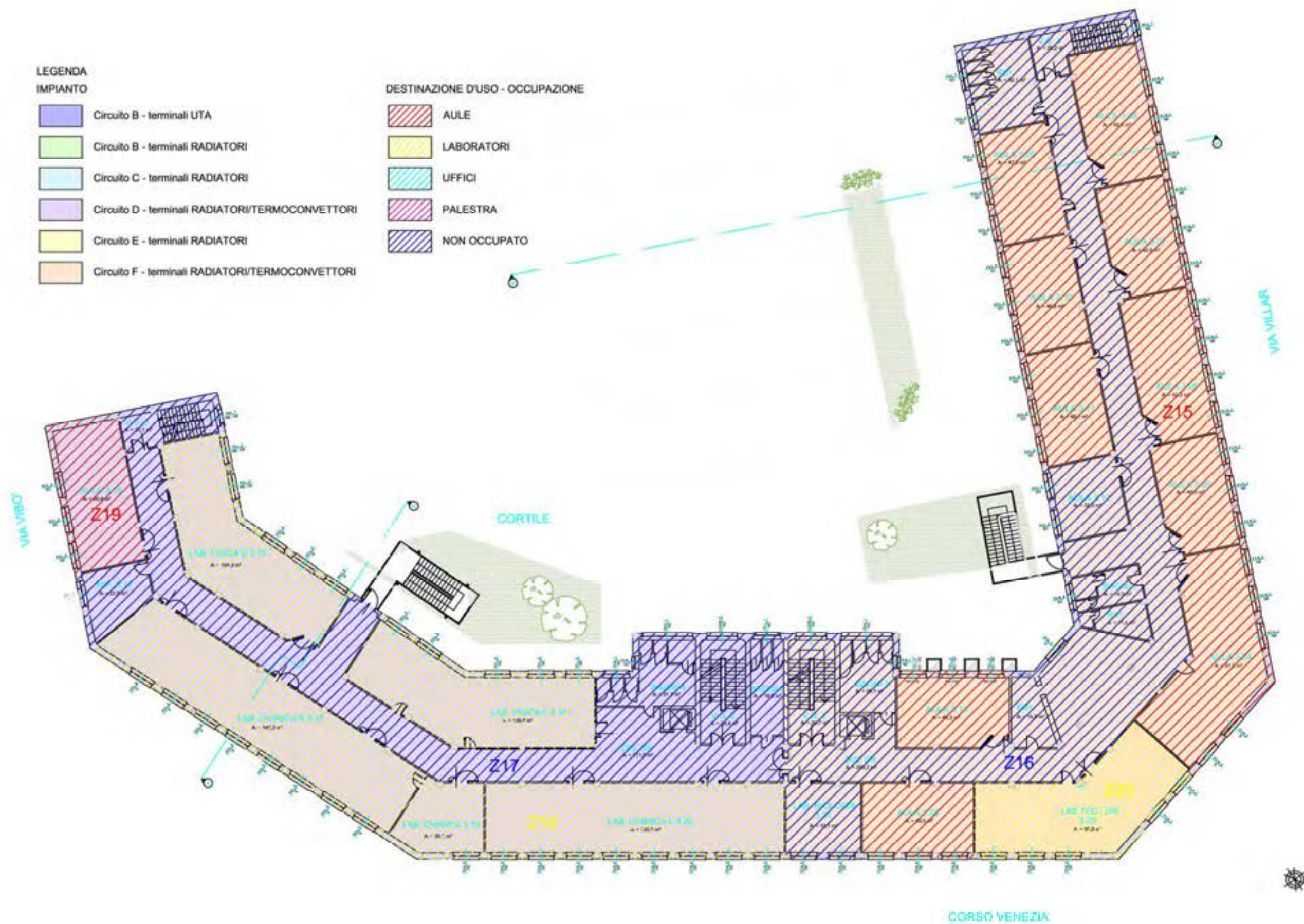


Figura B.5. Pianta piano terzo (con indicazione delle zone termiche individuate)

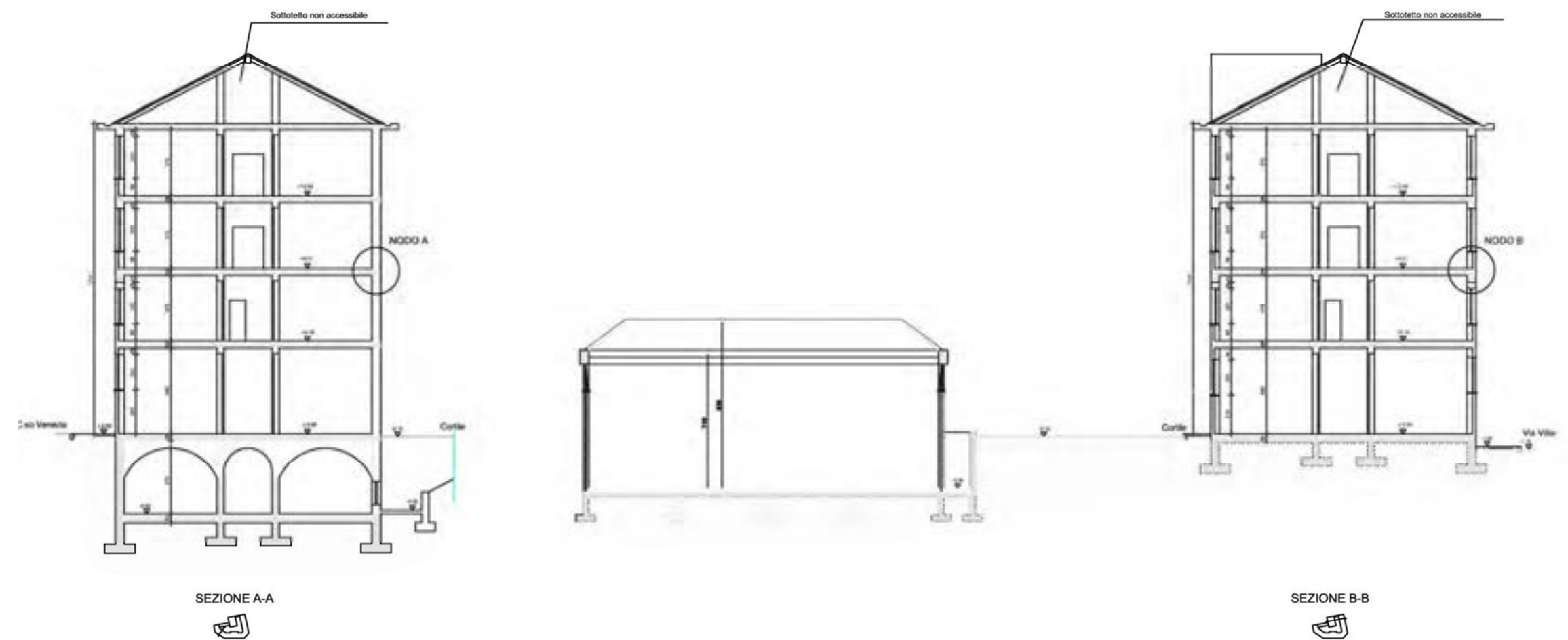


Figura B.6. Sezioni dell'edificio

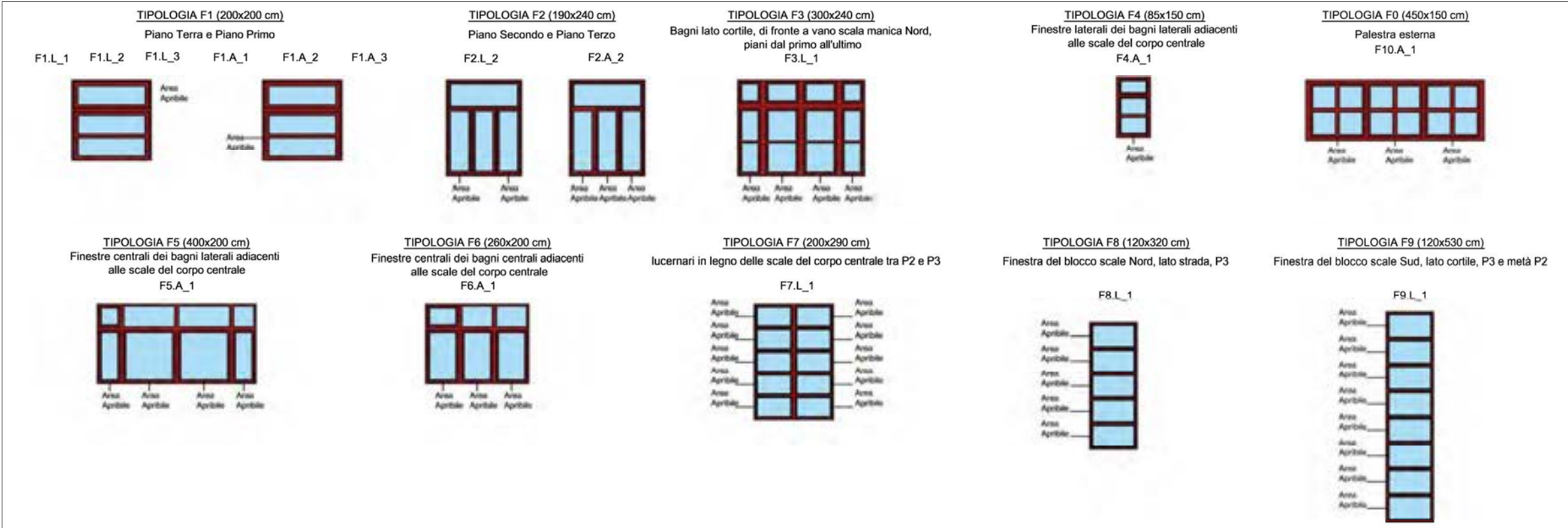
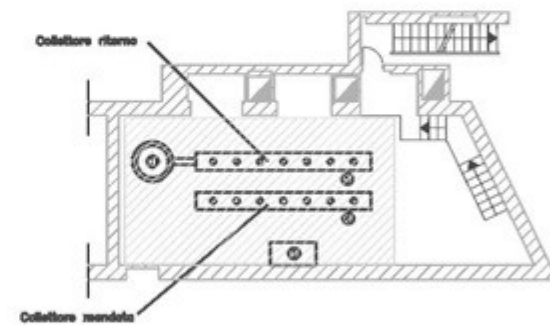


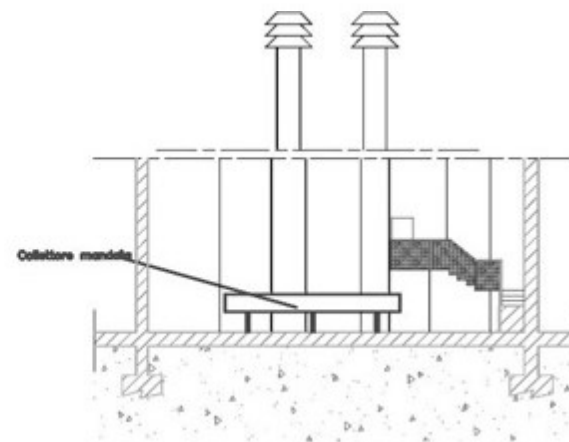
Figura B.7. Rappresentazione degli infissi principali

Allegato C. Documentazione impianto di riscaldamento e ventilazione meccanica

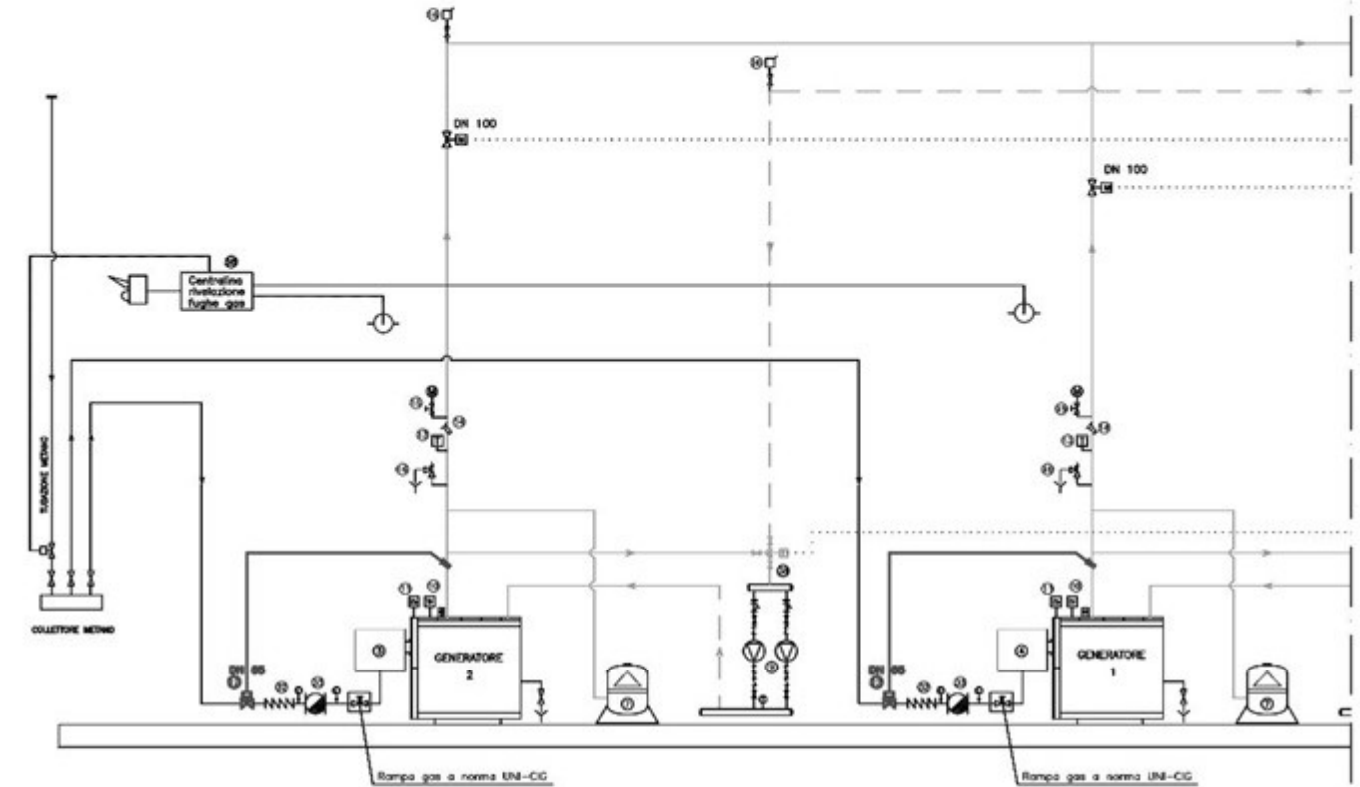
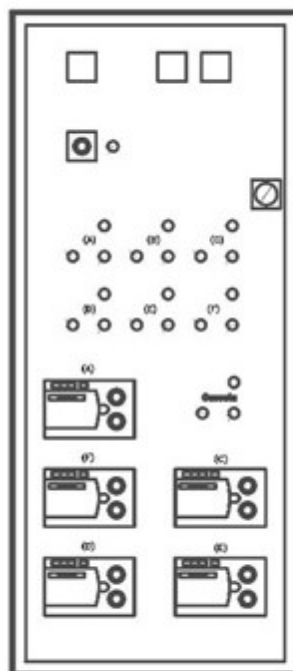
PIANTA Lay-out centrale termica Scala 1:100



SEZIONE Scala 1:100



Quadro elettrico di regolazione dei circuiti (regolatori climatici)



LEGENDA

Impianti distribuzione acqua calda

- 1) Generatore ECOFLAM BLU 1600 PAB mod. 25.160/140; potenza di focolare di 930 kW
- 2) Generatore ECOFLAM BLU 1600 PAB mod. 25.160/140; potenza di focolare di 930 kW
- 3) Bruciatore ECOFLAM BLU 1600 PAB mod. 25.160/140 per la caldaia 1
- 4) Bruciatore ECOFLAM BLU 1600 PAB mod. 25.160/140 per la caldaia 2
- 5) Collettori di mandata
- 6) Collettori di ritorno
- 7) Vaso d'espansione chiuso esistente
- 8) Nuovo quadro elettrico con gruppi di:
 - 115 regolatori climatici
 - 115 comandi gruppo pompe generali
 - 115 gruppo di comandi per i due generatori
 - 115 comando addizionale
- 9) Circolatori singoli sul circuito Anticondensa
- 10) Termistore di regolazione (dotazione generatori)
- 11) Termistore di blocco a riarmo manuale (dotazione generatori)
- 12) Valvola di intercettazione combustibile motore
- 13) Termometro analogico SPESL (0-120°C)
- 14) Pannello per termometro campione
- 15) Manometro I.e. 40 m.c.a., completo di rubinetto e di flangia, analogico SPESL
- 16) Valvola di sicurezza
- 17) Valvola di sfogo
- 18) Centralina rivelazione fughe gas con elettrovalvola
- 19) Valvola manuale di riempimento
- 20) Circolatore generatore elettronico a portata variabile, punto di lavoro $Q=11 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=6 \text{ m c.a.}$ ((A) PERNO p. terra + p. 1° lato su)
- 21) Circolatore generatore elettronico a portata variabile, punto di lavoro $Q=25 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=8 \text{ m c.a.}$ ((C) PERNO p. terra + p. 1° lato su)
- 22) Circolatore generatore elettronico a portata variabile, punto di lavoro $Q=16 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H=3,8 \text{ m c.a.}$ ((D) PERNO p. 2° + p. 3° lato su)
- 23) Circolatore generatore elettronico a portata variabile, punto di lavoro $Q=24 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H=4 \text{ m c.a.}$ ((E) ZERBON p. terra + p. 1° lato su)
- 24) Circolatore generatore elettronico a portata variabile, punto di lavoro $Q=24 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H=3,8 \text{ m c.a.}$ ((F) ZERBON p. 2° + p. 3° lato su)
- 25) Circolatore generatore elettronico a portata variabile, punto di lavoro $Q=25 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H=8 \text{ m c.a.}$ ((G) PERNO pannello + centralina)
- 26) Valvola miscelatrice a tre vie con servomotore su circuito (A), $N=12 \text{ m}^3/\text{h}$, DN 65
- 27) Valvola miscelatrice a tre vie con servomotore su circuito (C), $N=12 \text{ m}^3/\text{h}$, DN 100
- 28) Valvola miscelatrice a tre vie con servomotore su circuito (D), $N=16 \text{ m}^3/\text{h}$, DN 65
- 29) Valvola miscelatrice a tre vie con servomotore su circuito (E), $N=12 \text{ m}^3/\text{h}$, DN 100
- 30) Valvola miscelatrice a tre vie con servomotore su circuito (F), $N=12 \text{ m}^3/\text{h}$, DN 100
- 31) Valvola di non ritorno
- 32) Valvola di intercettazione a sfera
- 33) Contattoria
- 34) Addizionale automatico
- 35) Giunto elastico
- 36) Riduttore di pressione gas
- 37) Vaso d'espansione chiuso nuovo di litri 300, in sostituzione degli esistenti di litri 250
- 38) Valvola miscelatrice a tre vie sul circuito anticondensa

Figura C.1. Layout centrale termica - impianto di riscaldamento (segue)

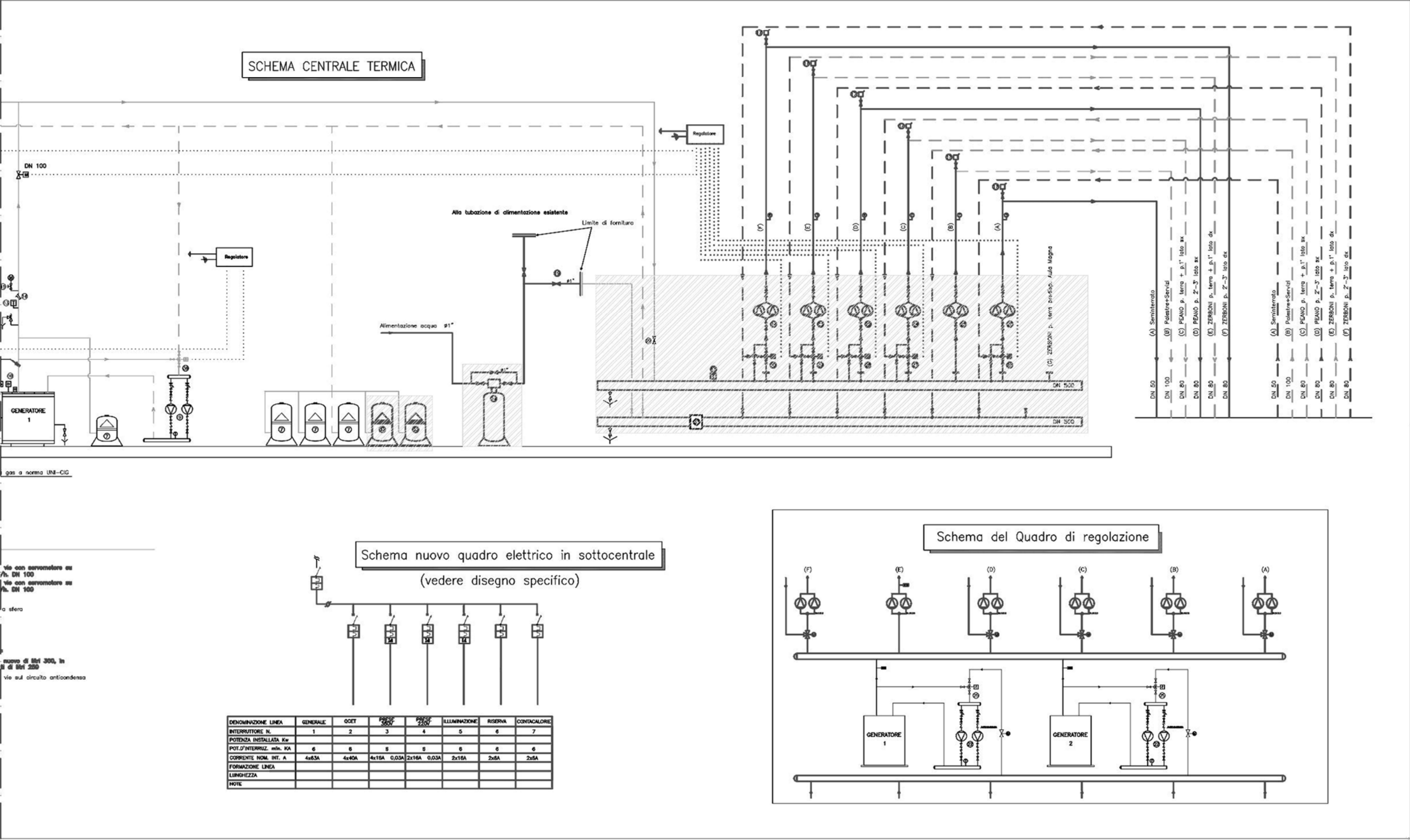


Figura C.2. Layout centrale termica - impianto di riscaldamento

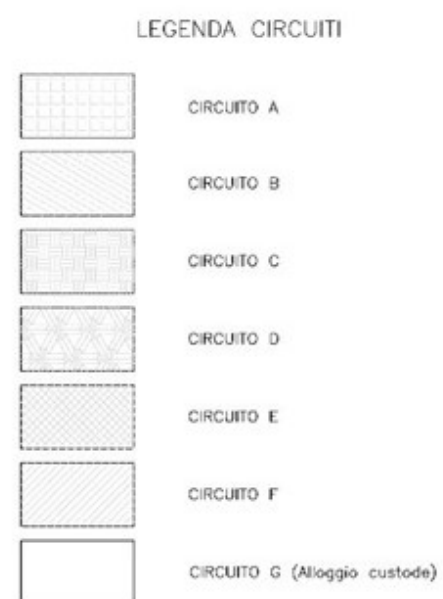


Figura C.3. Layout rete di distribuzione - impianto di riscaldamento (segue)

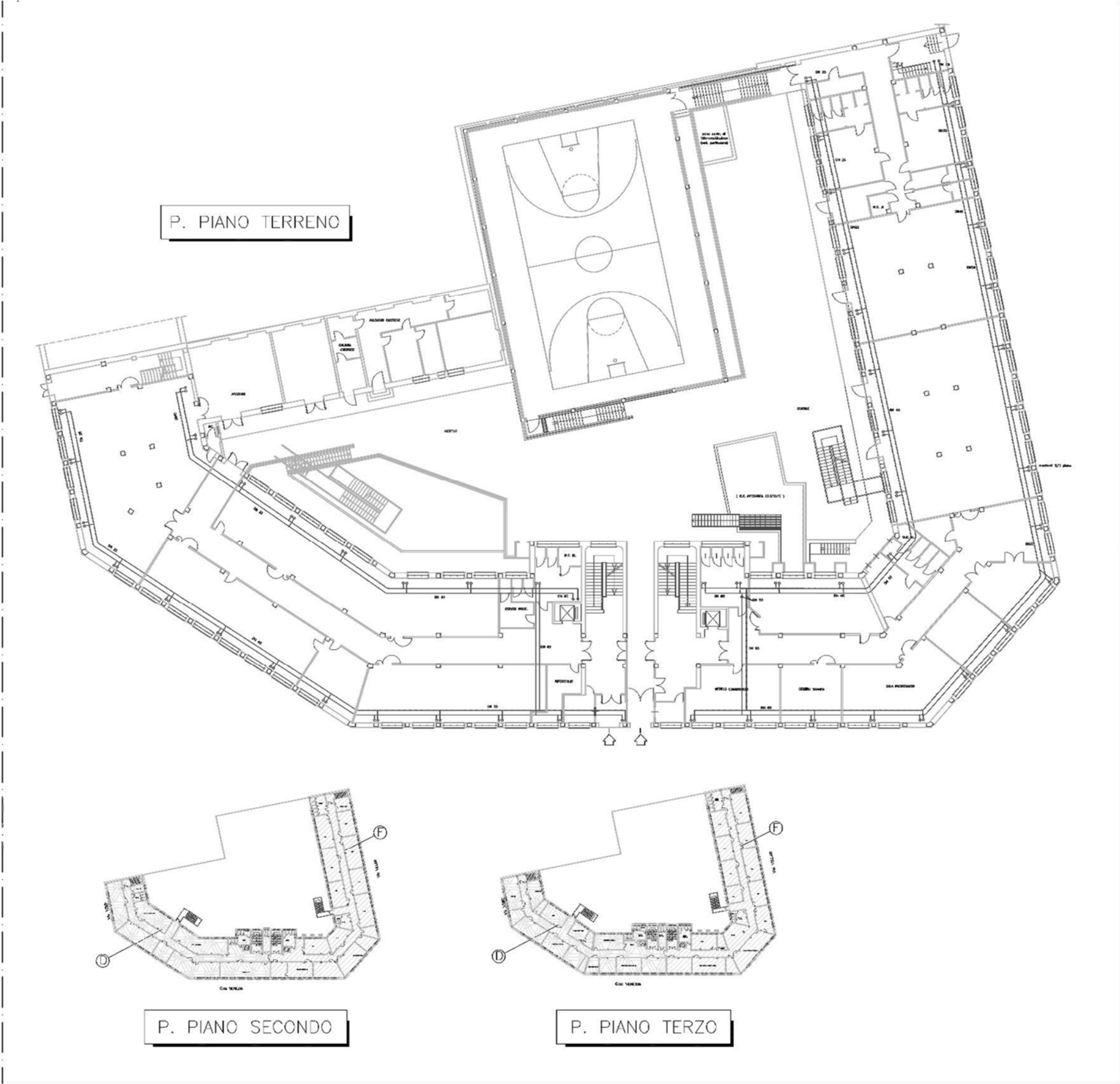


Figura C.4. Figura C.3. Layout rete di distribuzione - impianto di riscaldamento



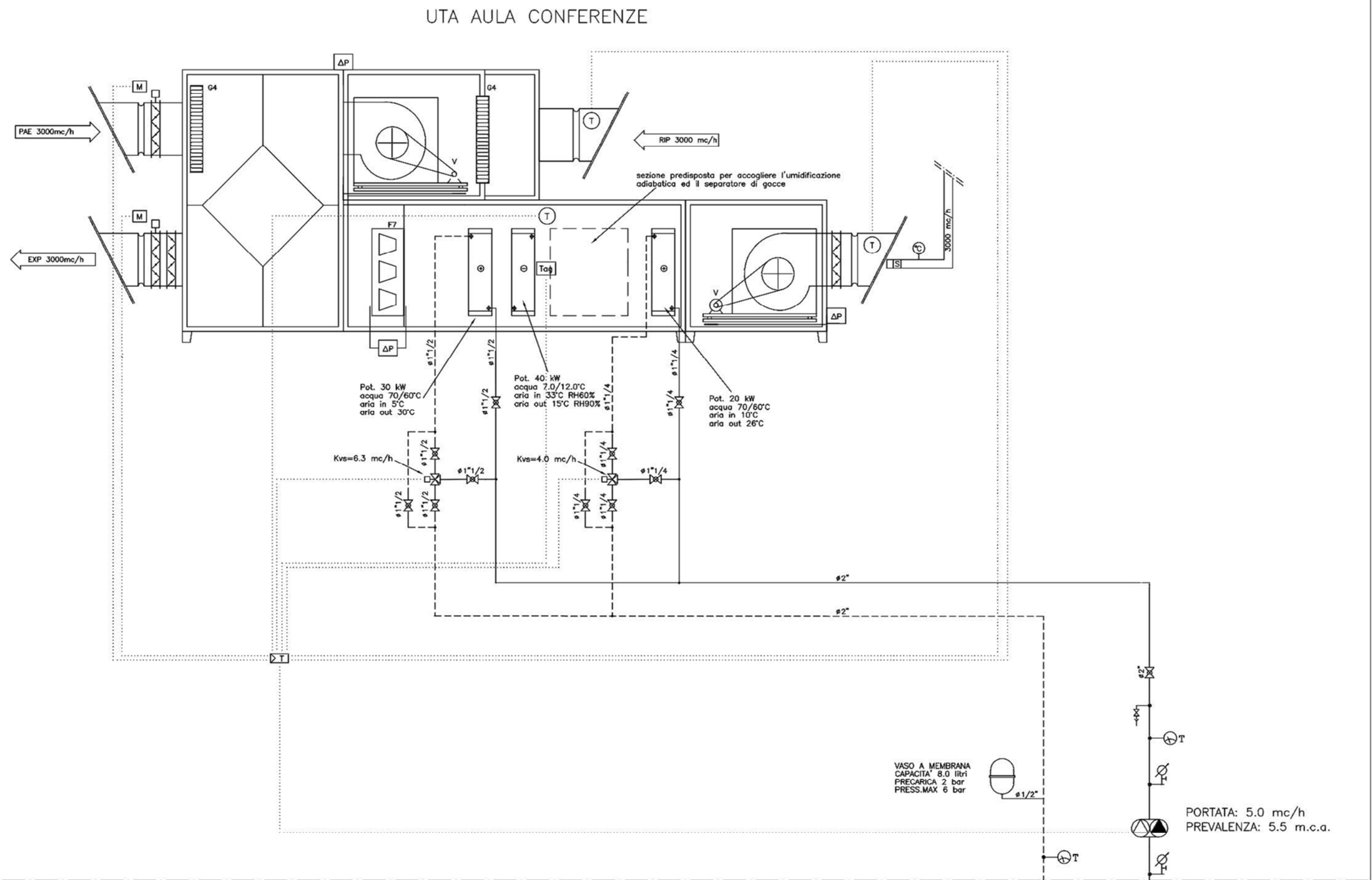


Figura C.6. Schema UTA aula magna - Impianto di ventilazione



Figura C.7. Caratteristiche tecniche UTA palestra esterna¹⁶

¹⁶ Le informazioni suddette sono state ricavate mediante sopralluogo in situ. Non è stato possibile reperire ulteriori informazioni presso la casa produttrice; l'apparecchio in oggetto infatti risulta fuori produzione da numerosi anni.

Tabella C.1. Rilievo dei corpi scaldanti

Sottocircuito di distribuzione	Zona termica	Piano	Ambiente	Calcolo della potenza installata (terminali di emissione)		
				n° radiatori	n° elementi (per radiatore)	$\phi_{em,nom, rad}$ [W]
B	2	0	disimpegno palestra musc	1	17	2295
B	2	0	spogliatoio palestra	1	15	2025
				1	15	2025
B	2	0	bagni	1	5	675
B	2	0	bagni	1	5	675
B	2	0	spogliatoio "B"	1	13	1755
B	2	0	bagni	1	14	1890
				1	14	1890
B	2	0	locale tecnico	0	0	0
B	2	0	bagni	1	13	1755
B	2	0	spogliatoio "A"	1	13	1755
				1	13	1755
B	2	0	infermeria	1	10	1350
B	2	0	disabili	1	4	540
B	3	0	palestra muscolarizzazione (h = 2,1 m)	1	15	2025
B				1	15	2025
B				1	15	2025
B	4	0	aula magna	1	15	2025
				1	15	2025
				1	15	2025
				1	15	2025
				1	13	1755
				1	13	1755
				1	15	2025
				1	15	2025
				1	15	2025
E	5	0	disimpegno manica destra	1	20	2700
E	5	0	atrio_1	1	20	2700
E	5	0	bar	1	15	2025
				1	15	2025
				1	15	2025
E	5	0	rip.	1	6	810
E	5	0	bagni	1	15	2025
E	5	0	rip.	1	17	2295
E	5	0	rip.	0	0	0
E	5	0	0.08 infermeria	1	18	2430
E	5	0	bagni	1	10	1350
				1	9	1215

Sottocircuito di distribuzione	Zona termica	Piano	Ambiente	Calcolo della potenza installata (terminali di emissione)		
				n° radiatori	n° elementi (per radiatore)	$\phi_{em,nom, rad}$ [W]
E	5	1	disimpegno manica destra - elementi strani	3	40	16200
				3	40	16200
				3	40	16200
E	5	1	vano scala_1	1	16	2160
E	5	1	vano scala_4	0	0	0
E	5	1	1.02 rip.	1	14	1890
				1	14	1890
E	5	1	1.04 aula	1	17	2295
				1	20	2700
E	5	1	1.11 rip.	1	14	1890
E	5	1	rip. (sono bagni inutilizzati)	1	20	2700
				1	20	2700
E	5	1	1.12 spogl. bidelli	1	15	2025
E	5	1	bagni	1	14	1890
E	5	1	1.16 rip.	1	28	3780
E	5	1	bagni	1	10	1350
				1	14	1890
E	5	1	bagni	1	10	1350
E				1	13	1755
E	6	0	guardiola	1	6	810
E	6	0	0.03 sala professori	1	12	1620
				1	12	1620
				1	12	1620
				1	15	2025
E	7	0	0.01 sala musica	1	12	1620
				1	12	1620
				1	12	1620
E	7	0	0.02 sala musica	0	0	0
C	8	0	disimpegno manica sinistra	0	0	0
C	8	0	atrio_2	1	20	2700
C	8	0	vano scala_3	0	0	0
C	8	0	vano scala_4	1	20	2700
C	8	0	bagni	1	18	2430
				1	20	2700
C	8	0	bagni	1	5	675
C	8	0	0.15 rip.	1	16	2160
C	8	0	0.16 rip.	1	16	2160
C	8	0	0.18 biblioteca	1	22	2970
				1	22	2970
C	8	0	0.19 rip.	0	0	0

Sottocircuito di distribuzione	Zona termica	Piano	Ambiente	Calcolo della potenza installata (terminali di emissione)		
				n° radiatori	n° elementi (per radiatore)	$\phi_{em,nom, rad}$ [W]
C	8	1	disimpegno manica sinistra	1	19	2565
				1	19	2565
				1	19	2565
				1	13	1755
				1	18	2430
C	8	1	vano scala_2	1	16	2160
C	8	1	vano scala_3	1	21	2835
C	8	1	bagni	1	11	1485
				1	11	1485
				1	10	1350
C	8	1	1.18 rip.	1	18	2430
C	8	1	1.21 ufficio	1	19	2565
				1	19	2565
				1	19	2565
C	8	1	1.22 rip.	1	19	2565
				1	19	2565
C	8	1	1.23 rip.	1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
C	8	1	1.24 rip.	1	18	2430
				1	18	2430
C	8	1	1.32 rip.	1	19	2565
				1	19	2565
C	9	0	0.09 aula MT/ST	1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
C	9	1	1.27 sala riunioni	1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
				1	18	2430
				1	18	2430
C	10	0	0.10 lab SIS - I	1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
C	10	0	0.12 aula informatica	1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160

Sottocircuito di distribuzione	Zona termica	Piano	Ambiente	Calcolo della potenza installata (terminali di emissione)		
				n° radiatori	n° elementi (per radiatore)	$\phi_{em,nom, rad}$ [W]
C	10	0	0.14 lab. multimediale	1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
C	11	0	0.11 ufficio	1	16	2160
C	11	0	0.13 ufficio (tecnico di laboratorio)	1	16	2160
C	11	1	1.19 ufficio	1	18	2430
				1	18	2430
C	11	1	1.20 ufficio	1	19	2565
				1	19	2565
C	11	1	1.25 ufficio	1	18	2430
C	11	1	1.26 ufficio del tecnico	1	18	2430
C	11	1	1.28 ufficio	1	18	2430
C	11	1	1.29 ufficio	1	18	2430
				1	18	2430
C	11	1	1.30 ufficio	1	16	2160
				1	16	2160
C	11	1	1.31 ufficio	1	16	2160
				1	16	2160
C	12	0	0.17 biblioteca	1	26	3510
				1	26	3510
				1	26	3510
				1	16	2160
				1	20	2700
E	13	1	1.03 aula	1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
E	13	1	1.05 aula	1	21	2835
				1	21	2835
				1	21	2835
E	13	1	1.06 aula	1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
E	13	1	1.07 aula	1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
E	13	1	1.08 aula	1	18	2430

Sottocircuito di distribuzione	Zona termica	Piano	Ambiente	Calcolo della potenza installata (terminali di emissione)		
				n° radiatori	n° elementi (per radiatore)	$\phi_{em,nom, rad}$ [W]
					18	2430
					18	2430
E	13	1	1.09 aula	1	18	2430
E				1	18	2430
E				1	18	2430
E	13	1	1.10 aula	1	18	2430
E				1	18	2430
E				1	18	2430
E	13	1	1.13 aula	1	15	2025
E				1	15	2025
E				1	15	2025
E				1	15	2025
E	13	1	1.14 aula	1	15	2025
E				1	23	3105
E				1	23	3105
E	13	1	1.15 aula	1	15	2025
E				1	15	2025
E	13	1	1.17 aula	1	19	2565
E				1	19	2565
E				1	15	2025
E	14	1	1.01 ufficio	1	14	1890
E				1	14	1890
F	15	2	2.01 aula	1	16	2160
F				1	16	2160
F				1	16	2160
F				1	16	2160
F				1	16	2160
F	15	2	2.02 aula	1	16	2160
F				1	16	2160
F				1	16	2160
F	15	2	2.04 aula	1	18	2430
F				1	18	2430
F				1	18	2430
F				1	18	2430
F	15	2	2.05 aula	1	18	2430
F				1	18	2430
F				1	18	2430
F	15	2	2.06 aula	1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430

Sottocircuito di distribuzione	Zona termica	Piano	Ambiente	Calcolo della potenza installata (terminali di emissione)		
				n° radiatori	n° elementi (per radiatore)	$\phi_{em,nom, rad}$ [W]
				1	18	2430
F	15	2	2.07 aula	1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
F	15	2	2.09 aula	1	15	2025
				1	15	2025
				1	15	2025
				1	15	2025
F	15	2	2.10 aula	1	15	2025
				1	15	2025
				1	20	2700
F	15	2	2.11 aula	1	15	2025
				1	15	2025
				1	15	2025
				1	15	2025
F	15	2	2.13 aula	1	18	2430
				1	18	2430
F	15	3	3.02 aula	1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
F	15	3	3.04 aula	1	20	2700
				1	20	2700
				1	17	2295
				1	17	2295
				1	17	2295
F	15	3	3.05 aula	1	17	2295
				1	17	2295
				1	17	2295
F	15	3	3.06 aula	1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
F	15	3	3.07 aula	1	17	2295
				1	17	2295
				1	17	2295
F	15	3	3.08 aula	1	20	2700
				1	20	2700
				1	18	2430
F	15	3	3.09 aula	1	15	2025
				1	15	2025

Sottocircuito di distribuzione	Zona termica	Piano	Ambiente	Calcolo della potenza installata (terminali di emissione)		
				n° radiatori	n° elementi (per radiatore)	$\phi_{em,nom, rad}$ [W]
				1	15	2025
F	15	3	3.10 aula	1	15	2025
				1	15	2025
				1	18	2430
				1	18	2430
F	15	3	3.11 aula	1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
F	15	3	3.13 aula	1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
F	16	2	disimpegno manica destra	1	16	2160
						0
						0
F	16	2	vano scala_1	0	0	0
F	16	2	vano scala_4	0	0	0
F	16	2	2.03 lab. elettronica	1	17	2295
				1	10	1350
						0
						0
						0
F	16	2	2.08 spogl. Bidelli	1	20	2700
F	16	2	rip. (sono bagni inutilizzati)	1	19	2565
				1	20	2700
F	16	2	bagni	1	14	1890
F	16	2	2.12 rip.	1	27	3645
F	16	2	bagni	1	10	1350
				1	14	1890
F	16	3	disimpegno manica destra	1	27	3645
						0
						0
						0
F	16	3	vano scala_1	0	0	0
F	16	3	vano scala_4	0	0	0
F	16	3	3.01 lab. biologia	1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
F	16	3	rip. (sono bagni inutilizzati)	1	19	2565
				1	20	2700
F	16	3	3.12 rip	1	15	2025
				1	15	2025
F	16	3	bagni	1	9	1215

Sottocircuito di distribuzione	Zona termica	Piano	Ambiente	Calcolo della potenza installata (terminali di emissione)		
				n° radiatori	n° elementi (per radiatore)	$\phi_{em,nom, rad}$ [W]
F	16	3	rip.	0	0	0
F	16	3	rip.	0	0	0
F	16	3	bagni	1	14	1890
				1	10	1350
D	16	3	bagni	1	23	3105
D	17	2	disimpegno manica sinistra	1	16	2160
D	17	2	vano scala_2	0	0	0
D	17	2	vano scala_3	0	0	0
D	17	2	bagni	1	20	2700
				1	10	1350
D	17	2	bagni	1	20	2700
				1	10	1350
D	17	2	bagni	0	0	0
D	17	2	2.16 rip.	1	18	2430
D	17	3	disimpegno manica sinistra			0
						0
						0
D	17	3	vano scala_2	0	0	0
D	17	3	vano scala_3	1	16	2160
D	17	3	bagni	1	14	1890
				1	10	1350
D	17	3	3.17 rip.	1	19	2565
D	18	2	2.14 lab. ELT/ELN	1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
D	18	2	2.15 lab. robotica	1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
				1	7	945
D	18	2	2.18 lab. TPS-ELE	1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
D	18	2	2.19 lab. TLC	1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430

Sottocircuito di distribuzione	Zona termica	Piano	Ambiente	Calcolo della potenza installata (terminali di emissione)		
				n° radiatori	n° elementi (per radiatore)	$\phi_{em,nom, rad}$ [W]
				1	18	2430
D	18	2	2.20 lab. SIS-ELE	1	17	2295
				1	17	2295
				1	17	2295
				1	17	2295
				1	17	2295
				1	17	2295
D	18	3	3.14 lab. Fisica-L	1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
				1	19	2565
				1	19	2565
D	18	3	3.15 lab. Fisica-B	1	19	2565
				1	19	2565
				1	19	2565
				1	18	2430
D	18	3	3.18 lab. Chimica-B	1	20	2700
				1	20	2700
				1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
				1	16	2160
				1	16	2160
D	18	3	3.19 lab. chimica (tecnico di laboratorio)	1	16	2160
				1	16	2160
D	18	3	3.20 lab. Chimica-L	1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
				1	16	2160
				1	17	2295
D	19	2	2.17 aula ex TDP	1	17	2295
				1	18	2430
				1	18	2430
				1	18	2430
D	19	3	3.16 aula	1	18	2430
				1	19	2565
				1	19	2565
D	19	3	3.16 aula	1	19	2565
				1	19	2565
				1	19	2565

Sottocircuito di distribuzione	Zona termica	Piano	Ambiente	Calcolo della potenza installata (terminali di emissione)		
				n° radiatori	n° elementi (per radiatore)	$\phi_{em,nom, rad}$ [W]
D	20	3	3.03 lab. TEC-DIS	1	16	2160
				1	16	2160
				1	20	2700
				1	20	2700
				1	17	2295

Allegato D. Apparecchiature elettriche e dispositivi di illuminazione artificiale

Tabella D.1. Apparecchiature elettriche presenti negli ambienti

Ambiente	Zona termica	Categoria d'uso	Apparecchiature elettriche			
			Computer	Proiettore	Stampante	Fotocopiatrice
Aula Magna ¹⁷	4	Aule	1	1	1	1
Bar ¹⁸	5	Zone non occupate	0	0	0	0
Sala Professori	6	Uffici	3	0	1	0
0.09 Aula MT/ST	9	Aule	1	1	0	0
Sala Riunioni 1.27	9	Aule	1	1	0	0
0.10 lab SIS - I	10	Laboratori	17	1	2	0
0.12 aula di informatica	10	Laboratori	18	0	1	0
0.14 lab. Multimediale	10	Laboratori	18	1	1	0
Ufficio 0.11	11	Uffici	1	0	0	0
Ufficio 0.13	11	Uffici	1	0	0	0
Ufficio 1.19	11	Uffici	3	0	0	1
Ufficio 1.20	11	Uffici	1	0	0	0
Ufficio 1.25	11	Uffici	2	0	2	0
Ufficio del Tecnico 1.26	11	Uffici	1	0	0	0
Ufficio 1.28	11	Uffici	1	0	1	1
Ufficio Preside 1.29	11	Uffici	1	0	0	0
Ufficio 1.30	11	Uffici	0	0	1	0
Ufficio 1.31	11	Uffici	3	0	1	0
0.17 Biblioteca	12	Uffici	2	0	1	0
Aula 1.03	13	Aule	1	0	0	0
Aula 1.05	13	Aule	1	0	0	0
Aula 1.06	13	Aule	1	0	0	0

¹⁷ Ulteriori apparecchiature presenti: n. 2 schermi LCD 27 “.

¹⁸ Come detto precedentemente, il locale bar non è separato dal disimpegno. Le apparecchiature rilevate in tale locale sono: n.1 forno, n.1 piastra, n.1 lavastoviglie, n.1 macchina del ghiaccio, n.1 macchina per caffè, n.1 macchina per decaffeinato, n.1 banco frigo gelati, n.2 frigoriferi. A servizio del locale bar vi è anche il ripostiglio 0.06 che presenta: n.2 forni a microonde, n.2 congelatori, n.1 forno, n.1 frigorifero.

Ambiente	Zona termica	Categoria d'uso	Apparecchiature elettriche			
			Computer	Proiettore	Stampante	Fotocopiatrice
Aula 1.07	13	Aule	1	0	0	0
Aula 1.08	13	Aule	1	0	0	0
Aula 1.09	13	Aule	1	0	0	0
Aula 1.10	13	Aule	1	0	0	0
Aula 1.13	13	Aule	1	0	0	0
Aula 1.14	13	Aule	1	0	0	0
Aula 1.17	13	Aule	1	0	0	0
Ufficio 1.01	14	Uffici	2	0	2	0
Aula 2.01	15	Aule	1	1	0	0
Aula 2.04	15	Aule	0	1	0	0
Aula 2.05	15	Aule	1	0	0	0
Aula 2.06	15	Aule	1	0	0	0
Aula 2.07	15	Aule	1	0	0	0
Aula 2.09	15	Aule	1	0	0	0
Aula 2.10	15	Aule	1	0	0	0
Aula 2.11	15	Aule	1	0	0	0
Aula 2.13	15	Aule	1	0	0	0
Aula 3.02	15	Aule	1	0	0	0
Aula 3.04	15	Aule	1	0	0	0
Aula 3.05	15	Aule	1	0	0	0
Aula 3.06	15	Aule	1	0	0	0
Aula 3.07	15	Aule	1	0	0	0
Aula 3.08	15	Aule	1	0	0	0
Aula 3.09	15	Aule	1	0	0	0
Aula 3.10	15	Aule	1	0	0	0
Aula 3.11	15	Aule	1	1	0	0
Aula 3.13	15	Aule	1	0	0	0
2.14 lab. EN/TL	18	Laboratori	4	0	2	0
2.15 lab. Robotica	18	Laboratori	13	0	0	0

Ambiente	Zona termica	Categoria d'uso	Apparecchiature elettriche			
			Computer	Proiettore	Stampante	Fotocopiatrice
2.18 lab. TPS - ELE	18	Laboratori	18	1	3	0
2.19 lab. EL/TL INF	18	Laboratori	13	1	0	0
2.20 lab. SIS - ELE	18	Laboratori	16	1	0	0
3.14 lab. FISICA-L	18	Laboratori	4	0	1	0
3.15 lab. FISICA-B	18	Laboratori	2	0	2	0
3.18 lab. CHIMICA-B ¹⁹	18	Laboratori	2	0	1	0
3.19 lab. CHIMICA (Uff. Tec.) ²⁰	18	Laboratori	1	0	1	0
3.20 lab. CHIMICA-L ²¹	18	Laboratori	1	0	1	0
Aula ex TDP 2.17	19	Aule	1	1	0	0
Aula 3.16	19	Aule	2	1	0	0
3.03 lab. TEC - DIS	20	Laboratori	13	1	1	0

Tabella D.2. Dispositivi di illuminazione artificiale presenti negli ambienti

Ambiente	Zona termica	Categoria d'uso	Dispositivi di illuminazione artificiale			
			Neon fluorescenti [P _{el} =58 W]	Neon fluorescenti [P _{el} =18 W]	Lampade ad incandescenza [P _{el} =120 W]	Lampade di emergenza
Palestra esterna	1	Palestre	0	0	12	12
Disimpegno spogliatoi, vano scala_4, spogliatoio, bagni 1, spogliatoio "B", bagni 2, bagni 3, spogliatoio "A", infermeria, bagni 4	2	Zone non occupate	8	70	0	3
Palestra muscolarizzazione	3	Palestre	21	0	0	0
Aula Magna	4	Aule	0	192	0	2
Disimpegno manica destra, atrio_1, 0.05 rip., bagni 1, 0.06rip., 0.07 rip., 0.08 infermeria, bagni 2 - PIANO 0	5	Zone non occupate	40	0	0	5

¹⁹ Ulteriori apparecchiature presenti: n.1 armadio motorizzato; n.1 frigorifero.

²⁰ Ulteriori apparecchiature presenti: n.1 armadio motorizzato.

²¹ Ulteriori apparecchiature presenti: n.1 armadio motorizzato.

Ambiente	Zona termica	Categoria d'uso	Dispositivi di illuminazione artificiale			
			Neon fluorescenti [P _{el} =58 W]	Neon fluorescenti [P _{el} =18 W]	Lampade ad incandescenza [P _{el} =120 W]	Lampade di emergenza
Disimpegno manica destra, vano scala_1, vano scala_4, 1.02 rip., 1.04 aula, 1.11 rip., rip., 1.12 spogl. bidelli, bagni 1, 1.16 rip., bagni 2 - PIANO 1	5	Zone non occupate	47	0	0	11
Sala Professori	6	Uffici	24	0	0	1
Guardiola	6	Uffici	0	8	0	0
0.01 Sala Musica	7	Laboratori	0	0	9	0
0.02 Sala Musica	7	Laboratori	0	0	6	0
Disimpegno manica sinistra, atrio_2, vano scala_3, bagni 3, 0.15 rip., 0.16 rip., 0.18 magazzino, 0.19 rip. - PIANO 0	8	Zone non occupate	46	0	0	8
Disimpegno manica sinistra, bagni 3, vano scala_2, vano scala_3, bagni 4, 1.18 rip., 1.21 ufficio, 1.22 rip., 1.23 rip., 1.24 rip., 1.32 rip. - PIANO 1	8	Zone non occupate	30	0	1	10
0.09 Aula MT/ST	9	Aule	20	0	0	1
Sala Riunioni 1.27	9	Aule	24	0	1	0
0.10 lab SIS - I	10	Laboratori	16	0	0	0
0.12 aula di informatica	10	Laboratori	32	0	0	0
0.14 lab. Multimediale	10	Laboratori	32	0	0	1
Ufficio 0.11	11	Uffici	4	0	0	0
Ufficio 0.13	11	Uffici	8	0	0	1
Ufficio 1.19	11	Uffici	12	0	0	1
Ufficio 1.20	11	Uffici	12	0	0	0
Ufficio 1.25	11	Uffici	8	0	0	1
Ufficio del Tecnico 1.26	11	Uffici	4	0	0	0

Ambiente	Zona termica	Categoria d'uso	Dispositivi di illuminazione artificiale			
			Neon fluorescenti [P _{el} =58 W]	Neon fluorescenti [P _{el} =18 W]	Lampade ad incandescenza [P _{el} =120 W]	Lampade di emergenza
Ufficio 1.28	11	Uffici	0	0	3	0
Ufficio Preside 1.29	11	Uffici	0	0	2	1
Ufficio 1.30	11	Uffici	4	0	0	1
Ufficio 1.31	11	Uffici	4	0	0	1
0.17 Biblioteca	12	Uffici	58	0	0	2
Aula 1.03	13	Aule	16	0	0	1
Aula 1.05	13	Aule	11	0	0	1
Aula 1.06	13	Aule	11	0	0	1
Aula 1.07	13	Aule	10	0	0	1
Aula 1.08	13	Aule	10	0	0	1
Aula 1.09	13	Aule	10	0	0	1
Aula 1.10	13	Aule	10	0	0	1
Aula 1.13	13	Aule	12	0	0	1
Aula 1.14	13	Aule	10	0	0	1
Aula 1.15	13	Aule	8	0	0	1
Aula 1.17	13	Aule	15	0	0	1
Ufficio 1.01	14	Uffici	12	0	0	1
Aula 2.01	15	Aule	36	0	0	1
Aula 2.02	15	Aule	13	0	0	1
Aula 2.04	15	Aule	12	0	0	1
Aula 2.05	15	Aule	10	0	0	0
Aula 2.06	15	Aule	10	0	0	0
Aula 2.07	15	Aule	10	0	0	1
Aula 2.09	15	Aule	12	0	0	0
Aula 2.10	15	Aule	8	0	0	0
Aula 2.11	15	Aule	10	0	0	0
Aula 2.13	15	Aule	9	0	0	0
Aula 3.02	15	Aule	8	0	0	0

Ambiente	Zona termica	Categoria d'uso	Dispositivi di illuminazione artificiale			
			Neon fluorescenti [P _{el} =58 W]	Neon fluorescenti [P _{el} =18 W]	Lampade ad incandescenza [P _{el} =120 W]	Lampade di emergenza
Aula 3.04	15	Aule	22	0	0	2
Aula 3.05	15	Aule	12	0	0	1
Aula 3.06	15	Aule	16	0	0	0
Aula 3.07	15	Aule	12	0	0	0
Aula 3.08	15	Aule	16	0	0	1
Aula 3.09	15	Aule	12	0	0	2
Aula 3.10	15	Aule	12	0	0	2
Aula 3.11	15	Aule	0	0	0	1
Aula 3.13	15	Aule	12	0	0	0
Disimpegno manica destra, vano scala_1, vano scala_4, 2.03 lab. elettronica, 2.08 spogl. bidelli, rip. (sono bagni inutilizzati), bagni 1, 2.12 rip., bagni 2 - PIANO 2	16	Zone non occupate	36	0	0	8
Disimpegno manica destra, vano scala_1, vano scala_4, 3.01 lab. biologia, rip. (sono bagni inutilizzati), 3.12 rip, bagni 1, rip., rip., bagni 2 - PIANO 3	16	Zone non occupate	31	0	0	13
Disimpegno manica sinistra, vano scala_2, vano scala_3, bagni 3, bagni 4, bagni 5, 2.16 rip. - PIANO 2	17	Zone non occupate	23	2	0	12
Disimpegno manica sinistra, vano scala_2, vano scala_3, bagni 3, bagni 4, 3.17 rip. - PIANO 3	17	Zone non occupate	19	0	0	12
2.14 lab. EN/TL	18	Laboratori	24	0	0	2
2.15 lab. Robotica	18	Laboratori	18	0	0	1
2.18 lab. TPS - ELE	18	Laboratori	28	0	0	2

Ambiente	Zona termica	Categoria d'uso	Dispositivi di illuminazione artificiale			
			Neon fluorescenti [P _{el} =58 W]	Neon fluorescenti [P _{el} =18 W]	Lampade ad incandescenza [P _{el} =120 W]	Lampade di emergenza
2.19 lab. EL/TL INF	18	Laboratori	24	0	0	2
2.20 lab. SIS - ELE	18	Laboratori	22	0	0	0
3.14 lab. FISICA-L	18	Laboratori	18	0	0	2
3.15 lab. FISICA-B	18	Laboratori	22	0	0	2
3.18 lab. CHIMICA-B	18	Laboratori	32	0	0	3
3.19 lab. CHIMICA (Uff. Tec.)	18	Laboratori	6	0	0	1
3.20 lab. CHIMICA-L	18	Laboratori	28	0	0	2
Aula ex TDP 2.17	19	Aule	20	0	0	1
Aula 3.16	19	Aule	16	0	0	1
3.03 lab. TEC - DIS	20	Laboratori	22	0	0	2

Allegato E. Informazioni relative all'utenza e all'occupazione

U.S. "Giuseppe Pansa"

Lunedì

23/10/2015 12:05 - Pagina 1

ORA	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
0.00	INFORMAZIONE GENERALE						
0.01	INFORMAZIONE GENERALE						
0.02	INFORMAZIONE GENERALE						
0.03	INFORMAZIONE GENERALE						
0.04	INFORMAZIONE GENERALE						
0.05	INFORMAZIONE GENERALE						
0.06	INFORMAZIONE GENERALE						
0.07	INFORMAZIONE GENERALE						
0.08	INFORMAZIONE GENERALE						
0.09	INFORMAZIONE GENERALE						
0.10	INFORMAZIONE GENERALE						
0.11	INFORMAZIONE GENERALE						
0.12	INFORMAZIONE GENERALE						
0.13	INFORMAZIONE GENERALE						
0.14	INFORMAZIONE GENERALE						
0.15	INFORMAZIONE GENERALE						
0.16	INFORMAZIONE GENERALE						
0.17	INFORMAZIONE GENERALE						
0.18	INFORMAZIONE GENERALE						
0.19	INFORMAZIONE GENERALE						
0.20	INFORMAZIONE GENERALE						
0.21	INFORMAZIONE GENERALE						
0.22	INFORMAZIONE GENERALE						
0.23	INFORMAZIONE GENERALE						
0.24	INFORMAZIONE GENERALE						
0.25	INFORMAZIONE GENERALE						
0.26	INFORMAZIONE GENERALE						
0.27	INFORMAZIONE GENERALE						
0.28	INFORMAZIONE GENERALE						
0.29	INFORMAZIONE GENERALE						
0.30	INFORMAZIONE GENERALE						
0.31	INFORMAZIONE GENERALE						
0.32	INFORMAZIONE GENERALE						
0.33	INFORMAZIONE GENERALE						
0.34	INFORMAZIONE GENERALE						
0.35	INFORMAZIONE GENERALE						
0.36	INFORMAZIONE GENERALE						
0.37	INFORMAZIONE GENERALE						
0.38	INFORMAZIONE GENERALE						
0.39	INFORMAZIONE GENERALE						
0.40	INFORMAZIONE GENERALE						
0.41	INFORMAZIONE GENERALE						
0.42	INFORMAZIONE GENERALE						
0.43	INFORMAZIONE GENERALE						
0.44	INFORMAZIONE GENERALE						
0.45	INFORMAZIONE GENERALE						
0.46	INFORMAZIONE GENERALE						
0.47	INFORMAZIONE GENERALE						
0.48	INFORMAZIONE GENERALE						
0.49	INFORMAZIONE GENERALE						
0.50	INFORMAZIONE GENERALE						
0.51	INFORMAZIONE GENERALE						
0.52	INFORMAZIONE GENERALE						
0.53	INFORMAZIONE GENERALE						
0.54	INFORMAZIONE GENERALE						
0.55	INFORMAZIONE GENERALE						
0.56	INFORMAZIONE GENERALE						
0.57	INFORMAZIONE GENERALE						
0.58	INFORMAZIONE GENERALE						
0.59	INFORMAZIONE GENERALE						
0.60	INFORMAZIONE GENERALE						
0.61	INFORMAZIONE GENERALE						
0.62	INFORMAZIONE GENERALE						
0.63	INFORMAZIONE GENERALE						
0.64	INFORMAZIONE GENERALE						
0.65	INFORMAZIONE GENERALE						
0.66	INFORMAZIONE GENERALE						
0.67	INFORMAZIONE GENERALE						
0.68	INFORMAZIONE GENERALE						
0.69	INFORMAZIONE GENERALE						
0.70	INFORMAZIONE GENERALE						
0.71	INFORMAZIONE GENERALE						
0.72	INFORMAZIONE GENERALE						
0.73	INFORMAZIONE GENERALE						
0.74	INFORMAZIONE GENERALE						
0.75	INFORMAZIONE GENERALE						
0.76	INFORMAZIONE GENERALE						
0.77	INFORMAZIONE GENERALE						
0.78	INFORMAZIONE GENERALE						
0.79	INFORMAZIONE GENERALE						
0.80	INFORMAZIONE GENERALE						
0.81	INFORMAZIONE GENERALE						
0.82	INFORMAZIONE GENERALE						
0.83	INFORMAZIONE GENERALE						
0.84	INFORMAZIONE GENERALE						
0.85	INFORMAZIONE GENERALE						
0.86	INFORMAZIONE GENERALE						
0.87	INFORMAZIONE GENERALE						
0.88	INFORMAZIONE GENERALE						
0.89	INFORMAZIONE GENERALE						
0.90	INFORMAZIONE GENERALE						
0.91	INFORMAZIONE GENERALE						
0.92	INFORMAZIONE GENERALE						
0.93	INFORMAZIONE GENERALE						
0.94	INFORMAZIONE GENERALE						
0.95	INFORMAZIONE GENERALE						
0.96	INFORMAZIONE GENERALE						
0.97	INFORMAZIONE GENERALE						
0.98	INFORMAZIONE GENERALE						
0.99	INFORMAZIONE GENERALE						
1.00	INFORMAZIONE GENERALE						

Stato compilato in vigore del 28/10/15
G. Pansa

Figura E.1. Occupazione per ogni ambiente - Settimana tipo - Lunedì (da Dirigente scolastico)

Figura E.2. Occupazione per ogni ambiente - Settimana tipo - Martedì (da Dirigente scolastico)

23/10/2019 12:08 - Pagina 1

Chlorine

227

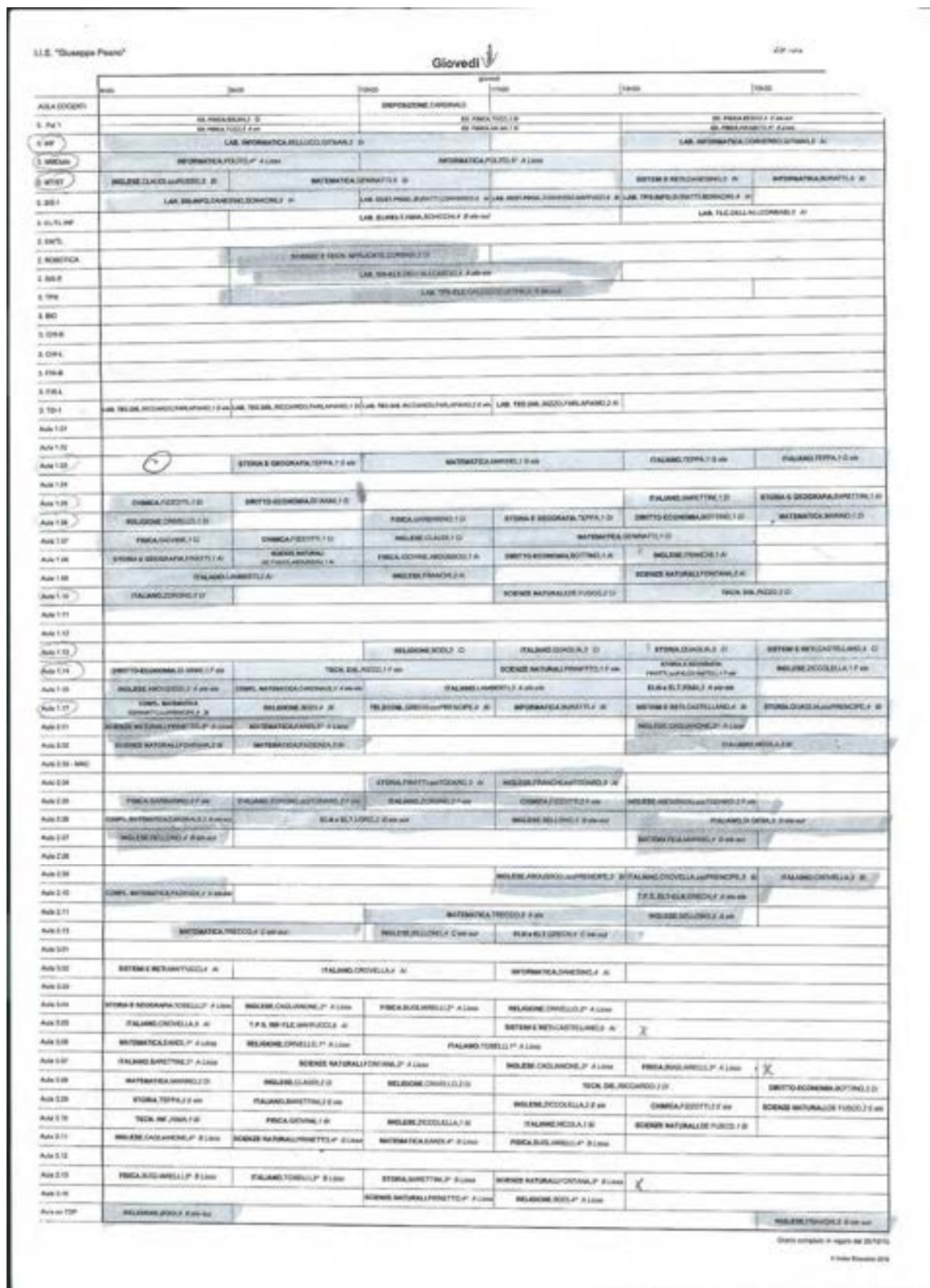


Figura E.4. Occupazione per ogni ambiente - Settimana tipo - Giovedì (da Dirigente scolastico)

Opus completum in septem dec. libris

229

Figura E.6. Occupazione per ogni ambiente - Settimana tipo - Sabato (da Dirigente scolastico)

Tabella E.1. Presenza occupanti (numero di persone, fattore di occupazione medio giornaliero e settimanale) - Giorni della settimana tipo

AMBIENTI	Dispon.	N°pers.	Focc caratteristico	LUNEDI'																N°Pers. medio/ giorno	FOm,gg	MARTEDI'																N°Pers. medio/ giorno	FOm,gg
	(-)	(-)	(%)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	(-)	(%)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	(-)	(%)
Aula Magna	145	0	VARIABILE	0	23	23	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	24	23	26	26	0	20	20	20	20	20	20	0	0	0	0	9	6
Biblioteca 1	59	0	VARIABILE	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	8	8	8	0	0	0	0	0	1	2		
0.09 Aula MT/ST	41	17	42	0	17	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	0	17	17	0	0	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	
Aula 1.03	25	25	102	0	25	25	0	25	25	25	0	0	0	0	15	15	15	15	15	8	34	0	25	25	0	0	25	0	0	0	0	0	15	15	15	15	15	6	25
Aula 1.05	31	27	87	0	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	0	27	0	27	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	18	
Aula 1.06	26	24	92	0	24	24	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	6	23	0	24	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	19	
Aula 1.07	24	24	99	0	0	0	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16	
Aula 1.08	24	23	95	0	23	23	23	0	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	5	20	0	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	
Aula 1.09	24	24	99	0	24	24	24	24	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	5	21	0	24	24	0	0	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16	
Aula 1.10	24	19	78	0	19	19	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	0	0	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13	
Aula 1.13	31	26	85	0	26	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	0	26	26	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	21	
Aula 1.14	23	23	102	0	23	23	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	6	26	0	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	17	
Aula 1.15	23	23	99	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	
Aula 1.17	31	28	92	0	28	28	28	28	28	0	0	0	0	0	15	15	15	15	15	9	29	0	0	0	0	0	28	28	0	0	0	0	15	15	15	15	15	5	18
Sala Riunioni 1.27	51	0	VARIABILE	0	0	19	31	31	23	21	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0	25	0	24	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	
Aula ex TDP 2.17	42	17	41	0	17	0	0	0	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	17	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	
Aula 2.01	41	31	76	0	31	31	31	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	16	0	0	0	31	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	
Aula 2.02	27	26	96	0	0	0	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16	0	26	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	20	
Aula 2.04	32	27	84	0	0	0	27	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	5	14	0	27	27	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	17	
Aula 2.05	24	24	100	0	24	24	0	0	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	4	17	0	24	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	21	
Aula 2.06	32	26	80	0	0	0	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	4	13	0	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	
Aula 2.07	24	21	86	0	21	0	0	0	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	0	21	21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	
Aula 2.09	31	26	85	0	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	0	0	0	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	
Aula 2.10	24	17	71	0	17	0	0	0	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	0	17	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	
Aula 2.11	33	26	80	0	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	13	0	26	26	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	20	
Aula 2.13	24	21	86	0	21	21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	0	0	0	0	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	
Aula 3.02	25	22	89	0	22	22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	0	22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	
Aula 3.04	49	29	60	0	0	29	29	29	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	0	29	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	
Aula 3.05	23	17	72	0	17	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	0	0	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	
Aula 3.06	31	27	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	
Aula 3.07	23	20	86	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	0	20	20	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	
Aula 3.08	28	27	95	0	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	0	27	27	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	20	
Aula 3.09	24	17	71	0	17	17	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	0	17	17	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	
Aula 3.10	23	23	99	0	23	23	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	6	25	0	23	23	0	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	21	
Aula 3.11	24	21	87	0	21	21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	0	21	21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	
Aula 3.13	24	21	87	0	21	21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	0	21	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	
Aula 3.16	30	29	96	0	29	29	29	29	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	20	0	29	29	29	29	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	20	

Tabella E.2. Presenza occupanti (numero di persone, fattore di occupazione medio giornaliero e settimanale) - Giorni della settimana tipo

AMBIENTI	Dispon.	N°pers.	Focc caratteristico	MERCOLEDI'																		N°Pers. medio/ giorno	F0m,gg	GIOVEDI'																N°Pers. medio/ giorno	F0m,gg
	(-)	(-)	(%)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	(-)	(%)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	##	18	19	20	##	##	(-)	(%)		
Aula Magna	145	0	VARIABILE	0	0	0	25	24	23	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	24	27	27	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3		
Biblioteca 1	59	0	VARIABILE	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
0.09 Aula MT/ST	41	17	42	0	17	17	0	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	0	17	17	17	0	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9		
Aula 1.03	25	25	102	0	25	25	25	25	25	25	0	0	0	0	15	15	15	15	15	9	38	0	0	25	25	25	25	25	0	0	0	0	15	15	15	0	0	7	29		
Aula 1.05	31	27	87	0	27	27	27	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	14	0	27	27	0	0	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	14	
Aula 1.06	26	24	92	0	0	0	0	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	0	24	0	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	19	
Aula 1.07	24	24	99	0	24	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	21	0	24	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	21	
Aula 1.08	24	23	95	0	0	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16	0	23	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	20	
Aula 1.09	24	24	99	0	24	24	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	25	0	24	24	24	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16	
Aula 1.10	24	19	78	0	19	19	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	20	0	19	0	0	19	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13	
Aula 1.13	31	26	85	0	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	0	0	0	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	
Aula 1.14	23	23	102	0	23	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	21	0	23	23	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	26	
Aula 1.15	23	23	99	0	23	23	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	25	0	23	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	21	
Aula 1.17	31	28	92	0	28	28	28	28	28	0	0	0	0	0	15	15	15	15	15	9	29	0	28	28	28	28	28	28	0	0	0	0	15	15	15	0	0	9	29		
Sala Riunioni 1.27	51	0	VARIABILE	0	27	27	27	23	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0	17	23	0	19	23	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	9	
Aula ex TDP 2.17	42	17	41	0	17	17	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	17	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	
Aula 2.01	41	31	76	0	0	0	31	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	0	31	31	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	
Aula 2.02	27	26	96	0	26	26	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	0	26	26	0	0	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16	
Aula 2.04	32	27	84	0	27	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	0	0	0	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	
Aula 2.05	24	24	100	0	0	0	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	0	24	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	21	
Aula 2.06	32	26	80	0	0	0	0	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	0	26	26	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	20	
Aula 2.07	24	21	86	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	21	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	
Aula 2.09	31	26	85	0	26	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	18	0	0	0	0	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	
Aula 2.10	24	17	71	0	17	17	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	0	17	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	
Aula 2.11	33	26	80	0	26	0	0	0	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	0	0	0	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	
Aula 2.13	24	21	86	0	21	21	21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	22	0	21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	
Aula 3.02	25	22	89	0	22	22	22	22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	19	0	22	22	22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	
Aula 3.04	49	29	60	0	29	29	29	29	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	12	0	29	29	29	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	
Aula 3.05	23	17	72	0	0	0	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	0	17	17	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	
Aula 3.06	31	27	87	0	27	27	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	18	0	27	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	14	
Aula 3.07	23	20	86	0	20	20	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	0	20	20	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	
Aula 3.08	28	27	95	0	27	27	27	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	24	0	27	27	27	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	24	
Aula 3.09	24	17	71	0	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	0	17	17	0	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	
Aula 3.10	23	23	99	0	23	0	0	0	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	0	23	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	21	
Aula 3.11	24	21	87	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	
Aula 3.13	24	21	87	0	21	21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	0	21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	
Aula 3.16	30	29	96	0	29	29	29	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	16	0	0	0	29	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8		

Tabella E.3. Presenza occupanti (numero di persone, fattore di occupazione medio giornaliero e settimanale) - Giorni della settimana tipo

AMBIENTI	Dispon.	N°pers.	Focc caratteristico	VENERDI'																		N°Pers. medio/ giorno	F0m,gg	SABATO														N°Pers. medio/ giorno	F0m,gg	N°Pers. medio/ sett	Fom,sett
	(-)	(-)	(%)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	(-)	(%)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	(-)	(%)	(-)	(%)
Aula Magna	145	0	VARIABILE	0	27	20	20	0	0	20	20	20	20	20	0	0	0	0	8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3
Biblioteca 1	59	0	VARIABILE	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
0.09 Aula MT/ST	41	17	42	0	0	0	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5
Aula 1.03	25	25	102	0	25	25	25	0	0	0	0	0	0	0	15	15	15	15	0	6	23	0	25	25	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	17	6	24
Aula 1.05	31	27	87	0	27	27	27	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	7	22	0	27	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	14	4	13
Aula 1.06	26	24	92	0	24	24	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	6	23	0	0	0	24	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	4	14
Aula 1.07	24	24	99	0	24	24	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	6	25	0	24	24	0	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16	4	15
Aula 1.08	24	23	95	0	23	23	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	6	24	0	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16	4	15
Aula 1.09	24	24	99	0	24	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	21	0	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	4	15
Aula 1.10	24	19	78	0	19	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16	0	0	19	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	3	12
Aula 1.13	31	26	85	0	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	0	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	3	11
Aula 1.14	23	23	102	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	23	0	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	17	4	16
Aula 1.15	23	23	99	0	0	0	0	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	0	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	17	3	13
Aula 1.17	31	28	92	0	0	0	0	0	28	28	0	0	0	0	15	15	15	15	0	5	16	0	0	0	28	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	6	18
Sala Riunioni 1.27	51	0	VARIABILE	0	0	31	0	0	26	23	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	0	26	17	17	27	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	9	4	7
Aula ex TDP 2.17	42	17	41	0	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	2	5
Aula 2.01	41	31	76	0	31	31	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	13	0	31	31	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	13	4	10
Aula 2.02	27	26	96	0	26	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	20	0	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16	4	14
Aula 2.04	32	27	84	0	27	27	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	17	0	27	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	14	4	11
Aula 2.05	24	24	100	0	24	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	21	0	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	17	4	15
Aula 2.06	32	26	80	0	26	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	17	0	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	3	11
Aula 2.07	24	21	86	0	21	21	21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	5	22	0	21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	3	11
Aula 2.09	31	26	85	0	0	0	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	0	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	3	11
Aula 2.10	24	17	71	0	17	17	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	0	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	2	9
Aula 2.11	33	26	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	26	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	13	3	10
Aula 2.13	24	21	86	0	21	0	0	0	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	3	11
Aula 3.02	25	22	89	0	22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	0	22	22	22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	3	11
Aula 3.04	49	29	60	0	29	29	29	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	0	29	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	4	7
Aula 3.05	23	17	72	0	0	0	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	0	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	2	9
Aula 3.06	31	27	87	0	27	27	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	18	0	0	0	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	3	10
Aula 3.07	23	20	86	0	20	20	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	0	20	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	14	3	12
Aula 3.08	28	27	95	0	27	0	0	27	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	0	27	0	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	4	14
Aula 3.09	24	17	71	0	0	17	17	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	0	0	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	3	11
Aula 3.10	23	23	99	0	23	23	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	6	25	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	15
Aula 3.11	24	21	87	0	0	0	21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	0	21	21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	3	12
Aula 3.13	24	21	87	0	0	0	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	0	21	21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	3	12
Aula 3.16	30	29	96	0	29	29	29	29	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	20	0	29	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	4	13

Tabella E.4. Presenza occupanti (numero di persone, fattore di occupazione medio giornaliero e settimanale) - Giorni della settimana tipo

AMBIENTI	Dispon.	N°pers.	Focc caratteristico	LUNEDI'																N°Pers. medio/ giorno	FOM,gg	MARTEDI'																N°Pers. medio/ giorno	FOM,gg
	(-)	(-)	(%)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	(-)	(%)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	(-)	(%)
Bar	54	0	VARIABILE	5	5	5	10	5	10	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	5	5	5	10	5	10	5	5	0	0	0	0	0	0	0	2	4	
0.01 Sala Musica	22	0	VARIABILE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	14	14	0	0	0	0	0	0	2	8	
0.02 Sala Musica	16	0	VARIABILE	0	0	0	0	0	0	8	19	19	19	0	0	0	0	0	0	3	17	0	0	0	0	0	0	7	23	23	23	0	0	0	0	0	0	3	19
0.10 lab SIS - I	18	0	VARIABILE	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	0	18	0	18	18	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	21	
0.12 aula di informatica	30	0	VARIABILE	0	0	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	0	29	29	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	
0.14 lab. Multimediale	29	0	VARIABILE	0	28	28	21	21	28	28	0	0	0	0	0	0	0	0	6	22	0	30	30	26	26	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	23	
2.14 lab. EN/TL	33	0	VARIABILE	0	0	18	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.15 lab. Robotica	24	0	VARIABILE	0	0	0	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	0	25	25	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	
2.18 lab. TPS - ELE	34	0	VARIABILE	0	0	18	18	18	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	4	11	0	22	22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8	
2.19 lab. EL/TL INF	32	0	VARIABILE	0	0	24	24	24	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	5	17	0	0	0	29	29	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	
2.20 lab. SIS - ELE	30	0	VARIABILE	0	0	22	22	22	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	5	16	0	0	0	0	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	
3.03 lab. TEC - DIS	30	0	VARIABILE	0	27	0	25	28	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3.14 lab. FISICA-L	33	0	VARIABILE	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	28	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	
3.15 lab. FISICA-B	31	0	VARIABILE	0	25	27	0	24	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	13	0	20	28	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	
3.18 lab. CHIMICA-B	45	0	VARIABILE	0	30	25	26	25	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	12	0	32	32	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	
3.19 lab. CHIMICA	11	0	VARIABILE	0	3	2	4	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	3	4	2	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	
3.20 lab. CHIMICA-L	40	0	VARIABILE	0	0	0	28	28	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8	0	0	22	22	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	
Palestra muscolarizzazione	25	0	VARIABILE	0	26	26	27	27	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	6	25	0	23	23	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	23	
Palestra UTA	110	0	VARIABILE	0	27	27	19	19	22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0	26	26	20	20	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	
Sala Professori	31	0	VARIABILE	5	2	2	2	2	2	2	5	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	2	2	2	2	2	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	
Ufficio 1.25	3	1	29	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
Guardiola	1	0	VARIABILE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	67	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	67	
Ufficio 0.11	2	2	92	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	23	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	23	
Ufficio 0.13	4	1	27	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
Ufficio 1.01	4	1	25	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
Ufficio 1.19	5	3	65	0	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	16	0	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	16	
Ufficio 1.20	5	2	39	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	
Ufficio del Tecnico 1.26	2	1	52	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
Ufficio 1.28	3	1	36	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
Ufficio Preside 1.29	4	1	25	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
Ufficio 1.30	4	1	25	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
Ufficio 1.31	4	2	51	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13	

Tabella E.5. Presenza occupanti (numero di persone, fattore di occupazione medio giornaliero e settimanale) - Giorni della settimana tipo

AMBIENTI	Dispon.	N°pers.	Focc caratteristico	MERCOLEDI'																		N°Pers. medio/ giorno	F0m,gg	GIOVEDI'																						N°Pers. medio/ giorno	F0m,gg
	(-)	(-)	(%)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	(-)	(%)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	(-)	(%)								
Bar	54	0	VARIABILE	5	5	5	10	5	10	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	5	5	5	10	5	10	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4								
0.01 Sala Musica	22	0	VARIABILE	0	0	0	0	0	0	0	19	19	0	0	0	0	0	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	19	19	19	0	0	0	0	0	2	11									
0.02 Sala Musica	16	0	VARIABILE	0	0	0	0	0	0	9	16	16	16	16	0	0	0	0	0	3	19	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2									
0.10 lab SIS - I	18	0	VARIABILE	0	18	18	18	0	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	25	0	28	28	18	18	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	27									
0.12 aula di informatica	30	0	VARIABILE	0	0	28	28	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	12	0	27	27	27	0	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	5	16									
0.14 lab. Multimediale	29	0	VARIABILE	0	22	22	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	13	0	30	30	32	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	18									
2.14 lab. EN/TL	33	0	VARIABILE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
2.15 lab. Robotica	24	0	VARIABILE	0	25	25	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	0	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7									
2.18 lab. TPS - ELE	34	0	VARIABILE	0	27	27	27	22	22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	18	0	0	18	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7									
2.19 lab. EL/TL INF	32	0	VARIABILE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	22	22	28	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	16									
2.20 lab. SIS - ELE	30	0	VARIABILE	0	0	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	0	0	18	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8									
3.03 lab. TEC - DIS	30	0	VARIABILE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	25	18	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	13									
3.14 lab. FISICA-L	33	0	VARIABILE	0	32	32	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
3.15 lab. FISICA-B	31	0	VARIABILE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
3.18 lab. CHIMICA-B	45	0	VARIABILE	0	24	24	25	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
3.19 lab. CHIMICA	11	0	VARIABILE	0	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3									
3.20 lab. CHIMICA-L	40	0	VARIABILE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4									
Palestra muscolarizzazione	25	0	VARIABILE	0	24	24	21	21	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	20	0	26	26	26	26	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	6	24									
Palestra UTA	110	0	VARIABILE	0	21	21	17	17	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	26	26	27	27	29	29	0	0	0	0	0	0	0	0	7	6									
Sala Professori	31	0	VARIABILE	5	2	2	2	2	2	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	2	2	2	2	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3									
Ufficio 1.25	3	1	29	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7									
Guardiola	1	0	VARIABILE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	67	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	67									
Ufficio 0.11	2	2	92	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	23	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	23									
Ufficio 0.13	4	1	27	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7									
Ufficio 1.01	4	1	25	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6									
Ufficio 1.19	5	3	65	0	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	16	0	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	16									
Ufficio 1.20	5	2	39	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10									
Ufficio del Tecnico 1.26	2	1	52	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13									
Ufficio 1.28	3	1	36	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9									
Ufficio Preside 1.29	4	1	25	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4									
Ufficio 1.30	4	1	25	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6									
Ufficio 1.31	4	2	51	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13									

Tabella E.6. Presenza occupanti (numero di persone, fattore di occupazione medio giornaliero e settimanale) - Giorni della settimana tipo

AMBIENTI	Dispon.	N°pers.	Focc caratteristico	VENERDI'																		N°Pers. medio/ giorno	FOM,gg	SABATO																		N°Pers. medio/ giorno	FOM,gg	N°Pers. medio/ sett	Fom,sett
	(-)	(-)	(%)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	(-)	(%)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	(-)	(%)	(-)	(%)				
Bar	54	0	VARIABILE	5	5	5	10	5	10	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	5	5	5	10	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	3					
0.01 Sala Musica	22	0	VARIABILE	0	0	0	0	0	0	10	19	19	0	0	0	0	0	0	0	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5					
0.02 Sala Musica	16	0	VARIABILE	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8						
0.10 lab SIS - I	18	0	VARIABILE	0	27	27	27	27	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	36	0	29	29	18	18	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	29	4	21					
0.12 aula di informatica	30	0	VARIABILE	0	29	29	23	23	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	19	0	18	18	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	4	12					
0.14 lab. Multimediale	29	0	VARIABILE	0	22	22	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	13	0	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	4	14					
2.14 lab. EN/TL	33	0	VARIABILE	0	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	0	0	0	18	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	1	3					
2.15 lab. Robotica	24	0	VARIABILE	0	0	28	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8						
2.18 lab. TPS - ELE	34	0	VARIABILE	0	24	24	24	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8						
2.19 lab. EL/TL INF	32	0	VARIABILE	0	0	22	22	22	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	16	0	0	0	27	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	3	10				
2.20 lab. SIS - ELE	30	0	VARIABILE	0	0	0	0	18	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	0	22	22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	3	8				
3.03 lab. TEC - DIS	30	0	VARIABILE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	24	25	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	16	2	6				
3.14 lab. FISICA-L	33	0	VARIABILE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3						
3.15 lab. FISICA-B	31	0	VARIABILE	0	0	0	0	26	24	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	0	18	28	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	2	6				
3.18 lab. CHIMICA-B	45	0	VARIABILE	0	18	24	0	25	28	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	11	0	0	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	3	7				
3.19 lab. CHIMICA	11	0	VARIABILE	0	3	3	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	1	3	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4					
3.20 lab. CHIMICA-L	40	0	VARIABILE	0	22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3						
Palestra muscolarizzazione	25	0	VARIABILE	0	17	17	28	28	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	25	0	23	23	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	5	19				
Palestra UTA	110	0	VARIABILE	0	17	17	17	17	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0	27	27	29	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	5	4				
Sala Professori	31	0	VARIABILE	5	2	2	2	2	2	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	2	2	2	2	2	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	3				
Ufficio 1.25	3	1	29	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	6					
Guardiola	1	0	VARIABILE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	67	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	38	1	53					
Ufficio 0.11	2	2	92	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	23	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	23	0	20				
Ufficio 0.13	4	1	27	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	6					
Ufficio 1.01	4	1	25	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	5					
Ufficio 1.19	5	3	65	0	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	16	0	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	16	1	14				
Ufficio 1.20	5	2	39	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0	8				
Ufficio del Tecnico 1.26	2	1	52	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	11				
Ufficio 1.28	3	1	36	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	8					
Ufficio Preside 1.29	4	1	25	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4					
Ufficio 1.30	4	1	25	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	5					
Ufficio 1.31	4	2	51	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13	0	11				

CALENDARIO SCOLASTICO REGIONALE 2012 - 2013

SETTEMBRE 2012	OTTOBRE 2012	NOVEMBRE 2012	DICEMBRE 2012	GENNAIO 2013	FEBBRAIO 2013	MARZO 2013	APRILE 2013	MAGGIO 2013	GIUGNO 2013
1 S	1 L	1 G Tutti i Santi	1 S	1 M Capodanno	1 V	1 V	1 L Pasqua	1 M F. Lavoratori	1 S
2 D	2 M	2 V	2 D	2 M	2 S	2 S	2 M	2 G	2 D F. Repubblica
3 L	3 M	3 S	3 L	3 G	3 D	3 D	3 M	3 V	3 L
4 M	4 G	4 D	4 M	4 V	4 L	4 L	4 G	4 S	4 M
5 M	5 V	5 L	5 M	5 S	5 M	5 M	5 V	5 D	5 M
6 G	6 S	6 M	6 G	6 D Epifania	6 M	6 M	6 S	6 L	6 G
7 V	7 D	7 M	7 V	7 L	7 G	7 G	7 D	7 M	7 V
8 S	8 L	8 G	8 S Immacolata	8 M	8 V	8 V	8 L	8 M	8 S
9 D	9 M	9 V	9 D	9 M	9 S	9 S	9 M	9 G	9 D
10 L	10 M	10 S	10 L	10 G	10 D	10 D	10 M	10 V	10 L
11 M	11 G	11 D	11 M	11 V	11 L	11 L	11 G	11 S	11 M
12 M Inizio lezioni	12 V	12 L	12 M	12 S	12 M Carnevale	12 M	12 V	12 D	12 M Fine lezioni
13 G	13 S	13 M	13 G	13 D	13 M	13 M	13 S	13 L	13 G
14 V	14 D	14 M	14 V	14 L	14 G	14 G	14 D	14 M	14 V
15 S	15 L	15 G	15 S	15 M	15 V	15 V	15 L	15 M	15 S
16 D	16 M	16 V	16 D	16 M	16 S	16 S	16 M	16 G	16 D
17 L	17 M	17 S	17 L	17 G	17 D	17 D	17 M	17 V	17 L
18 M	18 G	18 D	18 M	18 V	18 L	18 L	18 G	18 S	18 M
19 M	19 V	19 L	19 M	19 S	19 M	19 M	19 V	19 D	19 M
20 G	20 S	20 M	20 G	20 D	20 M	20 M	20 S	20 L	20 G
21 V	21 D	21 M	21 V	21 L	21 G	21 G	21 D	21 M	21 V
22 S	22 L	22 G	22 S	22 M	22 V	22 V	22 L	22 M	22 S
23 D	23 M	23 V	23 D	23 M	23 S	23 S	23 M	23 G	23 D
24 L	24 M	24 S	24 L	24 G	24 D	24 D	24 M	24 V	24 L
25 M	25 G	25 D	25 M Natale	25 V	25 L	25 L	25 G F. Liberazione	25 S	25 M
26 M	26 V	26 L	26 M Santo Stefano	26 S	26 M	26 M	26 V	26 D	26 M
27 G	27 S	27 M	27 G	27 D	27 M	27 M	27 S	27 L	27 G
28 V	28 D	28 M	28 V	28 L	28 G	28 G	28 D	28 M	28 V
29 S	29 L	29 G	29 S	29 M	29 V	29 V	29 L	29 M	29 S Fine sc. infanzia
30 D	30 M	30 V	30 D	30 M	30 S	30 S	30 M	30 G	30 D
	31 M		31 L	31 G	31 D Pasqua		31 V		

206

221

set-12 16 (giorni)	ott-12 27 (giorni)	nov-12 23 (giorni)	dic-12 18 (giorni)	gen-13 22 (giorni)	feb-13 20 (giorni)	mar-13 23 (giorni)	apr-13 21 (giorni)	mag-13 26 (giorni)	giu-13 10 (giorni)	206 (giorni)
Inizio lezioni 12 settembre 2012										
Fine lezioni 12 giugno 2013										
Fine attività scuola infanzia 29 giugno 2013										
Inizio esami di Stato giugno 2013										
Vacanze e festività										
Domenica										
I giorni di lezione nella scuola primaria e nella scuola secondaria di 1° e 2° grado sono n. 206 e 221 per la scuola dell'infanzia che si riducono rispettivamente a 205 e a 220 nel caso in cui la ricorrenza del Santo Patrono cada in un giorno nel quale siano previste lezioni. Le lezioni sono sospese: 2.11.2012 - 3.11.2012, 24.12.2012 - 5.01.2013, 8.02.2013 - 12.02.2013, 28.03.2013 - 2.04.2013, 26.04.2013 - 27.04.2013 tutte le domeniche; il 1° novembre; l'8 dicembre; 25 dicembre; 26 dicembre; 1° gennaio; il 6 gennaio; il lunedì dopo Pasqua; il 25 aprile; 1° maggio; 2 giugno; festa Santo Patrono										
GIORNI MINIMI DI LEZIONE INDISPENSABILI PER LA VALIDITA' DELL'ANNO SCOLASTICO (Art. 74, comma 3 del D.Lgs. 297/1994)										200

Figura E.7. Calendario scolastico 2012/2013 - Regione Piemonte



CALENDARIO SCOLASTICO REGIONALE 2013 - 2014

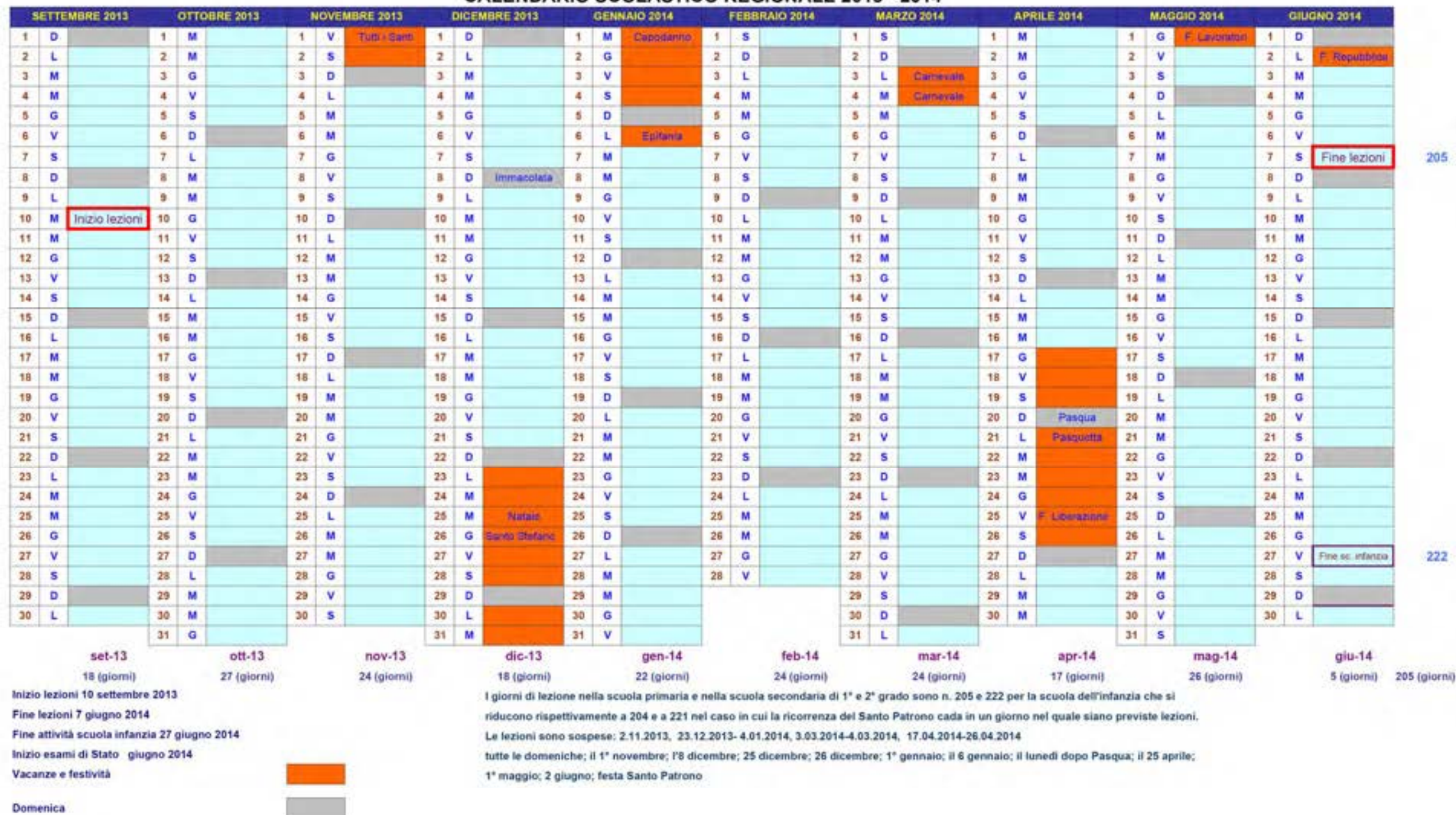


Figura E.8. Calendario scolastico 2013/2014 - Regione Piemonte



CALENDARIO SCOLASTICO REGIONALE 2014 - 2015

SETTEMBRE 2014	OTTOBRE 2014	NOVEMBRE 2014	DICEMBRE 2014	GENNAIO 2015	FEBBRAIO 2015	MARZO 2015	APRILE 2015	MAGGIO 2015	GIUGNO 2015
1 L	1 M	1 S	1 L	1 G	1 D	1 D	1 M	1 V	1 L
2 M	2 G	2 D	2 M	2 V	2 L	2 L	2 G	2 S	2 M
3 M	3 V	3 L	3 M	3 S	3 M	3 M	3 V	3 D	3 M
4 G	4 S	4 M	4 G	4 D	4 M	4 M	4 S	4 L	4 G
5 V	5 D	5 M	5 V	5 L	5 G	5 G	5 D	5 M	5 V
6 S	6 L	6 G	6 S	6 M	6 V	6 V	6 L	6 M	6 S
7 D	7 M	7 V	7 D	7 M	7 S	7 S	7 M	7 G	7 D
8 L	8 M	8 S	8 L	8 G	8 D	8 D	8 M	8 V	8 L
9 M	9 G	9 D	9 M	9 V	9 L	9 L	9 G	9 S	9 M
10 M	10 V	10 L	10 M	10 S	10 M	10 M	10 V	10 D	10 M
11 G	11 S	11 M	11 G	11 D	11 M	11 M	11 S	11 L	11 G
12 V	12 D	12 M	12 V	12 L	12 G	12 G	12 D	12 M	12 V
13 S	13 L	13 G	13 S	13 M	13 V	13 V	13 L	13 M	13 S
14 D	14 M	14 V	14 D	14 M	14 S	14 S	14 M	14 G	14 D
15 L	15 M	15 S	15 L	15 G	15 D	15 D	15 M	15 V	15 L
16 M	16 G	16 D	16 M	16 V	16 L	16 L	16 G	16 S	16 M
17 M	17 V	17 L	17 M	17 S	17 M	17 M	17 V	17 D	17 M
18 G	18 S	18 M	18 G	18 D	18 M	18 M	18 S	18 L	18 G
19 V	19 D	19 M	19 V	19 L	19 G	19 G	19 D	19 M	19 V
20 S	20 L	20 G	20 S	20 M	20 V	20 V	20 L	20 M	20 S
21 D	21 M	21 V	21 D	21 M	21 S	21 S	21 M	21 G	21 D
22 L	22 M	22 S	22 L	22 G	22 D	22 D	22 M	22 V	22 L
23 M	23 G	23 D	23 M	23 V	23 L	23 L	23 G	23 S	23 M
24 M	24 V	24 L	24 M	24 S	24 M	24 M	24 V	24 D	24 M
25 G	25 S	25 M	25 G	25 D	25 M	25 M	25 S	25 L	25 G
26 V	26 D	26 M	26 V	26 L	26 G	26 G	26 D	26 M	26 V
27 S	27 L	27 G	27 S	27 M	27 V	27 V	27 L	27 M	27 S
28 D	28 M	28 V	28 D	28 M	28 S	28 S	28 M	28 G	28 D
29 L	29 M	29 S	29 L	29 G		29 D	29 M	29 V	29 L
30 M	30 G	30 D	30 M	30 V		30 L	30 G	30 S	30 M
	31 V		31 M	31 S		31 M		31 D	
set-14 14 (giorni)	ott-14 27 (giorni)	nov-14 24 (giorni)	dic-14 19 (giorni)	gen-15 22 (giorni)	feb-15 21 (giorni)	mar-15 26 (giorni)	apr-15 20 (giorni)	mag-15 24 (giorni)	giu-15 8 (giorni)
205 223 205 (giorni)									

Inizio lezioni 15 settembre 2014
 Fine lezioni 11 giugno 2015
 Fine attività scuola infanzia 30 giugno 2015
 Inizio esami di Stato giugno 2015
 Vacanze e festività
 Domenica

I giorni di lezione nella scuola primaria e nella scuola secondaria di 1° e 2° grado sono n. 205 e 223 per la scuola dell'infanzia che si riducono rispettivamente a 204 e a 222 nel caso in cui la ricorrenza del Santo Patrono cada in un giorno nel quale siano previste lezioni.
 Le lezioni sono sospese: 24.12.2014-5.01.2015, 14.02.2015-17.02.2015, 2.04.2015-7.04.2015, 2/05/2015, 1/06/2015, tutte le domeniche; il 1° novembre; l'8 dicembre; 25 dicembre; 26 dicembre; 1° gennaio; il 6 gennaio; il lunedì dopo Pasqua; il 25 aprile; 1° maggio; 2 giugno; festa Santo Patrono.

Figura E.9. Calendario scolastico 2014/2015 - Regione Piemonte