

DIREZIONE OPERE PUBBLICHE

COMMITTENTE	SCR Piemonte		COMUNE	Città di TORINO	
LIVELLO PROGETTUALE					
PROGETTO ESECUTIVO					
CUP	TITOLO INTERVENTO				
C14E21001220001	"TORINO, IL SUO PARCO, IL SUO FIUME: MEMORIA E FUTURO' REALIZZAZIONE DELLA BIBLIOTECA CIVICA E RIQUALIFICAZIONE DEL TEATRO NUOVO				
CODICE OPERA					
22044D02					
ELABORATO N.	TITOLO ELABORATO				
SO022	Diagnosi energetica				
DATA EMISSIONE	SCALA	AREA PROGETTUALE			
22/05/2025	-	Sostenibilità			
FORMATO DI STAMPA	CODICE GENERALE ELABORATO		NOME FILE		
A4	22044D02_3_0_E_SO_00_CZ_022_0		22044D02_3_0_E_SO_00_CZ_022_0		
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE		REDATTO	CONTROLLATO
0	22/05/2025	Emissione Progetto Esecutivo a seguito dei pareri espressi dagli Enti preposti in CdS		ABDR	ABDR
IMPRESA AGGIUDICATARIA					
		COBAR S.p.A. Sede Legale: Via Selva 101; Sede Amm.: Via Monte Pollino 3 70022 Altamura (Ba) Italy			
RTP PROGETTAZIONE					
Capogruppo Mandataria:					
		ABDR Architetti Associati S.r.l.			
Mandanti:					
		MJW STRUCTURES			
		Manens S.p.A.			
Dott. Geol. Roberto Salucci		Integrazione Prestazioni Specialistiche:		Giovane Professionista:	
Biobyte s.r.l. Ing. Maria Cairoli Dott. Enrico Moretti		Arch. Michele Beccu - ABDR Architetti Associati S.r.l.		Arch. Valentina Bianchi - ABDR	
Ing. Roberto De Lieto Vollaro Ing. Alessandro Leonardi		Progettazione Categoria Edilizia - Beni Tutelati:		BIM Manager	
Arch. Laura Calcagnini		Arch. Filippo Raimondo - ABDR Architetti Associati S.r.l.		Arch. Antonella Antonilli - ABDR	
		Progettazione Categoria Strutture		Coordinatore Tecnico del Progetto:	
		Ing. Massimo Majowiecki - MJW STRUCTURES		Arch. Nicola Bissanti - ABDR	
		Progettazione Impianti Elettrici e Speciali			
		Ing. Massimo Cadorin - Manens S.p.A.			
		Progettazione Impianti Meccanici			
		Ing. Viliam Stefanutti - Manens S.p.A.			
		Geologo			
		Consulenti Acustica Sala			
		Consulenti Comfort acustico ambientale			
		Consulenti Progettazione Antincendio			
		Consulente Ambiente/DNSH			
Timbri e Firme					
Documento firmato digitalmente					
COMMITTENTE					
		SCR PIEMONTE S.p.A.			
ORGANISMO DI CONTROLLO					
		CONTECO S.p.A.			
Responsabile del Procedimento:					
Arch. Bruno Smania					
Responsabile di Commessa:					
Ing. Tiziana Costanzo					

PREMESSA

A seguito di verifica dei documenti redatti e validati nella fase progettuale precedente, PFTE e sulla base del nuovo progetto esecutivo, non essendovi cambiamenti sostanziali negli elementi oggetto dello studio, si condivide quanto esposto nella seguente relazione.

Il progetto esecutivo è in completa continuità con il PFTE approvato. La generazione termofrigorifera, la distribuzione dei vettori termici, i sistemi di emissione sono invariati. La portata di ventilazione è stata confermata, così come la produzione di acqua calda sanitaria.

Sono state approfonditi i calcoli della potenza di pompe e ventilatori. La potenza dell'impianto fotovoltaico è confermata.

L'involucro edilizio non ha subito variazioni in relazione ai volumi riscaldati e alle caratteristiche termiche limite delle superfici disperdenti, anche se i pacchetti edilizi hanno avuto un approfondimento esecutivo. I risultati dei calcoli dei parametri di consumo energetico e di percentuale di fonte rinnovabile, confermano come da PFTE il rispetto dei limiti di legge.

PIANO NAZIONALE PER GLI INVESTIMENTI COMPLEMENTARI AL PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)
PROGRAMMA D.1: "PIANO DEGLI INVESTIMENTI STRATEGICI SUI SITI DEL PATRIMONIO CULTURALE, EDIFICI E AREE NATURALI"

DIREZIONE OPERE PUBBLICHE

COMMITTENTE SCR Piemonte		COMUNE Città di TORINO					
LIVELLO PROGETTUALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA							
CUP C14E21001220001		TITOLO INTERVENTO TORINO, IL SUO PARCO, IL SUO FIUME: MEMORIA E FUTURO" REALIZZAZIONE DELLA BIBLIOTECA CIVICA E RIQUALIFICAZIONE DEL TEATRO NUOVO PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE DEL TEATRO NUOVO					
CODICE OPERA 22044D02							
ELABORATO N. 002		TITOLO ELABORATO Diagnosi energetica					
DATA Maggio 2024		SCALA -	AREA PROGETTUALE SOSTENIBILITA'				
FORMATO DI STAMPA A4		CODICE GENERALE ELABORATO 22044D02_3_0_P_SO_00_CZ_002_2		NOME FILE 22044D02_3_0_P_SO_00_CZ_002_2_Diagnosi energetica.dwg			
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE			DIS.	CONTR.	APPR.
0	Novembre 2023	Stato di Avanzamento del Progetto al 31.10.2023			BLS	BNF	CGG
1	Dicembre 2023	Emissione PFTE per approvazione			BLS	BNF	CGG
2	Maggio 2024	Recepimento Pareri PFTE			BLS	BNF	CGG
RTP PROGETTAZIONE				TIMBRI - FIRME			
RAFAEL MONEO Arch. Rafael Moneo (mandante) Calle Cinca 5 - 28002 Madrid (Spagna) ISOLARCHITETTI S.r.l. (mandante) Via Mazzini, 33 - 10123 Torino ICIS S.r.l. (mandataria) Corso Einaudi, 8 - 10128 Torino Ing. Giambattista Quirico (mandante) Corso Giovanni Lanza, 58 - 10131 Torino MCM Ingegneria (mandante) Via Maria Vittoria 18, 10123 Torino Onleco Srl (mandante) Via Pigafetta, 3 - 10129 Torino <u>Arch. Elisabetta FABBRI</u> per le funzioni teatrali <u>Ing. Silvano COVA & Partners</u> per la macchina scenica <u>Ing. Raffaele PISANI</u> per l'acustica teatrale <u>Prof.ssa Michela COMBA</u> per la ricerca storica <u>Arch. Giulia VIALE</u>				Direttore Tecnico Ing. Giuseppe Bonfante (ONLECO Srl) Professionista Ing. Lorenzo Balsamelli, Ing. Maurizio Fresia, Ing. Giuliano Guerrisi (ONLECO Srl) Integrazione prestazioni specialistiche: Ing. Luciano Luciani (ICIS Srl) Ing. Giuseppe Donna (ICIS Srl) Ing. Adolfo Coggiola (ICIS Srl)			
ORGANISMO DI CONTROLLO SCR PIEMONTE S.p.A.: Arch. Sergio Manto (RUP)				SCR PIEMONTE S.p.A. Responsabile del Procedimento: Arch. Sergio Manto			

Sommario

1	PREMESSA	3
2	UBICAZIONE E DATI GENERALI DELL'IMMOBILE	6
2.1	Inquadramento nel tessuto urbano	6
2.2	Dati generali.....	7
2.3	Profilo di utilizzo della struttura	10
3	DATI CARATTERISTICI DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO	12
3.1	Involucro edilizio	12
3.2	Impianto termico per la climatizzazione invernale e la ventilazione	15
3.3	Impianto termico per la produzione di acqua calda sanitaria.....	17
3.4	Impianto termico per la climatizzazione estiva.....	18
3.5	Impianto di illuminazione artificiale.....	18
3.6	Impianto di ventilazione meccanica.....	19
4	ANALISI ENERGETICA DEL SISTEMA EDIFICIO IMPIANTO MEDIANTE CREAZIONE DEL MODELLO ENERGETICO	20
4.1	Analisi del comportamento energetico dell'involucro edilizio per la climatizzazione invernale.....	20
4.2	Definizione del carico termico in condizioni di progetto	22
4.3	Fabbisogno di energia termica	23
4.4	Rendimento medio stagionale dell'impianto termico per la climatizzazione invernale	27
4.5	Rendimento medio stagionale dell'impianto termico per la climatizzazione estiva	28
4.6	Rendimento medio stagionale dell'impianto termico a servizio della produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari	30
4.7	Fabbisogno teorico di energia primaria per riscaldamento (Asset Rating)	31
5	Analisi dei consumi reali e costruzione dell'inventario energetico.....	33
5.1	Disaggregazione dei consumi reali per fonte energetica	33
5.2	Disaggregazione dei consumi reali per uso finale	36
5.3	Analisi conclusive circa i consumi reali	38
6	DEFINIZIONE DELL'INVENTARIO ENERGETICO	39
7	DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI DI PRESTAZIONE ENERGETICA.....	40
8	ANALISI RIEPILOGATIVA DELLO STATO DI FATTO E DEFINIZIONE DELLE STRATEGIE DI INTERVENTO.....	41
9	ANALISI DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA.....	44
9.1	Interventi di efficientamento dell'involucro edilizio	44
9.1.1	Intervento 1 – Coibentazione delle pareti perimetrali	44
9.1.2	Intervento 2 – Coibentazione del solaio contro-terra e del solaio confinante con il secondo piano interrato.....	49
9.1.3	Intervento 3 – Coibentazione dei solai di copertura	50
9.1.4	Intervento 4 – Sostituzione dei serramenti	52
1.1.1	Intervento 5 – Combinazione di interventi agenti sull'involucro edilizio	53
1.1.2	Intervento 6 – Riqualificazione degli impianti tecnologici con allaccio alla rete di teleriscaldamento.....	53
1.1.3	Intervento 7 – Riqualificazione degli impianti tecnologici con installazione di pompe di calore aria-acqua	53
1.1.4	Intervento 8 – Riqualificazione degli impianti tecnologici con installazione di pompe di calore aria-acqua	54

10	ANALISI RIASSUNTIVA DEGLI INTERVENTI PROPOSTI	55
11	CONCLUSIONI	61
12	ALLEGATI	63
12.1	Allegato 1 - Profili di utilizzo dei singoli locali (ISO 18523-1:2016)	63
12.2	Allegato 2 – Comunicazione fattori di conversione rete teleriscaldamento	80

NOTA GENERALE

IL PRESENTE ELABORATO È REDATTO SULLA BASE DELLE INFORMAZIONI DISPONIBILI O RESE REPERIBILI DEL FABBRICATO. NUOVE O DIVERSE LAVORAZIONI POTRANNO RENDERSI NECESSARIE A SEGUITO DEL COMPLETAMENTO DELLE INDAGINI IN SITO.

1 PREMESSA

Il presente elaborato riporta i risultati dell'attività di **Diagnosi Energetica** relativa all'edificio **Teatro Nuovo**, sito all'interno del complesso edilizio di *Torino Esposizioni*, in corso Massimo d'Azeglio n. 17 a Torino. Tale attività si colloca all'interno di un processo di riqualificazione dell'edificio ed è finalizzata all'individuazione di una serie di strategie per il contenimento dei relativi consumi energetici, mediante simulazioni in regime dinamico, così come richiesto al punto 2.4.1 del Decreto 23 giugno 2022 - *Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi*. Tra gli interventi analizzati, si confronteranno inoltre diverse soluzioni impiantistiche, così da individuare la soluzione ottimale per il caso in oggetto. Tale analisi in particolare sarà sviluppata secondo modalità definite al punto 5.3.1 dell'Allegato 1 del Decreto Ministeriale 26 giugno 2015 - *Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*. Le strategie così definite (inerenti sia elementi d'involucro che impiantistici) saranno sviluppate dettagliatamente nelle successive fasi di progettazione, a partire dal *Progetto di Fattibilità Tecnico Economica*.

Si specifica infine che uno degli obiettivi della presente attività consta nella definizione degli interventi strettamente necessarie per il raggiungimento del livello prestazione *nZEB* (*nearly Zero Energy Building*), come definito al punto 3.4 dell'Allegato 1 del Decreto Ministeriale 26 giugno 2015 - *Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*.

Il Decreto 23 giugno 2022 - *Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi* specifica infatti che, qualora si intervenga su un edificio esistente (pubblico) con un intervento di ristrutturazione importante di I livello, questo dovrà garantire un livello prestazionale energetico paritetico a quello di un *nZEB* (*nearly Zero Energy Building*). Alla luce dello stato in cui versano gli impianti tecnologici e diversi componenti edilizi (si veda in merito quanto riportato nei Capitoli 3 e 4), è infatti assai probabile che l'intervento che caratterizzerà il fabbricato ricadrà in tale categoria (ristrutturazione di I livello, secondo D.M. 26 giugno 2015). Il livello *nZEB* è inoltre uno dei requisiti richiesti per l'accesso a diverse forme di finanziamento pubblico di possibili interventi, tra cui quelle introdotte dal Regolamento UE 2021/241 secondo i principi del "Do Not Significant Harm" (DNSH). In merito a quanto sopra riportato, si ricorda come il Decreto¹ definisca come *nZEB* (*edificio a energia quasi zero*) "tutti gli edifici, siano essi di nuova costruzione o esistenti, per cui sono contemporaneamente rispettati:

- tutti i requisiti previsti dalla lettera b), del comma 2, del paragrafo 3.3 del D.M. 26 giugno 2015 sopra citato, determinati con i valori vigenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici;
- gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28".

Per quanto concerne i requisiti richiesti al punto *i* (i quali interessano in parte l'involucro edilizio ed in parte gli impianti tecnologici), è necessario che:

- | il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione ($H'T$) risulti inferiore ai limiti riportati nella Tabella 10 dell'Allegato A del Decreto 26 giugno 2015 si cui sopra, di seguito riportata;

¹ D.M. 26 giugno 2015 – *Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*

Numero Riga	RAPPORTO DI FORMA (S/V)	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
1	$S/V \geq 0,7$	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
2	$0,7 > S/V \geq 0,4$	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
3	$0,4 > S/V$	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70

- | il parametro $A_{sol,est}/A_{sup}$ utile risulti inferiore al valore limite di 0,040;
- | gli indici $EP_{H,nd}$ (indice di prestazione termica utile per riscaldamento), $EP_{C,nd}$ (indice di prestazione termica utile per il raffrescamento) e $EP_{gl,tot}$ (indice di prestazione energetica globale dell'edificio espresso in termini di energia primaria totale) risultino inferiori ai valori dei corrispondenti indici limite calcolati per l'edificio di riferimento ($EP_{H,nd,limite}$, $EP_{C,nd,limite}$ e $EP_{gl,tot,limite}$), come definito alla lettera l-novies), del comma 1, dell'articolo 2, del D.Lgs. 192/2005;
- | le efficienze η_H (efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale), η_W (efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria) e η_C (efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva, compreso l'eventuale controllo dell'umidità), risultino superiori ai valori delle corrispondenti efficienze indicate per l'edificio di riferimento ($\eta_{H,limite}$, $\eta_{W,limite}$, e $\eta_{C,limite}$),

Per quanto concerne invece gli obblighi di cui al punto ii (relativi alla copertura dei fabbisogni energetici mediante fonti rinnovabili), il Decreto 28/2011 (aggiornato dal D.Lgs. 8 novembre 2021, n. 199 - Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili), richiede il rispetto dei seguenti requisiti:

- copertura tramite fonti rinnovabili del 65% dei consumi previsti per la produzione di acqua calda sanitaria;
- copertura tramite fonti rinnovabili del 65% della somma dei consumi previsti per la produzione di acqua calda sanitaria, la climatizzazione invernale e la climatizzazione estiva;
- installazione in loco di un impianto fotovoltaico, la cui potenza di picco è pari alla "proiezione al suolo della sagoma dell'edificio" x 0,025 x 110%.

Si segnala infine come, per lo svolgimento delle attività ivi presentate, sono state impiegate metodologie di valutazione del livello prestazionale dei componenti costituenti il sistema edificio-impianto definite dalla normativa tecnica di riferimento (UNI e affini) ed in particolare si è fatto riferimento alle norme di seguito riportate:

- UNI 10349-1:2016: 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;
- UNI/TS 11300-1:2014. Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;
- UNI/TS 11300-2:2019. Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali;
- UNI EN 15459-1:2018: Prestazione energetica degli edifici - Sistemi di riscaldamento e sistemi di raffrescamento idronici negli edifici - Parte 1: Procedura di valutazione economica per i sistemi energetici negli edifici, Modulo M1-14;
- UNI EN ISO 52016-1:2018: Prestazione energetica degli edifici - Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti - Parte 1: Procedure di calcolo;

- UNI/TR 11775:2020: Diagnosi Energetiche - Linee guida per le diagnosi energetiche degli edifici.

Le diverse fasi necessarie per lo sviluppo di un'indagine diagnostica sono dettagliate all'interno della norma UNI CEI EN 16247-2, la quale all'interno dell'Appendice A ne fornisce un diagramma di flusso riassuntivo (Figura 1).

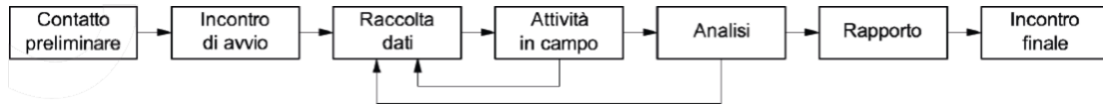


Figura 1 – Schema di esecuzione dell'analisi energetica DE (norma UNI CEI EN 16247-2)

Tale iter procedurale è ulteriormente approfondito all'interno della UNI/TR 11775:2020, la quale ne fornisce il diagramma riportato di seguito (Figura 2).

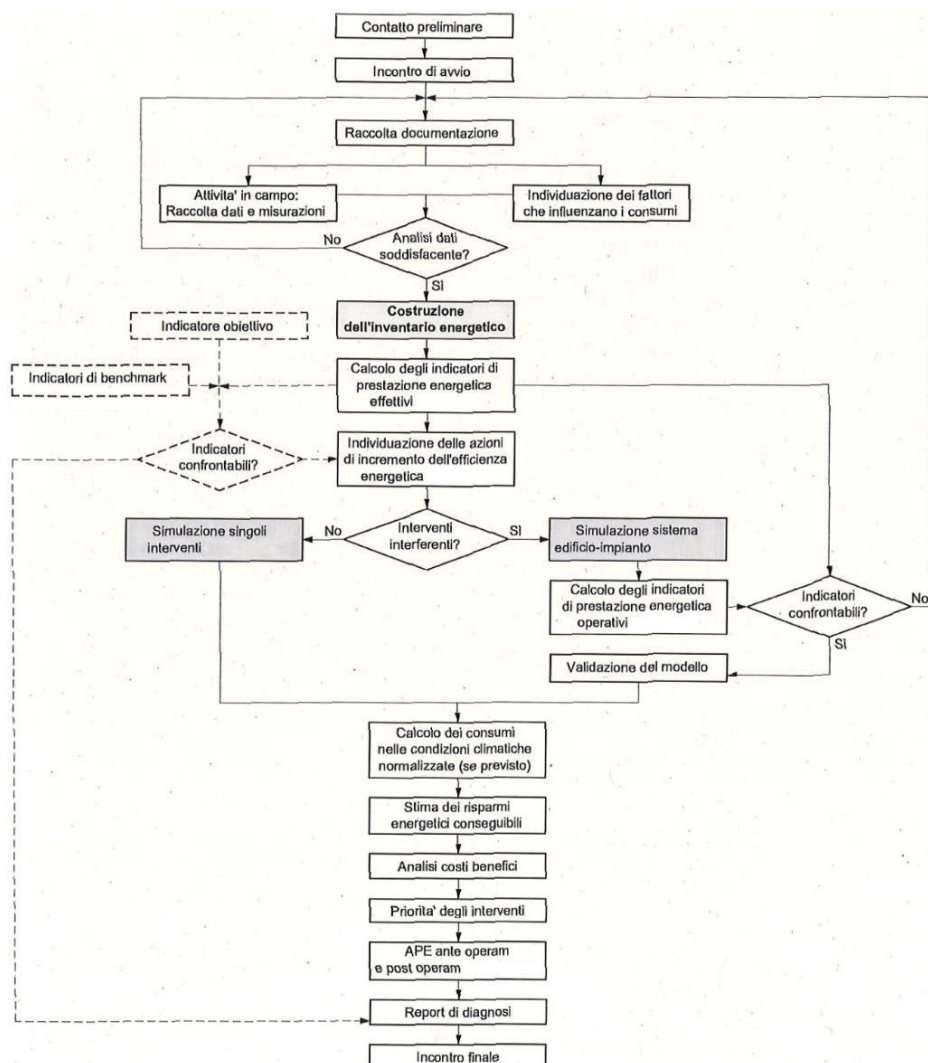


Figura 2 – Schema di esecuzione dell'analisi energetica DE (norma UNI TR 11775)

Il presente elaborato è a firma di tecnico abilitato, con qualifica di E.G.E. (Esperto in Gestione Energetica) civile, come definito dal D.Lgs 30 maggio 2008, n.115 e s.m.i., certificato RINA dal 2016 (cert. n°16MI00027PV1) secondo norma UNI CEI 11339:2009.

2 UBICAZIONE E DATI GENERALI DELL'IMMOBILE

2.1 Inquadramento nel tessuto urbano

L'edificio oggetto del presente elaborato è sito al civico n.17 di corso Massimo d'Azeglio a Torino ed è un fabbricato angolare, il quale occupa la parte meridionale di un complesso edilizio di dimensioni maggiori, denominato *Torino Esposizioni - ToEspo* (Figura 4).



Figura 3 – Vista aerea dell'edificio



Figura 4 – Inquadramento nel complesso edilizio di Torino Esposizioni
(edificio in esame: riquadro rosso; complesso di ToEspo: riquadro giallo)

2.2 Dati generali

L'edificio in esame, denominato *Teatro Nuovo*, è sito all'interno del complesso di *Torino Esposizioni*, progettato dall'architetto Ettore Sottsass nel 1938, con la collaborazione di Pier Luigi Nervi ed inaugurato nel 1940. Durante gli anni successivi alla sua costruzione, il complesso in esame ha subito numerosi interventi, che ne hanno modificato sensibilmente la struttura (tra queste modifiche, si segnalano a titolo di esempio quelle avvenute per risanare i danni causati dai bombardamenti del 1943).

La struttura è stata utilizzata per gli spettacoli teatrali fino al 2019. Sono inoltre presenti al suo interno delle aree utilizzate a fini didattici (liceo coreutico e scuola di danza della *Fondazione Teatro Nuovo*), il cui utilizzo si è protratto fino al 2022.

L'edificio è dotato in un impianto di riscaldamento centralizzato; la superficie utile riscaldata è pari a 7.868 m² e il volume lordo riscaldato è pari a 56.924 m³. L'accesso principale alla struttura avviene direttamente da lato strada (corso Massimo d'Azeglio - Figura 5).



Figura 5 – Ingresso principale al teatro

Il complesso edilizio può essere suddiviso in 4 blocchi principali, così definiti:

- *n.1 blocco centrale*: costituito da ambienti dotati di altezze interne relativamente elevate, ospitanti la maggior parte delle zone adibite a teatro ed aperte al pubblico, tra cui l'ingresso, il foyer e la platea (volumi rappresentati in colore blu in Figura 6);
- *n.2 maniche laterali*, le quali si sviluppano per due piani fuori terra ed in parte ai piani interrati, localizzate ai due lati del *blocco centrale*. All'interno di tali ambienti sono collocate due sale per gli spettacoli di dimensioni inferiori rispetto a quella principale (denominate *Sala Valentino 1 e 2*), i camerini, delle aule scolastiche, le sale di prova, la caffetteria, gli uffici amministrativi ed i relativi servizi igienici (volumi rappresentati in colore rosso in Figura 6);
- *n.1 torre scenica*, la quale ingloba al suo interno il palco e le aree circostanti, che si sviluppa al piano terra in ambienti di altezza interna elevata (maggiore di 25 metri), e in vani tecnici in parte climatizzati localizzati ai due piani interrati (volumi rappresentati in colore verde in Figura 6).

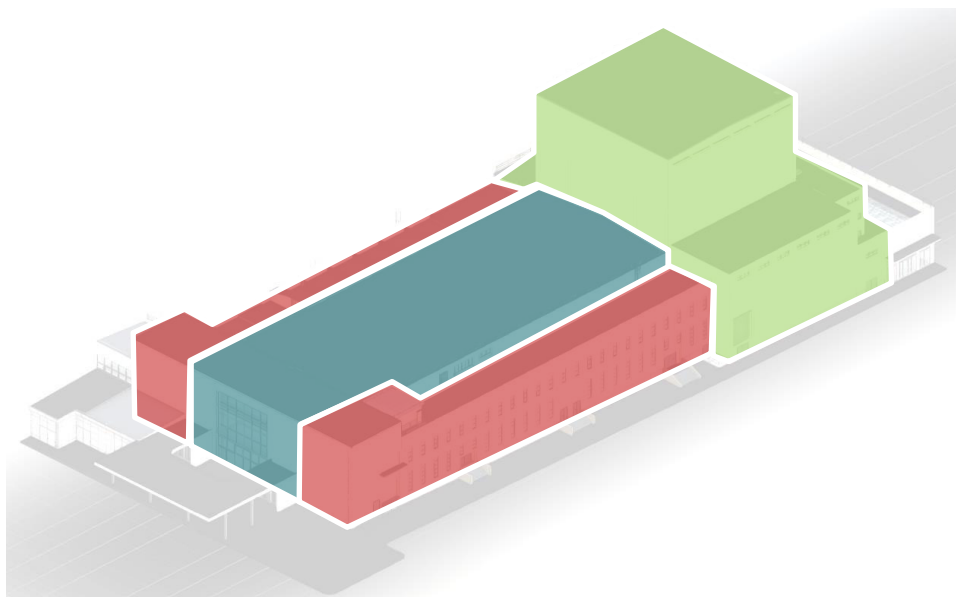


Figura 6 – Definizione delle principali aree costituenti il teatro

In merito alle zone sopra definite, queste risultano quasi tutte dotate di terminali d'impianto per la climatizzazione invernale. Da colloqui avuti con la proprietà, risultano però non riscaldate alcune parti dell'edificio, tra cui il secondo piano interrato, la centrale termica localizzata in copertura e parte degli ambienti sottotetto (alcuni di questi locali non risultano attualmente accessibili, in quanto sono stati sigillati nel corso degli anni per motivi di sicurezza – presenza di amianto e distacchi strutturali).

Per facilitare l'identificazione degli ambienti principali localizzati all'interno della struttura, si riportano a seguire alcune immagini esplicative di quanto sopra descritto (Figura 8, Figura 9, Figura 7).

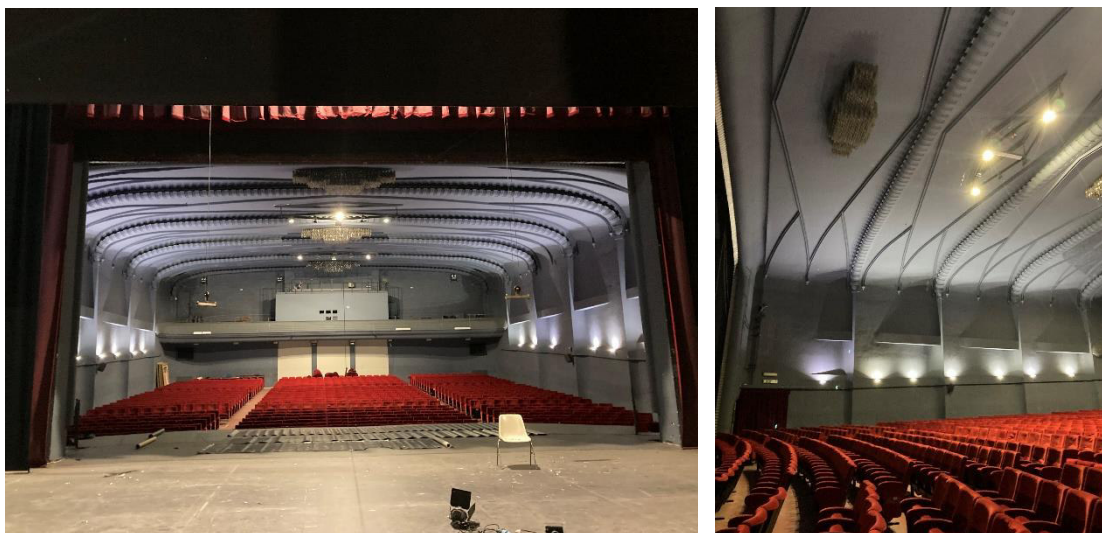


Figura 7 – Sala principale per gli spettacoli teatrali

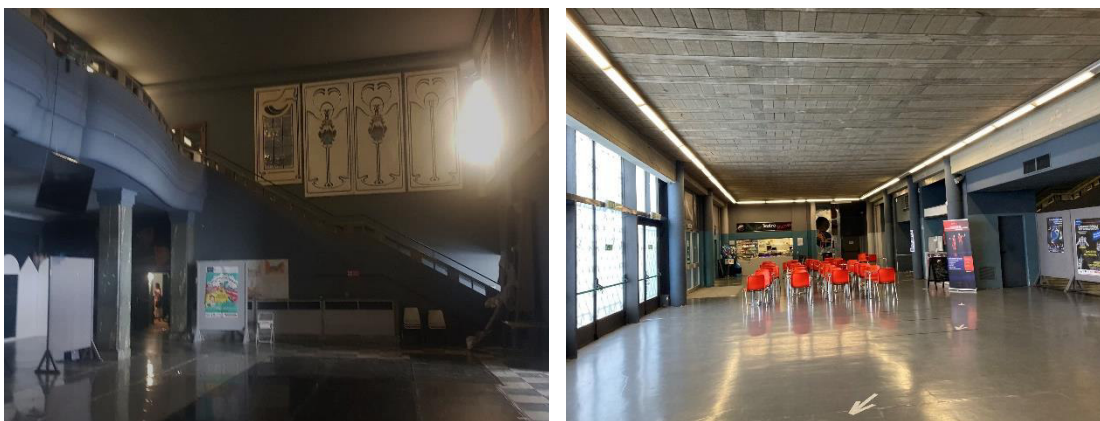


Figura 8 – Ambienti distributivi e caffetteria siti al terreno

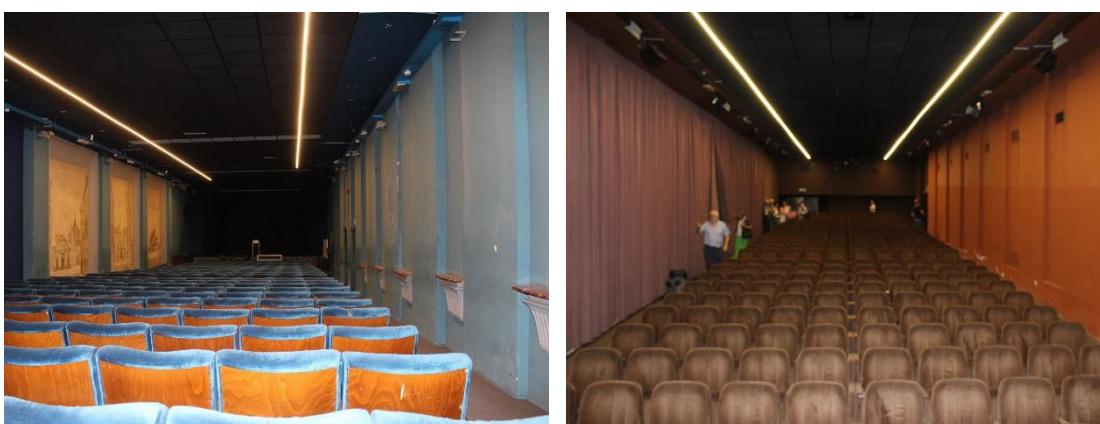


Figura 9 – Sale minori Valentino 1 e 2

Per quanto riguarda gli ambienti relativi al *blocco centrale*, alle due sale per gli spettacoli localizzate al piano terra delle maniche laterali (sale *Valentino 1* e 2) e agli ambienti interrati, questi presentano dei pavimenti direttamente poggianti sul terreno. La copertura del fabbricato è composta da solai in laterocemento, con finitura all'estradosso in guaina bituminosa. Tali strutture racchiudono sia ambienti sottotetto non climatizzati sia locali climatizzati regolarmente occupati.

Per definire i tassi di occupazione della struttura, questi sono stati ricavati direttamente dal materiale fornito dalla committenza e, per i locali di cui non si dispone di documentazione, utilizzando la norma UNI 10339. In particolare, si riportano a seguire la capienza totale ricavata da documentazione fornita, relativa alle principali destinazioni d'uso:

- *Sala principale teatro*: 968 spettatori complessivi;
- *Sala Valentino 1*: 270 spettatori complessivi;
- *Sala Valentino 2*: 300 spettatori complessivi;
- *Aule e laboratori*: 490 studenti.

L'impianto di riscaldamento centralizzato per la climatizzazione invernale è alimentato da due caldaie tradizionali a gas naturale, installate in una centrale termica localizzata sulla copertura della *manica laterale meridionale*.

Oltre a ciò, sono presenti all'interno ulteriori impianti tecnologici, tra cui: l'impianto di produzione acqua calda sanitaria, l'impianto di illuminazione artificiale e gli impianti di raffrescamento stand-alone, localizzati in un numero ristretto di ambienti (uffici del personale e alcune aule).

2.3 Profilo di utilizzo della struttura

In virtù della particolare destinazione d'uso dell'edificio in esame (teatro), risulta fondamentale definire dei fattori di utilizzo degli ambienti. Tali fattori rivestono un ruolo centrale nella definizione del comportamento energetico della struttura e permettono di ricavare (dalle simulazioni effettuate a calcolo) dei valori di fabbisogno energetico rappresentativi di un reale utilizzo della struttura. Da un colloquio avuto con la proprietà, sono emerse le informazioni di seguito riportate:

- il blocco centrale e la torre scenica non sono stati utilizzati per degli spettacoli teatrali dal 2019;
- prima di tale data, l'accesso ai suddetti locali (e quindi di conseguenza anche la loro climatizzazione e illuminazione artificiale), era concentrato unicamente in prossimità degli spettacoli teatrali ospitati, i quali non avevano una distribuzione uniformemente durante l'anno;
- l'utilizzo delle porzioni della struttura a servizio della *Fondazione Teatro Nuovo* (uffici, aule e sale per la danza) si è protratto fino all'anno 2022, secondo una calendarizzazione relativamente regolare.

Alla luce di quanto sopra riportato e vista l'impossibilità di risalire a calendari dettagliati circa l'uso delle diverse zone costituenti la struttura (dati che comunque dovrebbero essere antecedenti al 2019), nella creazione dei modelli energetici di calcolo, sono stati adottati dei profili di utilizzo standard, desunti da quanto riportato all'interno della norma *ISO 18523-1:2016: Energy performance of buildings — Schedule and condition of building, zone and space usage for energy calculation — Part 1: Non-residential buildings*. Tale operazione, inoltre, permette di valutare in modo più coerente i margini di risparmio ottenibili dall'attuazione dei diversi interventi presentati nel presente documento. La norma ISO sopracitata definisce per ogni tipologia di ambiente i seguenti parametri:

- temperatura di set point (riscaldamento e raffrescamento) e orari giornalieri in cui gli impianti di climatizzazione operano per mantenere tale livello termico;
- f_{occ} : fattore di occupazione da parte delle persone dell'ambiente;
- quantificazione parametrica degli apporti termici interni per i diversi ambienti, riconducibili alla presenza di persone ($\Phi_{int,P}$), apparecchiature elettriche ($\Phi_{int,A}$) e illuminazione ($\Phi_{int,L}$),
- fattori di utilizzo orario dei suddetti apporti interni, riferiti ai:
 - a. carichi relativi alle persone ($f_{int,P}$);
 - b. carichi relativi alle apparecchiature ($f_{int,A}$);
 - c. carichi relativi all'illuminazione ($f_{int,L}$).

All'interno dell'*Allegato 1* sono riassunti in forma tabellare i dati relativi alle destinazioni d'uso presenti all'interno della struttura desunti dalla norma *ISO 18523-1:2016*, di cui si riporta a seguire un estratto esemplificativo, riferito in questo caso alla platea della sala principale (Figura 10).

Th-1 Platea (teatro)

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	145 W/m ²
Apparecchiature	0 W/m ²
Illuminazione	50 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
12	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
13	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
14	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
15	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
16	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
17	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
18	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
19	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 10 – Esempio di tabella riassuntiva dei dati desunti dalla norma ISO 18523-1:2016

Per quanto concerne invece gli altri impianti tecnologici presenti, si specifica che:

- l'impianto di produzione di acqua calda sanitaria e quello di illuminazione sono stati simulati utilizzando la procedura descritta all'interno della norma *UNI/TS 11300-2:2019: Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali*;
- la ventilazione meccanica degli ambienti (la quale interessa solo le sale spettacolo e la torre scenica), si è ipotizzato che avvenga a portata costante per l'intero periodo di occupazione degli ambienti interessati (non sono presenti sistemi di regolazione che permettano una modulazione della portata di aria esterna in ingresso in ambiente).

3 DATI CARATTERISTICI DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

Nei paragrafi che seguono sono analizzate le principali caratteristiche del sistema edificio-impianto, con particolare riferimento ai seguenti servizi presenti:

- climatizzazione invernale ed estiva;
- preparazione di acqua calda per usi igienico-sanitari;
- illuminazione artificiale degli ambienti;
- ventilazione meccanica.

3.1 Involucro edilizio

L'involucro edilizio delimitante il volume riscaldato presenta una superficie disperdente di 13.513 m² (rapporto S/V pari 0,24 m⁻¹) ed è costituito dagli elementi di seguito riassunti:

- tamponamenti perimetrali prevalentemente in laterizio con cassa-vuota, in parte rivestiti in intonaco ed in parte con i laterizi "a vista". Si segnala come le murature siano del tipo "interrotto", cioè le strutture portanti in calcestruzzo armato risultano a vista (Figura 11) ed interrompono letteralmente le facciate dell'edificio, dando vita, da un punto di vista energetico, a ponti termici particolarmente critici. Sono presenti inoltre pareti costituite da setti in calcestruzzo armato, spesso privi di intonacatura interna (conglomerato cementizio a vista);



Figura 11 – Parete perimetrale della torre scenica con individuazione delle strutture portanti a vista

- solai orizzontali interpiano e solai di separazione tra le unità site al piano terreno gli ambienti non riscaldati del piano interrato costituiti da elementi portanti in calcestruzzo armato e da blocchi forati di alleggerimento in laterizio o calcestruzzo (Figura 12);

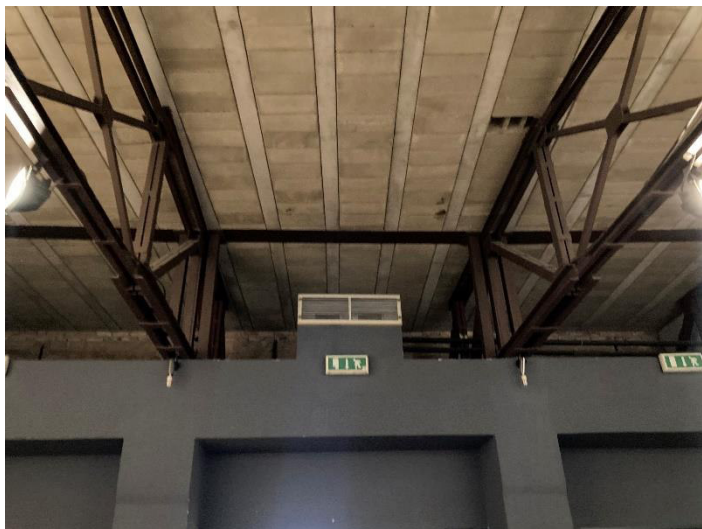


Figura 12 – Solaio interpiano con elementi portanti in c.a. e blocchi forati di alleggerimento in calcestruzzo

- serramenti prevalentemente dotati di telaio metallico privo di tecnologia a taglio termico e vetro singolo (Figura 13). Sono inoltre presenti un numero ristretto di serramenti in cui sono installati dei vetri-camera o stratificati;



Figura 13 – Serramenti esterni con telaio metallico e vetro singolo

- coperture piane sovrastanti le *maniche laterali* e la *torre scenica* costituite da solette in laterocemento dotate di finitura esterna in membrana bituminosa, le quali in alcuni casi presentano all'intradosso delle controsoffittature in lastre di cartongesso;

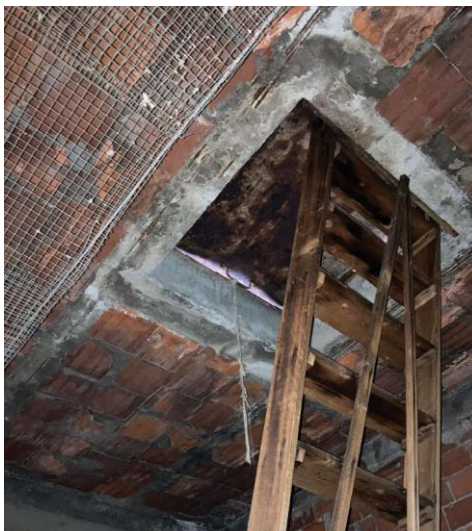


Figura 14 – Solaio semplice in laterocemento a copertura della torre scenica (vista dall'interno in corrispondenza della botola di accesso alla copertura)

- copertura del *blocco centrale* disperdente verso un ambiente sottotetto non climatizzato, costituita da due elementi (Figura 15): struttura pendinata in gesso (all'intradosso), fissata a tavole di laterizio forato sormontate da strato di calcestruzzo armato (all'estradosso). L'ambiente sottotetto sovrastante la doppia struttura appena descritta è racchiuso superiormente da un solaio in laterocemento dotato di finitura esterna in guaina bituminosa.



Figura 15 – Vista dall'interno della doppia struttura costituente la copertura del blocco centrale

3.2 Impianto termico per la climatizzazione invernale e la ventilazione

L'impianto per la climatizzazione invernale è di tipo centralizzato, alimentato da due caldaie tradizionali a gas naturale installate nel 1997, marca *Bongioanni*, modello *HRB 700*, caratterizzate cadauna da una potenza al focolare pari a 975,5 kW e una potenza utile nominale pari a 884 kW. Collegati ad ogni caldaia sono presenti due bruciatori ad aria soffiata, marca *FINTERM*, modello *GAS P120/2L*.



Figura 16 – Caldaie a gas naturale per la climatizzazione invernale

I generatori di calore sopra citati sono collegati a dei collettori, anch'essi installati in centrale termica, dai quali si diramano le singole reti di distribuzione a servizio delle diverse porzioni del fabbricato. Tali reti sono costituite da dorsali orizzontali localizzate prevalentemente a vista all'interno dei locali (Figura 18) ed in parte nelle strutture edilizie o ai piani interrati (Figura 17). Da tali dorsali si staccano le varie colonne montanti verticali, le quali alimentano i singoli sistemi di emissione del calore.



Figura 17 – Rete orizzontale di distribuzione del fluido termovettore (piano interrato)

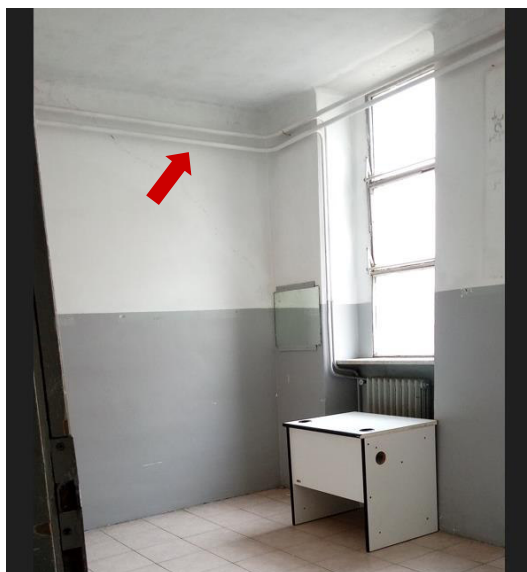


Figura 18 – Rete di distribuzione corrente a vista all'interno degli ambienti climatizzati

Nella struttura sono presenti diverse tipologie di terminali di emissione del calore, tutte però sono di tipo idronico e sono alimentate dal sistema di generazione centralizzato descritto in precedenza. In particolare si segnala la presenza di:

- terminali ad acqua in alta temperatura, quali radiatori sprovvisti di valvole termostatiche (immagine a destra in Figura 19) e aerotermi (immagine a sinistra in Figura 19).



Figura 19 – Sistema di emissione (aerotermi a sinistra – radiatori a destra)

- sistemi di emissione del tipo tutt'aria a servizio degli ambienti distributivi del piano terra (atrio di ingresso e foyer), della sala principale, del palco e delle sale *Valentino 1* e *2*. Tali sistemi immettono in ambiente una miscela di aria esterna e di aria di ricircolo, dopo averla riscaldata attraverso batterie ad acqua alettate, collegate all'impianto centralizzato di generazione.



Figura 20 – Sistema tutt’aria di climatizzazione (a sinistra si riporta la fotografia dell’interno di una delle macchine di ventilazione in cui sono visibili le batterie ad acqua collegate al sistema di generazione centralizzato)

In merito agli ambienti dotati di radiatori e aerotermi, si segnala che la loro ventilazione è del tipo “naturale”, operata mediante apertura dei serramenti esterni da parte degli occupanti. Per quanto concerne gli ambienti dotati di sistemi tutt’aria, il ricambio viene effettuato direttamente dall’impianto di climatizzazione (ventilazione meccanica). Si evidenzia infine come non siano presenti dei sistemi di recupero del calore o dei sensori di CO₂.

La regolazione del funzionamento dell’impianto di riscaldamento è effettuata solo a livello centralizzato, mediante programmazione oraria delle accensioni e degli spegnimenti del gruppo caldaie. Tali generatori funzionano “a punto fisso”, cioè la temperatura di mandata del fluido termovettore non varia durante il periodo di accensione.

3.3 Impianto termico per la produzione di acqua calda sanitaria

In virtù della destinazione d’uso dei locali ospitati nella struttura, la domanda di acqua calda sanitaria (acs) è particolarmente contenuta; la produzione di acs è svolta da due caldaie a gas naturale, installate nel 1998 e localizzate all’eterno (coperture piane), dotate di bruciatori e sistema di accumulo integrati (Figura 21).



Figura 21 – Sistema di produzione dell’acqua calda sanitaria

3.4 Impianto termico per la climatizzazione estiva

All'interno della struttura in esame, non è presente un impianto centralizzato per il raffrescamento e la climatizzazione estiva dell'intero fabbricato. Sono invece installati alcuni impianti stand-alone (pompe di calore del tipo aria-aria - Figura 22), i quali permettono la climatizzazione di pochi singoli locali (prevalentemente a destinazione d'uso uffici e aule).



Figura 22 – Pompe di calore aria-aria per la climatizzazione di singoli locali

3.5 Impianto di illuminazione artificiale

Il sistema di illuminazione artificiale è costituito principalmente da sorgenti di tipo a fluorescenza (lampade a plafoniera con tubi al neon - Figura 23) ed è provvisto unicamente di sistemi di accensione/spengimento diretti (comandi on/off azionati dall'utenza). Sono altresì presenti nella struttura alcuni fari alogeni (localizzati prevalentemente all'interno della zona del palco e della *torre scenica*) e alcune sorgenti a LED, installate in sostituzione di elementi esistenti non più funzionanti (localizzate ad esempio all'interno delle due sale *Valentino 1 e 2* site al piano terreno delle *maniche laterali*).



Figura 23 – Apparecchio illuminante a fluorescenza (a sinistra) e di tipo alogeno (a destra)

3.6 Impianto di ventilazione meccanica

Come anticipato nei paragrafi precedenti, la ventilazione dei locali è in parte del tipo “naturale”, operata mediante l’apertura diretta dei serramenti da parte degli occupanti ed in parte meccanica (impianti del tipo “tutt’aria” a servizio della sala principale e delle sale *Valentino 1* e *2*, dell’atrio di ingresso e della zona del palco). In particolare, con quest’ultima tipologia di impianti, l’immissione di aria di rinnovo avviene attraverso i terminali di climatizzazione.

Per quanto concerne le portate ed i punti di lavoro delle macchine adibite alla ventilazione meccanica, non essendo disponibili informazioni puntuali da parte dei precedenti manutentori dell’impianto, si sono adottate delle portate in linea con quanto previsto dalla norma *UNI 10339:1995* e/o *UNI 16798-1:2019*.

4 ANALISI ENERGETICA DEL SISTEMA EDIFICIO IMPIANTO MEDIANTE CREAZIONE DEL MODELLO ENERGETICO

Nel presente capitolo vengono riportati i risultati dell'indagine diagnostica finalizzata a individuare e analizzare eventuali criticità dal punto di vista energetico, con particolare riferimento alla climatizzazione invernale.

4.1 Analisi del comportamento energetico dell'involucro edilizio per la climatizzazione invernale

Al fine di definire qualitativamente le prestazioni energetiche dell'involucro edilizio, sono state analizzate le dispersioni termiche attraverso i suoi componenti in condizioni invernali di progetto (temperatura interna pari a 20 °C e temperatura esterna pari a -8 °C). Per ogni categoria di elemento disperdente viene di seguito riportata la potenza termica dispersa per trasmissione in condizioni invernali di progetto e la relativa incidenza percentuale rispetto al totale.

Tabella 1 - Dispersioni termiche per trasmissione attraverso i singoli componenti di involucro

Elemento	Potenza dispersa [kW]	Incidenza percentuale
Pareti perimetrali opache	203,9	41%
Verso altri ambienti non riscaldati	2,5	1%
Solaio di copertura e strutture verso ambienti sottotetto	186,1	38%
Strutture verso secondo piano interrato e contro-terra	38,6	8%
Serramenti con vetro singolo o stratificato	62,3	13%

Vengono di seguito riportati i diagrammi con l'incidenza percentuale delle superfici disperdenti (Figura 24) e delle rispettive dispersioni di calore (Figura 25).

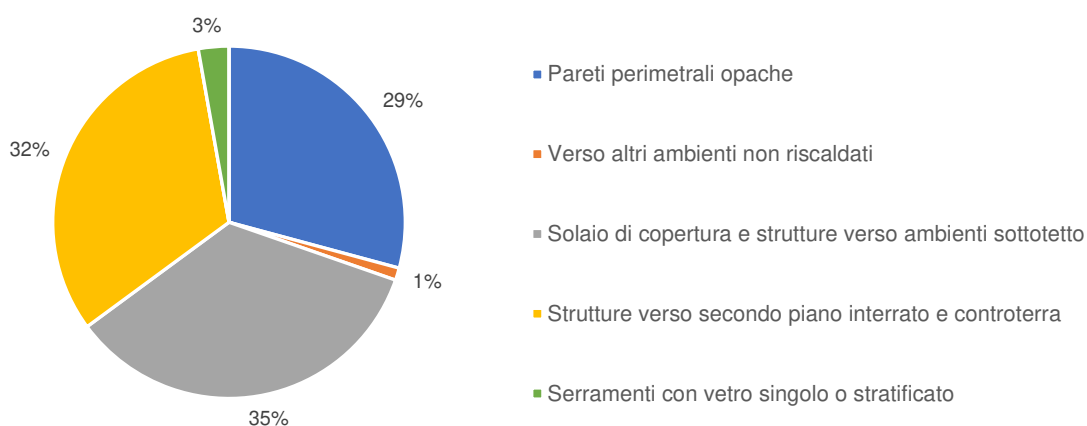
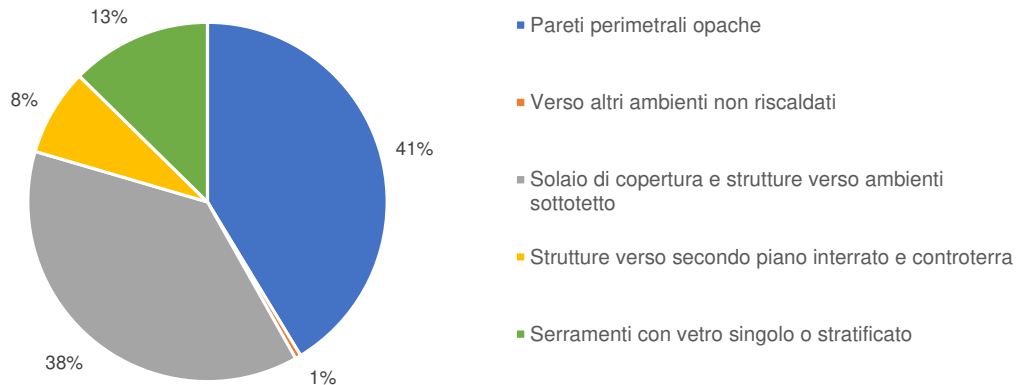


Figura 24 - Incidenza delle superfici disperdenti



*Figura 25 - Incidenza delle dispersioni termiche
(condizioni climatiche esterne di progetto secondo UNI EN 13790, UNI TS 11300, UNI 10351 e UNI 5364)*

L'analisi dei diagrammi sopra riportati permette di effettuare una comparazione tra l'incidenza di una superficie disperdente e le dispersioni termiche ad essa associate, oltre a valutare l'incidenza dei vari gruppi di componenti d'involucro in relazione alla dispersione termica durante la stagione di riscaldamento.

Innanzitutto risulta immediatamente visibile la marcata dispersione termica connessa alle superfici finestate in vetro camera e vetro singolo (13%) rispetto ad una ridotta incidenza in termini di superficie esposta (3%). Ciò è dovuto al generale basso livello prestazionale dei serramenti, i quali sono prevalentemente dotati di telaio metallico privo di tecnologia a taglio termico e vetro singolo.

L'incidenza delle dispersioni attraverso le pareti perimetrali opache verso l'ambiente esterno (41%) è dovuta in parte alla notevole incidenza in termini di superficie dei relativi componenti (29%) ed in parte alle ridotte proprietà termoisolanti delle strutture edilizie. Gli elementi meno performanti di questa porzione d'involucro sono rappresentati dalle nicchie sottofinestra, dai ponti termici strutturali localizzati all'incontro tra le pareti perimetrali e le strutture portanti in calcestruzzo armato (travi di cordolo e pilastri) e dai setti realizzati interamente in calcestruzzo armato (localizzati in corrispondenza della torre scenica).

Risultano inoltre fortemente impattanti sul bilancio termico dell'edificio le dispersioni termiche attraverso i solai di copertura e verso gli ambienti sottotetto (incidenza percentuale del 38%), sia per l'estensione delle strutture (incidenza in termini di superficie pari al 35%) sia per lo scarso potere termoisolante delle stesse, le quali sono prevalentemente costituite da solai in laterocemento.

Si segnalano infine come non siano trascurabili le dispersioni termiche attraverso i solai di pavimento verso il terreno e verso gli ambienti non riscaldati localizzati al secondo piano interrato (incidenza del 8%). Tali dispersioni risultano però relativamente contenute, nel momento in cui vengono confrontate con la relativa incidenza superficiale, la quale è pari al 32%.

4.2 Definizione del carico termico in condizioni di progetto

Sono di seguito riportate le dispersioni termiche totali (in condizioni invernali di progetto²), date dalla somma delle dispersioni termiche per trasmissione e delle dispersioni termiche per ventilazione, connesse al riscaldamento dell'aria di ricambio che si prevede entri negli ambienti per apertura volontaria delle finestre e per infiltrazioni.

Tabella 2 - Dettaglio delle dispersioni termiche totali

Potenza termica richiesta in condizioni di progetto [kW]	
Dispersioni termiche per trasmissione	494
Dispersioni termiche per ventilazione	927
Dispersioni termiche totali	1.420

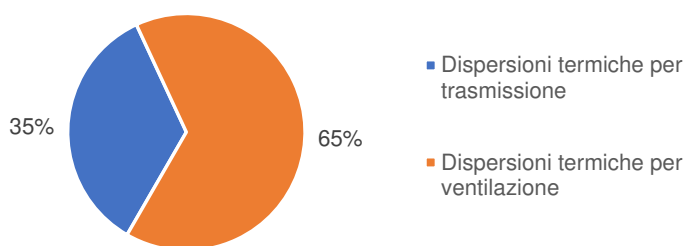


Figura 26 - Incidenza delle potenze termiche richieste in condizioni di progetto

Dal diagramma sopra riportato si evince che il carico termico in condizioni di progetto è imputabile principalmente alle perdite per la ventilazione degli ambienti (si ricorda in merito che i tassi di ricambio d'aria dei diversi ambienti sono stati calcolati applicando la normativa tecnica vigente in materia - norma UNI 10339 e UNI EN 16798-1) rispetto alle perdite per trasmissione.

Valutato infine il carico termico complessivo in condizioni di progetto pari a 1.546 kW (applicazione di una maggiorazione pari a 126 kW per funzionamento intermittente), dal confronto con la potenza erogabile dal generatore installato (potenza complessiva pari a 1.740 kW) risulta che questo è correttamente dimensionato.

² temperatura esterna pari a -8,0°C e assenza di apporti gratuiti

4.3 Fabbisogno di energia termica

Per poter determinare il fabbisogno energetico dell'edificio oggetto del presente elaborato, si è svolta una simulazione energetica in regime dinamico, secondo le modalità definite dalla norma *UNI EN ISO 52016-1:2018*. In particolare, tale modalità di calcolo permette di effettuare una simulazione dei carichi e degli apporti termici con cadenza oraria. Dal confronto puntuale dei carichi termici, è possibile calcolare il carico termico per la climatizzazione invernale e quello per la climatizzazione estiva istantanei.

Relativamente alla simulazione effettuata, all'interno del grafico di seguito riportato è rappresentato l'andamento della temperatura esterna del sito in cui sorge il fabbricato in oggetto, il quale è alla base dei bilanci termici descritti nel proseguo della trattazione.

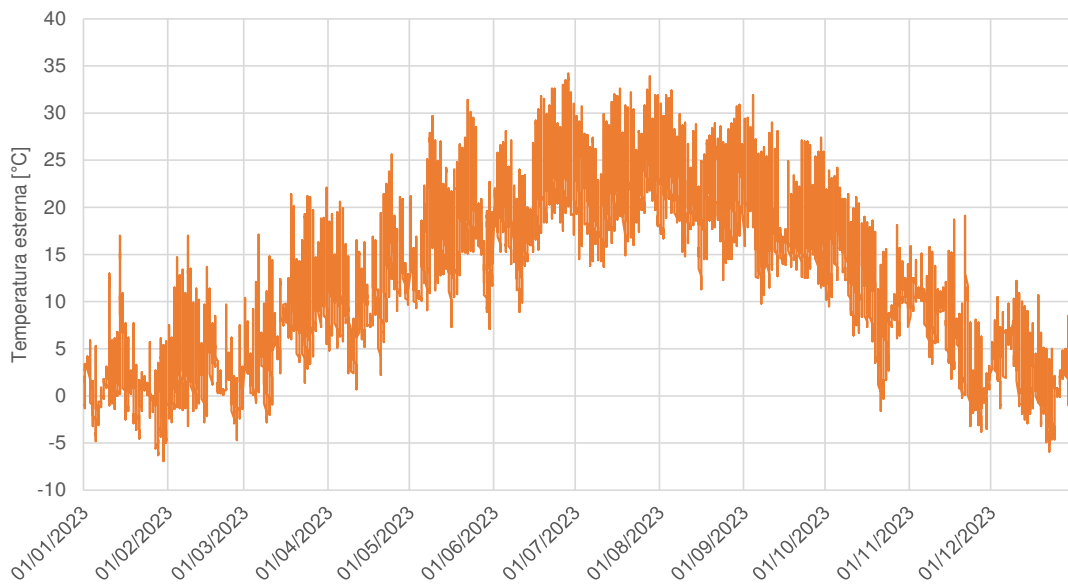


Figura 27 – Andamento della temperatura esterna (Torino)

In merito ai risultati forniti dal software utilizzato per la suddetta modellazione (Software *Edilclima EC700*), è possibile identificare la variazione oraria dei seguenti parametri:

- Perdite per trasmissione attraverso le strutture opache ($Q_{tr,op}$);
- Perdite per trasmissione attraverso i componenti finestrati ($Q_{tr,fin}$);
- Perdite per trasmissione attraverso i ponti termici ($Q_{tr,pt}$);
- Perdite per extraflusso ($Q_{h,r}$);
- Perdite per ventilazione (Q_{ve});
- Apporti interni totali (Q_{int}) dovuti a persone, apparecchiature ed illuminazione;
- Apporti solari diretti attraverso i componenti finestrati ($Q_{sol,w}$);
- Apporti solari attraverso le strutture opache ($Q_{sol,op}$).

Per facilitare l'analisi delle grandezze fisiche sopracitate durante il corso dell'anno, queste sono state aggregate su base mensile. Nei due grafici riportati a seguire, è visibile l'andamento di tali parametri durante la stagione invernale (Figura 28) e quella estiva (Figura 29). Si sottolinea in merito come durante il periodo invernale le dispersioni termiche (rappresentate con i colori blu-azzurro) concorrono ad aumentare il carico termico richiesto all'impianto termico, mentre gli apporti gratuiti (rappresentati in colore arancione) tendono a ridurlo. Tale condizione è speculare durante la stagione estiva, durante la quale gli apporti gratuiti (rappresentati anche in questo caso in colore arancione) costituiscono dei carichi termici che l'impianto di

raffrescamento dovrà smaltire, mentre le dispersioni termiche (rappresentate con i colori blu-azzurro) permettono di ridurre il carico complessivamente richiesto.

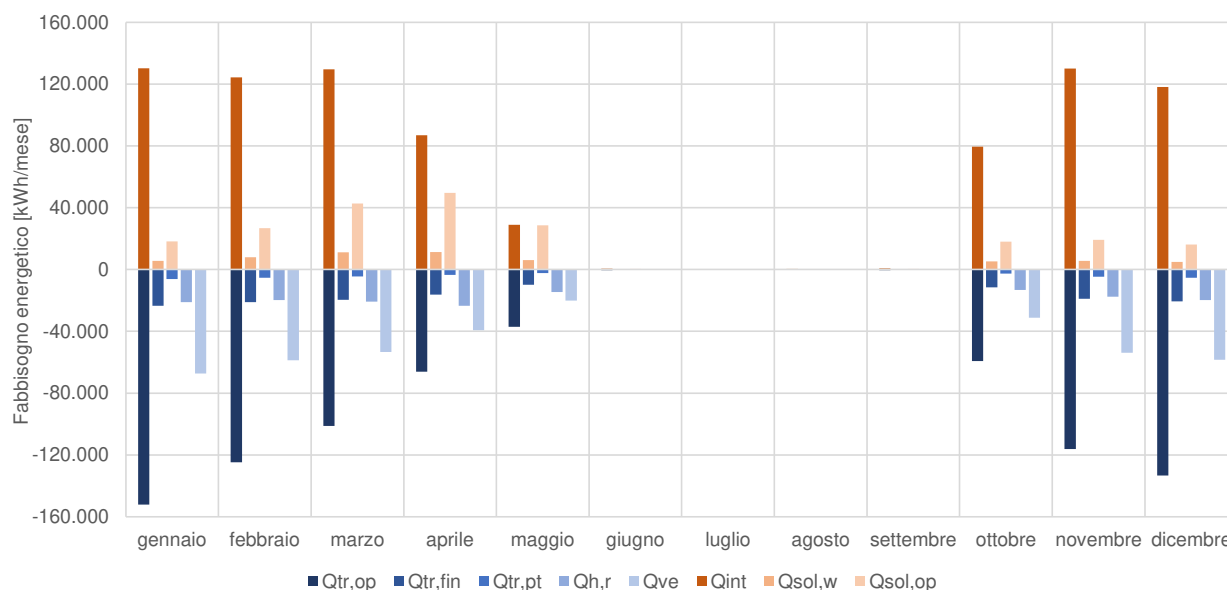


Figura 28 – Dettaglio mensile degli apporti e dei carichi termici (stagione invernale)

Osservando i dati sopra rappresentati, emerge come le principali dispersioni termiche (evidenziate in colore blu-azzurro) sono quelle relative alle perdite per trasmissione attraverso gli elementi d'involucro e per ventilazione. Per quanto riguarda invece gli apporti, si segnala come quelli relativi ai carichi interni (apporti legati alla presenza di persone ed apparecchiature elettriche) sono particolarmente elevati e caratterizzano l'intera stagione di riscaldamento.

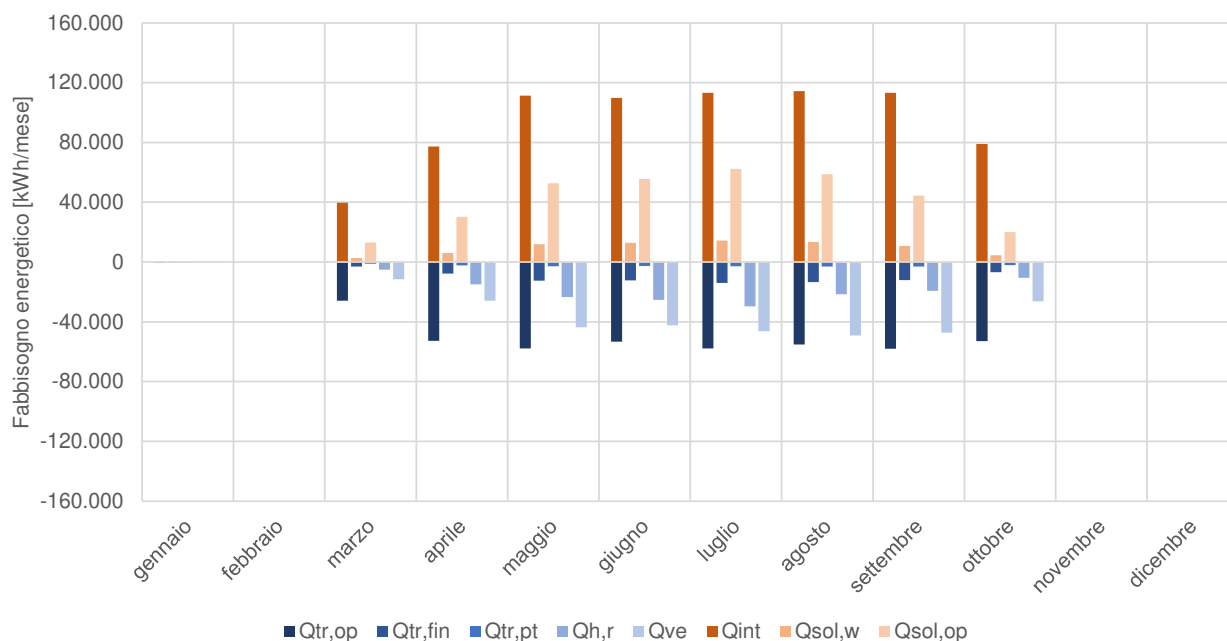


Figura 29 - Dettaglio mensile degli apporti e dei carichi termici (stagione estiva)

Dall'osservazione dei dati riportati in Figura 28, si evidenzia come gli apporti termici interni (intesi in questo caso come un'energia termica presente in ambiente che andrebbe bilanciata mediante l'apporto di energia

frigorifera da parte degli impianti di raffrescamento) siano relativamente elevati e presenti per l'intera durata dell'anno.

A partire dal bilancio termico orario, ricavato dal confronto tra gli apporti e le dispersioni termiche, è possibile ricavare il carico energetico richiesto all'impianto per mantenere i valori di temperature di set-point definiti per ogni ambiente, sia durante la fase invernale (ϕ_H) sia durante quella estiva (ϕ_C). Tali carichi ovviamente presentano valori massimi orari in linea con la potenza termica degli impianti presenti nella struttura e sono rappresentati nella figura sotto riportata.

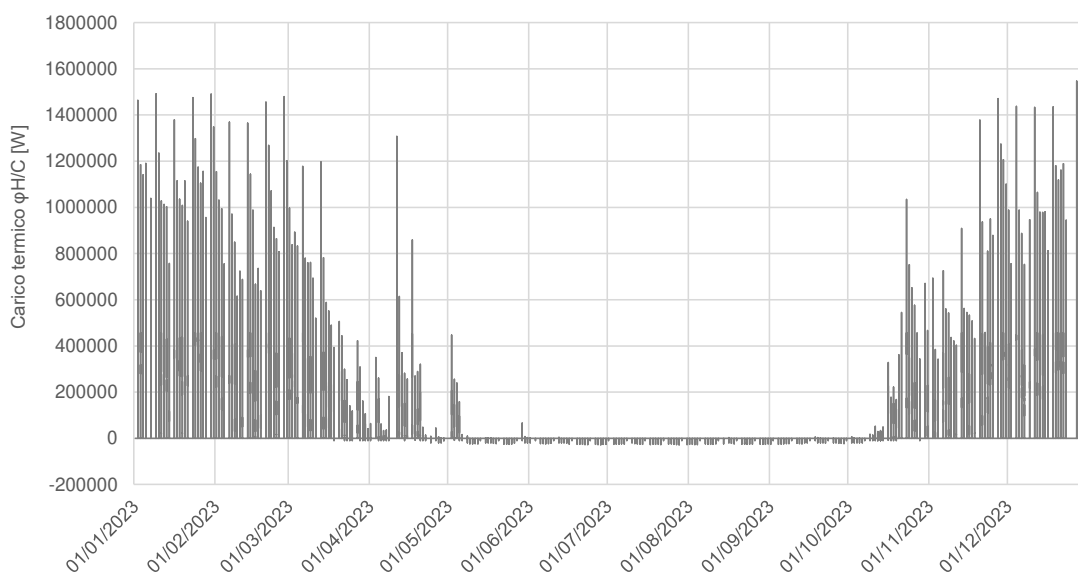


Figura 30 - Risultati della simulazione energetica – climatizzazione invernale

Analogamente a quanto già effettuato in precedenza, anche in questo caso si è proceduto con l'aggregazione su base mensile dei carichi termici orari sopra rappresentati, ottenendo la curva di consumo di seguito rappresentata

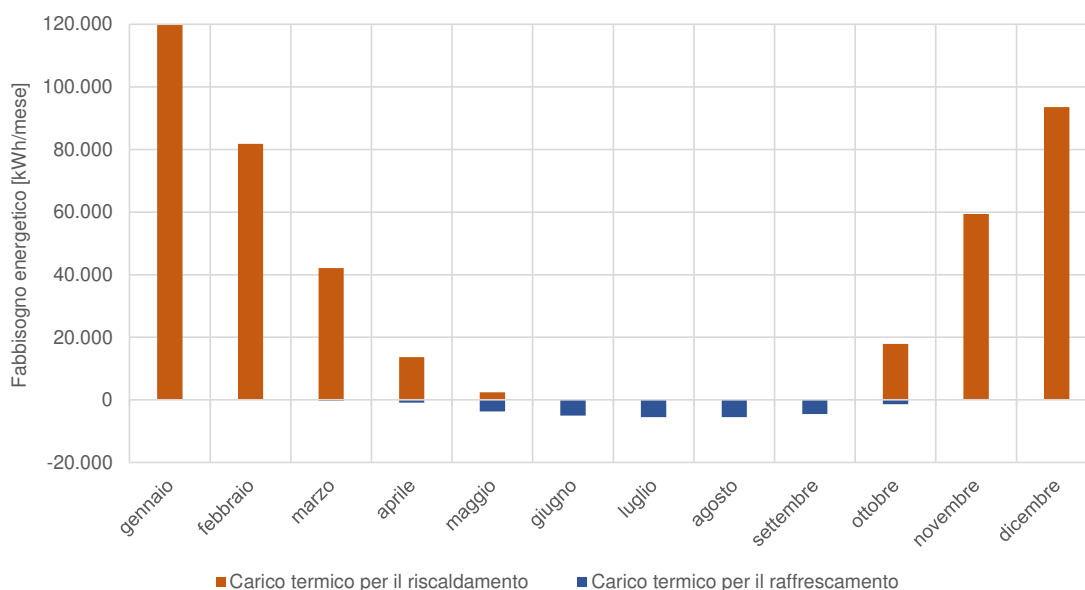


Figura 31 - Risultati della simulazione energetica – Carichi termici mensili

Globalmente il consumo di energia termica richiesto per il mantenimento della temperatura di set-point in ambiente durante la fase invernale (riscaldamento) è pari a 430 MWh, mentre per la fase estiva (raffrescamento) è pari a 27 MWh.

In merito ai fabbisogni energetici sopra riassunti, si sottolinea come l'energia erogabile dagli impianti non sia sempre sufficiente per sopperire al carico termico dell'edificio. Ciò è particolarmente frequente durante le fasi di raffrescamento, nelle quali il sottodimensionamento e/o l'assenza dei terminali di emissione dell'energia frigorifera comportano l'aumento delle temperature interne degli ambienti, ben oltre i valori di set-point desiderati. Nel grafico sotto riportato (Figura 32) sono rappresentate le temperature interne delle diverse zone termiche, durante i periodi di effettiva occupazione, ricavate dalle simulazioni energetiche effettuate.

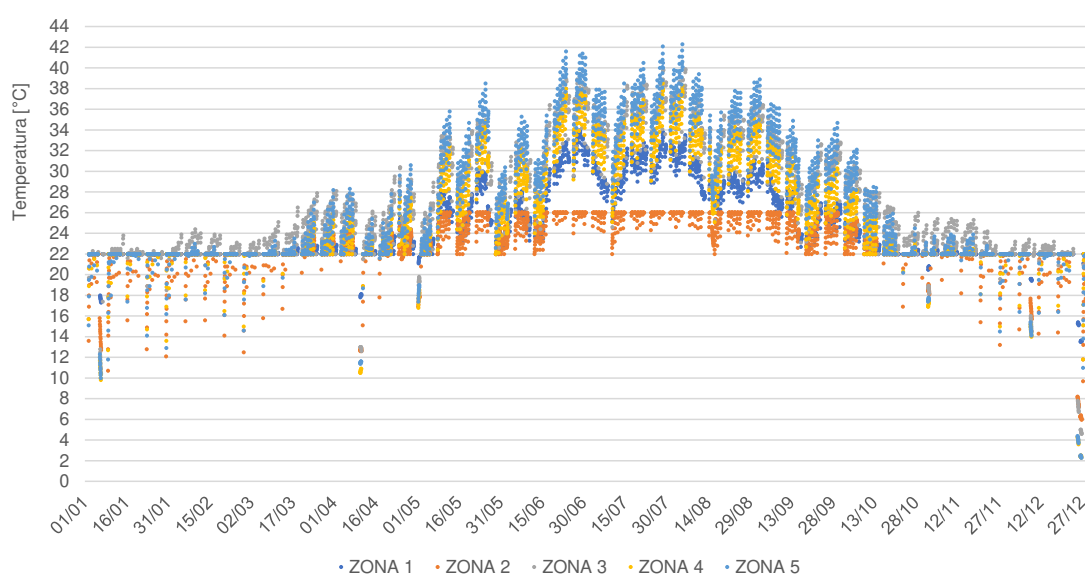


Figura 32 – Andamento delle temperature interne durante le ore di occupazione

A partire dai dati sopra riportati, si è analizzata la distribuzione percentuale della frequenza con cui si presentano le diverse temperature nel corso dell'anno. Tale distribuzione è rappresentata in Figura 33.

DIAGNOSI ENERGETICA

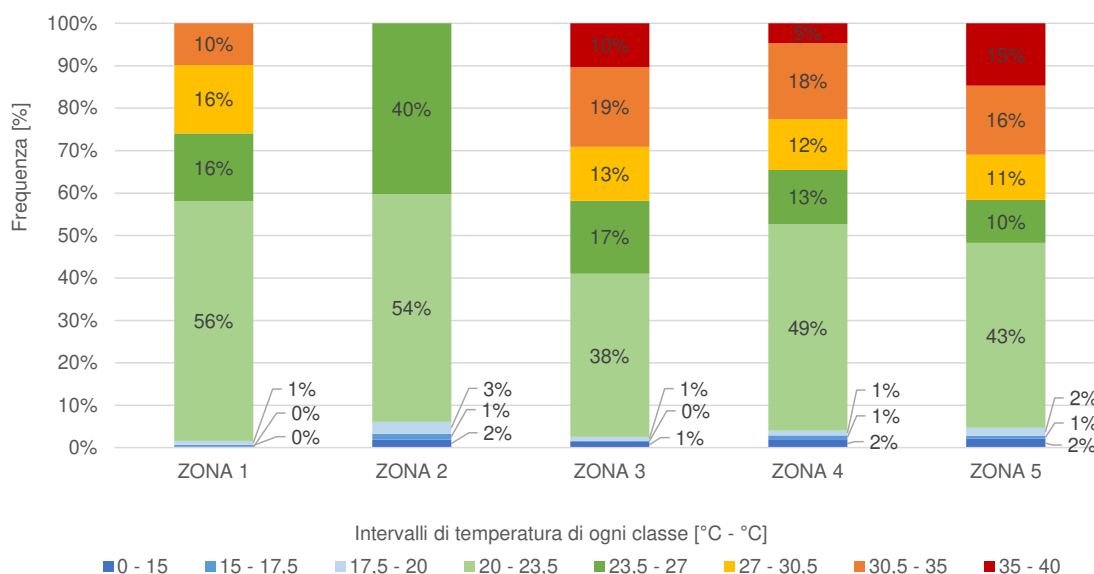


Figura 33 – Distribuzione percentuale delle temperature interne durante le ore di occupazione

Osservando i dati riportati in Figura 33 emerge come, sebbene la maggior parte delle temperature riscontrate durante le ore di utilizzo sia compresa all'interno dell'intervallo 22°C - 26°C, si verificano anche diversi casi in cui queste sono superiori a suddetti valori.

A partire dai dati di fabbisogno energetico sopracitati, si è infine valutato il carico termico e frigorifero richiesto ai generatori installati presso la struttura, i quali tengono conto dei rendimenti dei vari sottosistemi e degli assorbimenti elettrici dei relativi ausiliari, secondo la metodologia di calcolo proposta dalle norme *UNI/TS 11300*.

4.4 Rendimento medio stagionale dell'impianto termico per la climatizzazione invernale

Il rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico per la climatizzazione invernale η_H , come definito dalla Norma *UNI/TS 11300-2:2019*, è funzione dei seguenti fattori:

- $\eta_{H,c}$ = rendimento di regolazione (funzione dei sistemi di regolazione presenti);
- $\eta_{H,e}$ = rendimento di emissione (funzione della tipologia dei terminali impiantistici, della loro collocazione e dell'altezza dei locali in cui sono situati);
- $\eta_{H,d}$ = rendimento di distribuzione (funzione della posizione dell'impianto di distribuzione del fluido termovettore e della sua coibentazione);
- $\eta_{H,p}$ = rendimento di generazione (funzione della collocazione e delle caratteristiche del sistema di produzione del fluido termovettore);
- fabbisogno di energia elettrica per l'alimentazione degli ausiliari dell'impianto di riscaldamento (pompe di circolazione del fluido termovettore).

In relazione alle dotazioni impiantistiche presenti sull'edificio e descritte nei paragrafi precedenti, vengono di seguito individuati i valori di rendimento dei diversi sottosistemi, sulla base della metodologia proposta dalla Norma *UNI/TS 11300-2:2019*.

Tabella 3 - Rendimenti medi stagionali dell'impianto di riscaldamento

Rendimento	Valore
Rendimento di emissione	96,0%
Rendimento di regolazione	87,1%
Rendimento di distribuzione	97,8%
Rendimento di produzione	87,8%
Rendimento globale medio stagionale	78,1%

Si segnala che il calcolo del rendimento di produzione e del rendimento globale medio stagionale tengono conto del fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile dei vettori energetici $f_{p,nren}$ (energia ricavata dalla combustione di gas naturale ed energia elettrica per l'alimentazione degli ausiliari dell'impianto termico) come definiti dal *Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*. Nello specifico detti fattori di conversione sono pari a 1,05 per l'energia prodotta dalla combustione di gas naturale e 1,95 per l'energia elettrica da rete. Al netto di tali rendimenti di conversione, il rendimento di generazione dell'impianto termico di riscaldamento è pari 92,4%.

4.5 Rendimento medio stagionale dell'impianto termico per la climatizzazione estiva

Il rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico per la climatizzazione estiva η_c , come definito dalla Norma *UNI/TS 11300-3:2019*, è funzione dei seguenti fattori:

- η_e = rendimento di emissione (funzione dei sistemi di regolazione presenti);
- η_e = rendimento di emissione (funzione della tipologia dei terminali impiantistici, della loro collocazione e dell'altezza dei locali in cui sono situati);
- η_d = rendimento di distribuzione (funzione della posizione dell'impianto di distribuzione del fluido termovettore e della sua coibentazione);
- η_s = rendimento di accumulo (funzione della tipologia di accumulo presente);
- η_p = rendimento di generazione (funzione della collocazione e delle caratteristiche del sistema di produzione del fluido termovettore);
- fabbisogno di energia elettrica per l'alimentazione degli ausiliari dell'impianto di riscaldamento (pompe di circolazione del fluido termovettore).

In relazione alle dotazioni impiantistiche presenti sull'edificio e descritte nei paragrafi precedenti, vengono di seguito individuati i valori di rendimento dei diversi sottosistemi, sulla base della metodologia proposta dalla Norma *UNI/TS 11300-3:2019*.

Tabella 4 - Rendimenti medi stagionali dell'impianto termico (raffrescamento)

Rendimento	Valore
Rendimento di emissione	97,0%
Rendimento di regolazione	93,0%
Rendimento di distribuzione	100,0%
Rendimento di accumulo	-
Rendimento di produzione	153,8
Rendimento globale medio stagionale	134.4%

Anche in questo caso si specifica che il calcolo del rendimento di produzione e del rendimento globale medio stagionale tengono conto del fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile dei vettori energetici $f_{P,nren}$ (energia elettrica) come definiti dal *Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*.

4.6 Rendimento medio stagionale dell'impianto termico a servizio della produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari

Il rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico per acqua calda sanitaria η_w , come definito dalla Norma *UNI/TS 11300-2:2019*, è funzione dei seguenti fattori:

- $\eta_{w,er}$ = rendimento di erogazione (funzione dei dispositivi di erogazione presenti);
- $\eta_{w,du}$ = rendimento di distribuzione alle utenze (funzione della posizione dell'impianto di distribuzione del fluido termovettore e della sua coibentazione);
- $\eta_{w,ric}$ = rendimento della rete di ricircolo (funzione della posizione della rete di ricircolo del fluido termovettore e della sua coibentazione);
- $\eta_{w,s}$ = rendimento di accumulo (funzione della tipologia di accumulo presente);
- $\eta_{w,p}$ = rendimento di generazione (funzione della collocazione e delle caratteristiche del sistema di produzione del calore ceduto al fluido termovettore);
- fabbisogno di energia elettrica per l'alimentazione degli ausiliari dell'impianto di produzione di acqua calda sanitaria (pompe di circolazione del fluido termovettore).

In relazione alle dotazioni impiantistiche presenti sull'edificio e descritte nei paragrafi precedenti, vengono di seguito individuati i valori di rendimento dei diversi sottosistemi, sulla base della metodologia proposta dalla Norma *UNI/TS 11300-2:2019*.

Tabella 5 - Rendimenti medi stagionali dell'impianto acs

Rendimento	Valore
Rendimento di erogazione	100,0%
Rendimento di ricircolo	27,8%
Rendimento di distribuzione utenza	89,3%
Rendimento di accumulo	-
Rendimento di produzione e accumulo	66,7%
Rendimento globale medio stagionale	16,4%

Il calcolo del rendimento di produzione e del rendimento globale medio stagionale tengono conto del fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile dei vettori energetici $f_{P,nren}$ come definiti dal *Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*. Nello specifico detti fattori di conversione sono pari a 1,05 per l'energia prodotta dalla combustione di gas naturale e 1,95 per l'energia elettrica da rete. Al netto di tali rendimenti di conversione, il rendimento di generazione ed accumulo dell'impianto termico di riscaldamento è pari al 70%.

4.7 Fabbisogno teorico di energia primaria per riscaldamento (Asset Rating)

Nel presente paragrafo sono riassunti i risultati dell'analisi del sistema edificio – impianto relativamente all'impianto di climatizzazione invernale, estiva e di produzione acqua calda sanitaria. In particolare si segnala come l'edificio esprima una domanda in termini di fabbisogno energetico ($Q_{H,nd}$ – fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento e ventilazione dell'edificio, $Q_{C,nd}$ – fabbisogno di energia termica utile per raffrescamento e $Q_{W,nd}$ – fabbisogno di energia termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria) e a tale domanda corrisponda, in considerazione dell'efficienza energetica del sistema impiantistico, un fabbisogno di energia termica e quindi un fabbisogno di energia primaria. L'efficienza energetica del sistema impiantistico a servizio del riscaldamento è espressa tramite un valore di rendimento globale medio stagionale (η_H) che tiene conto delle perdite legate ai sottosistemi di regolazione, emissione, distribuzione, generazione e dei consumi elettrici degli ausiliari dell'impianto di riscaldamento (es. pompe di circolazione del fluido termovettore). Allo stesso modo, relativamente alla climatizzazione estiva (η_C - il quale prevede i medesimi sottosistemi descritti per il riscaldamento) e alla produzione di acqua calda sanitaria (η_W). Per quest'ultimo sistema, il rendimento globale tiene conto delle perdite legate ai sottosistemi di erogazione, distribuzione alle utenze, rete di ricircolo, accumulo, generazione e dei consumi elettrici degli ausiliari dell'impianto.

È inoltre dettagliato a seguire il consumo energetico stimato per l'illuminazione degli ambienti ed i consumi riconducibili alla ventilazione meccanica, valutati sia in termini di energia elettrica consumata che come fabbisogno di energia primaria (consumi valutati secondo norma *UNI/TS 11300-2:2019*).

Sulla base dei valori del fabbisogno energetico dell'edificio (fabbisogno di energia per la climatizzazione invernale, la produzione di acqua calda sanitaria e l'illuminazione) e dei rendimenti impiantistici calcolati in precedenza, sono stati calcolati i dati contenuti nella tabella riportata a seguire.

Tabella 6 - Fabbisogno energetico dell'edificio in condizioni climatiche medie stagionali

<i>Uso finale</i>	<i>Parametro</i>	<i>Valore</i>
Riscaldamento	Fabbisogno ideale di energia termica utile $Q_{H,nd}$ (MWh/a)	782
	Fabbisogno di energia primaria $Q_{p,H,nren}$ (MWh/a)	974
	Fabbisogno di energia primaria $Q_{p,H,TOT}$ (MWh/a)	976
	Fabbisogno di gas naturale (m^3CH_4)	92.822
	Fabbisogno di en. elettrica (MWh _{EL})	3,1
Raffrescamento	Fabbisogno ideale di energia termica utile $Q_{C,nd}$ (MWh/a)	26,9
	Fabbisogno di energia primaria $Q_{p,C,nren}$ (MWh/a)	102,3
	Fabbisogno di energia primaria $Q_{p,C,TOT}$ (MWh/a)	126,9
	Fabbisogno di en. elettrica (MWh _{EL})	52,4
Acqua calda sanitaria	Fabbisogno ideale di energia termica utile $Q_{W,nd}$ (MWh/a)	14,5
	Fabbisogno di energia primaria $Q_{p,W,nren}$ (MWh/a)	88,8
	Fabbisogno di energia primaria $Q_{p,W,TOT}$ (MWh/a)	89,1
	Fabbisogno di gas naturale (m^3CH_4)	8.428
	Fabbisogno di en. elettrica (MWh _{EL})	0,5
Illuminazione	Fabbisogno di energia primaria $Q_{p,L,nren}$ (MWh/a)	334,9
	Fabbisogno di energia primaria $Q_{p,L,TOT}$ (MWh/a)	415,6
	Fabbisogno di en. elettrica (MWh _{EL})	171,7
Ventilazione	Fabbisogno di energia primaria $Q_{V,nren}$ (MWh/a)	129,6
	Fabbisogno di energia primaria $Q_{V,TOT}$ (MWh/a)	160,8
	Fabbisogno di en. elettrica (MWh _{EL})	66,4

5 Analisi dei consumi reali e costruzione dell'inventario energetico

Nei paragrafi a seguire sono riportati i risultati relativi alla disaggregazione dei consumi energetici del fabbricato, effettuata a partire dai dati forniti dalla Proprietà, per fonte energetica e per uso finale.

Prima di entrare nel dettaglio della trattazione, risulta però fondamentale segnalare alcune peculiarità legate al caso in oggetto. In particolare si evidenzia come:

- ad eccezione degli ambienti afferenti alla *Fondazione Teatro Nuovo* (scuola di danza), la struttura è caratterizzata da un utilizzo discontinuo: la climatizzazione invernale della maggior parte degli ambienti è effettuata solo in occasione delle esibizioni teatrali;
- gli ambienti caratterizzati da un utilizzo discontinuo sono quelli che presentano i maggiori fabbisogni termici, principalmente a causa delle elevate portate d'aria necessarie per la relativa ventilazione meccanica;
- non essendo presenti né sistemi di regolazione avanzati (dotati ad esempio di sonde di temperatura in ambiente) né una centralina climatica programmabile, non è possibile attualmente regolare il funzionamento dell'impianto termico in modo da tenere conto delle condizioni climatiche esterne e/o della temperatura raggiunta all'interno degli ambienti stessi.

Alla luce di quanto sopra esposto, risulta evidente come i consumi reali della struttura potranno discostarsi anche sensibilmente dai fabbisogni energetici ottenuti a calcolo, in quanto (per permettere una più corretta analisi della redditività degli interventi) questi ultimi considerano un utilizzo uniforme degli ambienti durante tutto l'anno (schedule giornaliere descritte nel paragrafo 2.3 a pag. 10). Per maggior dettaglio circa il confronto tra consumi reali e simulazioni energetiche, si rimanda a quanto riportato nel cap. 6 a pag. 39.

5.1 Disaggregazione dei consumi reali per fonte energetica

Il primo dato significativo riguardante i consumi energetici reali è fornito dalla disaggregazione degli stessi secondo fonte energetica. In merito al consumo di gas naturale per la climatizzazione invernale della struttura, si riporta a seguire un grafico ove sono rappresentati i consumi per le stagioni di riscaldamento 2016/2107, 2017/2018 e 2018/2019.

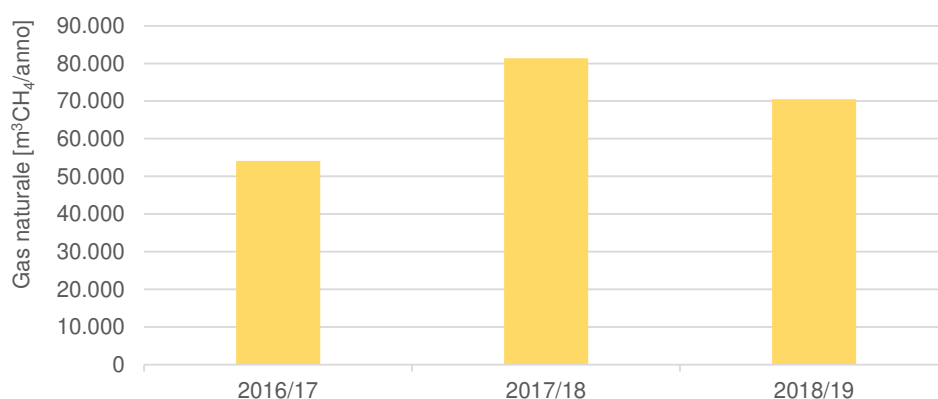


Figura 34 – Consumo di gas naturale per il riscaldamento

Per quanto concerne il consumo di energia elettrica, si riporta a seguire un grafico ove è rappresentato il prelievo energetico mensile relativo alla stagione 2021/2022 fornito dalla Proprietà. Il consumo totale di energia elettrica annuo è pari a 86.409 kWh_{EL}.

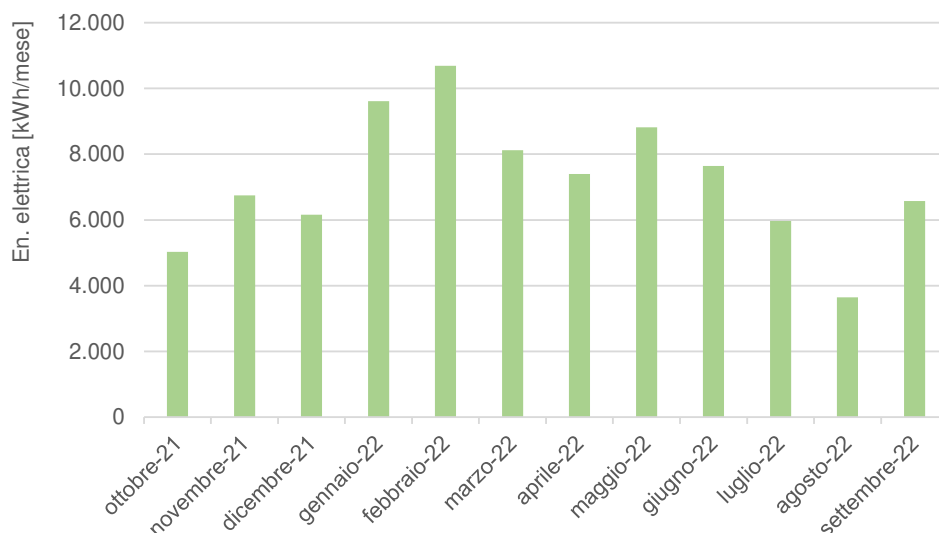


Figura 35 – Consumo mensile di energia elettrica (Stagione 2021/2022)

Al fine di poter effettuare un corretto confronto tra i dati sopra presentati, il consumo di gas naturale è stato normalizzato rispetto al clima reale registrato nella località³. Si segnala inoltre che tale valutazione tiene conto dei fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici, come previsto da *Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici* e di un potere calorifico del gas naturale pari a 9,94 kWh/m³CH₄. A partire da quanto sopra riportato, si è pertanto proceduto con la disaggregazione dei consumi per vettore energetico in energia elettrica e energia termica da gas naturale, ottenendo i seguenti risultati:

Tabella 7 - Disaggregazione del consumo energetico di energia primaria per fonte

Consumo di energia elettrica				
Anno	Consumo energetico [kWh _{EL}]	Consumo di energia primaria non rinnovabile [kWh _{P,nren}]	Consumo di energia primaria rinnovabile [kWh _{P,ren}]	Consumo di energia primaria totale [kWh _{P,tot}]
2021/2022	86.409	168.498	40.612	209.110
Consumo medio	86.409	168.498	40.612	209.110

Consumo di energia termica da gas naturale				
Anno	Consumo energetico normalizzato [m ³ CH ₄]	Consumo di energia primaria non rinnovabile [kWh _{P,nren}]	Consumo di energia primaria rinnovabile [kWh _{P,ren}]	Consumo di energia primaria totale [kWh _{P,tot}]
2016/2017	64.898	677.341	-	677.341
2017/2018	88.266	921.233	-	921.233
2018/2019	85.969	897.261	-	897.261
Consumo medio	79.711	831.945	-	831.945

³ gradi giorno reali relativi alla media dei dati di temperatura rilevati dalle sonde Arpa Piemonte, Torino Alenia, Torino Giardini Reali e Torino Reiss Romoli per le stagioni in esame.

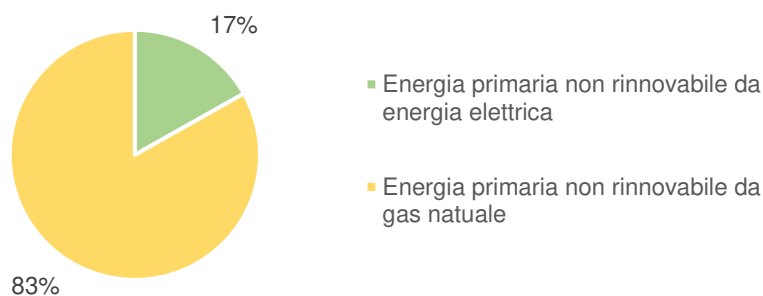


Figura 36 - Disaggregazione del consumo di energia primaria non rinnovabile per fonte energetica

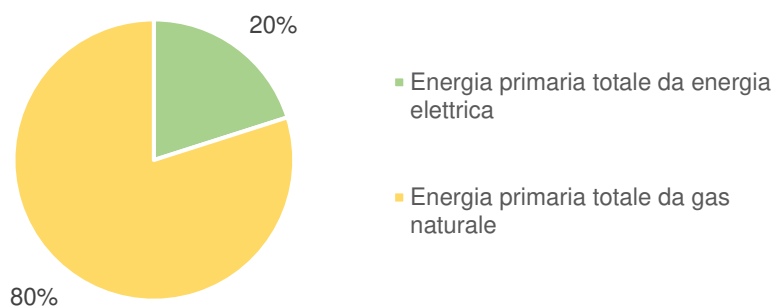


Figura 37 - Disaggregazione del consumo di energia primaria totale per fonte energetica

Come deducibile dalla tabella e dai grafici sopra riportati, risulta evidente che il consumo di energia primaria connesso alla combustione di gas naturale sia preponderante nel bilancio energetico complessivo, risultando nettamente superiore al consumo energetico riconducibile all'utilizzo di energia elettrica (la quale è utilizzata prevalentemente per l'illuminazione degli ambienti, la climatizzazione estiva e il funzionamento degli ausiliari dell'impianto).

Analogamente alla disaggregazione dei consumi per fonte energetica, appena effettuata, è stata ipotizzata una disaggregazione della possibile spesa ad essi correlata. Per tale valutazione si è ipotizzato un costo dell'energia elettrica pari a 0,5311 €/kWh tasse incluse (fonte: ARERA Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente – comunicato del 29 dicembre 2022) ed un costo del gas naturale pari a 1,5095 €/m³CH₄ (fonte: ARERA Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente – comunicato del 3 gennaio 2023), ottenendo i seguenti risultati:

- Spesa legata al consumo di energia elettrica = 45.891,82 €;
- Spesa legata al consumo di gas naturale = 120.323,93 €.

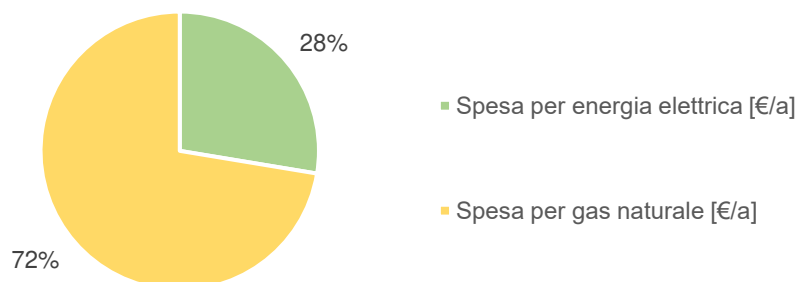


Figura 38 – Disaggregazione della spesa

Anche in questo caso la componente relativa al consumo di gas naturale si mantiene preponderante, essendo caratterizzata da una spesa complessiva annua pari a circa 3 volte la spesa per il consumo di energia elettrica.

5.2 Disaggregazione dei consumi reali per uso finale

Per quanto concerne una possibile disaggregazione del consumo di energia elettrica per uso finale, tale operazione non risulta effettuabile direttamente a partire da dati reali, a causa dell'assenza di contatori dedicati alla misurazione dell'effettivo prelievo energetico di ogni sistema.

Sono stati pertanto analizzati i dati di consumo forniti dalla proprietà, i quali sono relativi alla sola stagione 2021/2022. In particolare per detto periodo sono stati valutati i consumi complessivi relativi alle tre fasce orarie di prelievo F1, F2 ed F3 le quali sono riconducibili ai prelievi effettuati all'interno dei periodi dettagliati in Tabella 8.

Tabella 8 – Fasce orarie di prelievo

Fascia oraria	Periodo di riferimento
F1 (ore di punta)	dalle 8:00 di mattina alle 19:00 dal lunedì al venerdì, festività nazionali escluse
F2 (ore intermedie)	dalle ore 7:00 alle ore 8:00 la mattina, dalle ore 19:00 alle ore 23:00 dal lunedì al venerdì e dalle ore 7:00 alle ore 23:00 il sabato, festività nazionali escluse
F3 (ore fuori punta)	dalle ore 00.00 alle ore 7.00 e dalle ore 23.00 alle ore 24.00 dal lunedì al sabato, la domenica e festivi tutte le ore della giornata

All'interno della tabella e dei grafici riportati a seguire (Tabella 9 e Figura 39) sono rappresentati:

- i prelievi di energia elettrica per ciascuna delle fasce orarie definite in precedenza relativi alla stagione 2021/2022;
- la potenza elettrica mediamente assorbita durante ciascuna fascia di prelievo (ottenuta rapportando i singoli consumi con le ore relative ad ogni fascia di prelievo).

Tabella 9 – Consumo energetico per fasce di prelievo

Fascia oraria	Consumo energetico [kWh/anno]	Potenza media assorbita in ogni fascia [kW/h anno]
F1 (ore di punta)	57.146	20
F2 (ore intermedie)	13.284	6
F3 (ore fuori punta)	15.979	4
TOTALE	86.409	10

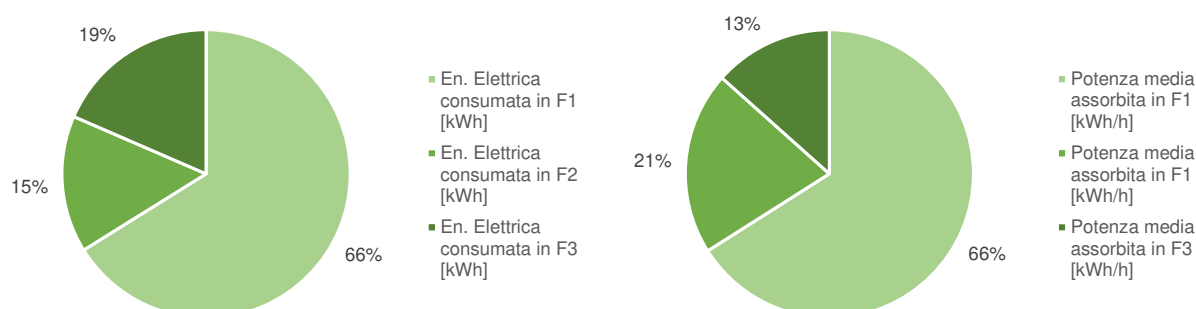


Figura 39 – Ripartizione del prelievo energetico e della potenza media assorbita tra le diverse fasce

Dall'osservazione dei dati riportati in Figura 35 e in Figura 39 è possibile trarre alcune conclusioni:

- il consumo mensile di energia elettrica è estremamente variabile durante l'anno, con forti differenze di prelievo tra i diversi mesi;
- non sono distinguibili degli andamenti riconducibili all'utilizzo di impianti di climatizzazione invernale o estiva (andamenti simili a curve gaussiane con picchi di prelievo rispettivamente nei mesi di gennaio e luglio). L'assorbimento di tali apparecchiature si ipotizza quindi secondario rispetto agli altri usi (illuminazione);
- il consumo di energia elettrica è maggiore durante le ore centrali delle giornate lavorative (fascia F1) rispetto al resto dell'anno.

Alla luce di quanto sopra riportato, ogni possibile disaggregazione del consumo di energia elettrica per uso finale risulterebbe arbitraria, in quanto non desumibile dall'andamento dei prelievi e dagli indirizzi forniti dalla Proprietà.

In merito ai consumi energetici connessi alla combustione di gas naturale, si segnala che:

- non sono presenti anche in questo caso dei contatori atti alla determinazione dell'energia consumata per i diversi usi (produzione di acqua calda sanitaria e il riscaldamento);
- durante l'attività di sopralluogo, è emerso come i generatori a servizio della produzione di acs risultino dismessi e non più funzionanti (non permettendo di stabilire se siano stati utilizzati nelle ultime stagioni termiche).

A causa delle motivazioni sopra esposte, anche in questo caso, non risulta possibile stabilire con ragionevole certezza una disaggregazione dei consumi reali per uso finale. Come sarà esplicitato più avanti, tali elementi non costituiscono però un elemento ostativo allo svolgimento dell'attività diagnostica e all'individuazione delle strategie di efficientamento, la quale baserà le proprie valutazioni su dati ottenuti a calcolo dalle simulazioni energetiche effettuate.

5.3 Analisi conclusive circa i consumi reali

Dall'osservazione di quanto riportato all'interno dei paragrafi precedenti, risulta evidente come i dati di consumo reale, forniti dalla Proprietà ed analizzati dalla scrivente, non permettano di tracciare un quadro definito e chiaro del prelievo energetico annuale tipico della struttura. Ciò a causa di diversi elementi:

- presenza di forte variabilità tra i prelievi energetici nei diversi periodi analizzati, non riconducibili a possibili variazioni dei carichi termici teorici richiesti dall'edificio. In merito si evidenzia come:
 - a. per il riscaldamento sono presenti differenze di prelievo annuale normalizzato superiori al 35% tra le diverse stagioni (prelievi non riconducibili a sensibili variazioni delle condizioni climatiche esterne);
 - b. per il consumo di energia elettrica sono presenti differenze di oltre il 190% tra i diversi mesi dell'anno;
- assenza di sistemi di contabilizzazione dei consumi energetici per i diversi usi finali;
- utilizzo discontinuo della struttura nell'arco dell'anno, legato alla programmazione degli spettacoli in essa ospitati.

Si ricorda inoltre (come riportato in *Premessa* al presente elaborato) che l'attività diagnostica ivi presentata ha come fine ultimo la definizione delle strategie di intervento ottimali, da implementare all'interno delle successive fasi di progettazione, per migliorare il comportamento energetico della struttura. In quest'ottica è ipotizzabile che in seguito alla riqualificazione della struttura (e al ripristino del corretto funzionamento degli impianti tecnologici), questa potrà essere caratterizzata da un utilizzo più continuo ed uniforme nel corso dell'anno.

Alla luce di quanto sopra riporto, si è valutato come la quantificazione dei risparmi energetici conseguibili dalla realizzazione degli interventi possa essere effettuata a partire dai parametri energetici ottenuti a calcolo, i quali sono basati su una modellazione energetica dinamica, sviluppata considerando un uso regolare dell'edificio secondo i profili richiamati al paragrafo 2.3 a pag. 10.

6 DEFINIZIONE DELL'INVENTARIO ENERGETICO

In base ai risultati ottenuti dalla modellazione energetica dell'edificio e dall'analisi dei consumi reali descritta nel capitolo precedente, è stato possibile definire l'inventario energetico della struttura in esame, il quale si articola secondo quanto riportato all'interno delle tabelle a seguire.

Tabella 10 – Fabbisogno e consumo reale di energia per i diversi usi finali

Uso finale	Consumo reale di gas naturale [m ³ CH ₄ /a]	Consumo reale di en. elettrica [kWh _{EL} /a]	Fabbisogno a calcolo di gas naturale [m ³ CH ₄ /a]	Fabbisogno a calcolo di en. elettrica [kWh _{EL} /a]
Riscaldamento	-	-	92.822	3.108
Raffrescamento	-	-	-	52.457
Produzione ACS	-	-	8.428	456
Illuminazione	-	-	-	171.742
Ventilazione	-	-	-	66.440
TOTALE	-	-	101.250	294.202

Tabella 11 – Fabbisogno e consumo reale di en. primaria per i diversi usi finali

Uso finale	Consumo reale di en. primaria non rinnovabile [kWh _{P,nren} /a]	Consumo reale di en. primaria totale [kWh _{P,tot} /a]	Fabbisogno a calcolo di en. primaria totale [kWh _{P,nren} /a]	Fabbisogno a calcolo di en. primaria totale [kWh _{P,tot} /a]
Riscaldamento	-	-	974.846	976.306
Raffrescamento	-	-	102.290	126.945
Produzione ACS	-	-	88.854	89.069
Illuminazione	-	-	334.896	415.615
Ventilazione	-	-	129.558	160.785
TOTALE	-	-	1.630.445	1.768.720

7 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Gli indicatori di prestazione energetica sono parametri che permettono di valutare il comportamento del sistema edificio-impianto e rappresentano l'uso specifico di energia rapportato con le dimensioni dell'immobile oggetto di studio (per il caso in esame si è utilizzata la superficie netta climatizzata, pari a 2.253 m²). A seconda dei dati di input con cui vengono calcolati detti indicatori, è possibile suddividerli in:

- indicatori di prestazione energetica effettivi (*EnPIef*) che rappresentano il valore quantitativo dell'indice di prestazione energetica ricavato da misure effettive;
- indicatori di prestazione energetica operativi (*EnPIop*) che rappresentano il valore quantitativo dell'indice di prestazione energetica ricavato teoricamente da modello energetico;

Per quanto concerne il caso in esame, si riportano all'interno della tabella a seguire, gli indicatori di prestazione energetica effettivi ed operativi ricavati dall'analisi dei fabbisogni di energia primaria non rinnovabile e totale analizzati nei capitoli precedenti (si veda Capitolo 6 a pag. 39).

Tabella 12 – Indicatori di prestazione energetica effettivi e operativi

Uso finale	indicatori di prestazione energetica effettivi (<i>EnPIef</i>)		indicatori di prestazione energetica operativi (<i>EnPIop</i>)	
	Indicatore di prestazione en. primaria non rinnovabile [kWh _{P,nren} /m ² a]	Indicatore di prestazione en. primaria totale [kWh _{P,tot} /m ² a]	Indicatore di prestazione en. primaria non rinnovabile [kWh _{P,nren} /m ² a]	Indicatore di prestazione en. primaria totale [kWh _{P,tot} /m ² a]
Riscaldamento	-	-	123,9	124,1
Produzione ACS	-	-	11,3	11,3
Illuminazione	-	-	13,0	16,1
Ventilazione	-	-	42,6	52,8
Trasporto	-	-	16,5	20,4
TOTALE	-	-	207,2	224,8

8 ANALISI RIEPILOGATIVA DELLO STATO DI FATTO E DEFINIZIONE DELLE STRATEGIE DI INTERVENTO

L'attività analitica e diagnostica eseguita ha permesso di valutare le prestazioni energetiche del sistema edificio-impianto, con particolare attenzione ai seguenti usi finali: climatizzazione invernale ed estiva, ventilazione meccanica, produzione di acqua calda per usi igienico sanitari (acs) ed illuminazione artificiale degli ambienti.

I primi dati fondamentali per l'individuazione del comportamento energetico dell'edificio derivano dall'analisi dei consumi reali e dalla disaggregazione del consumo energetico presentata nei capitoli precedenti (si veda paragrafo 5.1 a pagina 33). In particolare da tali attività emerge come il consumo di energia primaria connesso alla combustione di gas naturale sia preponderante nel bilancio energetico complessivo dell'edificio. Questo consumo è infatti responsabile dell'83% del consumo totale di energia primaria non rinnovabile, contro un 17% riconducibile al consumo di energia elettrica (utilizzato principalmente per la ventilazione meccanica, il raffrescamento, l'illuminazione artificiale degli ambienti e l'alimentazione degli ausiliari d'impianto per la climatizzazione invernale). L'elevato consumo energetico per la climatizzazione invernale della struttura si ipotizza correlato sia a criticità connesse allo scarso potere termoisolante dei componenti d'involucro (si veda per maggior dettagli paragrafo 4.1 a pagina 20), sia a inefficienze dell'impianto termico centralizzato.

In secondo luogo, analizzando gli andamenti delle temperature interne ricavati dalle simulazioni energetiche effettuate, emerge come durante il periodo estivo si presentino spesso valori di temperatura interna superiori a 26°C, con punte di oltre 40°C. Tali temperature, che si ipotizza possano essere causa di discomfort per gli occupanti, verosimilmente causate dall'inadeguatezza e/o assenza di impianti di raffrescamento (presenti solo in alcuni locali costituenti la struttura). Per quanto concerne le condizioni interne invernali, i generatori esistenti presentano invece una potenza sufficiente a far fronte alle dispersioni termiche dell'edificio e quindi teoricamente al mantenimento di una temperatura interna pari a 20°C (valore di set-point delle simulazioni energetiche effettuate).

Alla luce di quanto sopra riportato, si sono individuati dei possibili interventi di efficientamento, atti a contenere i consumi energetici dell'edificio e a migliorare il livello termico interno. Tali interventi sono stati raggruppati in due tipologie distinte:

- interventi sull'involucro edilizio;
- interventi sugli impianti tecnologici.

Tale distinzione è stata effettuata in quanto si è ritenuto più corretto analizzare prima la domanda energetica dell'edificio congiuntamente agli interventi che potrebbero modificarla (coibentazioni e sostituzione dei serramenti esterni) e solo successivamente identificare le strategie di produzione del calore più adatte alla nuova configurazione.

Per quanto concerne gli interventi agenti sull'involucro edilizio, questi sono di seguito riassunti:

- **Intervento 1:** coibentazione della totalità delle pareti perimetrali confinanti con l'esterno e delle pareti contro-terra;
- **Intervento 2:** coibentazione del solaio contro-terra e del solaio confinante con il secondo piano interrato;
- **Intervento 3:** coibentazione dei solai di copertura;
- **Intervento 4:** sostituzione della totalità dei serramenti con ripristino degli elementi attualmente tamponanti internamente.

Oltre ai vantaggi di natura economica (si veda quanto riportato nei capitoli conclusivi), gli interventi sopracitati permetteranno di ottenere anche i seguenti benefici:

- forte riduzione delle dispersioni termiche attraverso i componenti d'involucro durante il periodo invernale;
- riduzione della radiazione solare entrante attraverso i componenti edilizi opachi ed i serramenti durante il periodo invernale (operata mediante l'adozione di finiture altamente riflettenti e di vetratura con ridotto valore di fattore solare);
- esecuzione di opere di manutenzione ordinaria dei componenti edilizi soggetti e degrado edilizio e/o malfunzionamenti;
- omogenizzazione della temperatura media radiante degli ambienti interni, con ricadute positive sulla sensazione di comfort degli occupanti.

Siccome nessuno degli interventi sopracitati premette la verifica positiva di tutti i parametri richiesti per la definizione di un *nZEB*, questi sono stati simulati congiuntamente in un'unica combinazione (**Intervento 5**). Come sarà evidenziato più avanti nella trattazione, tale combinazione di interventi permette di verificare positivamente tutti i parametri richiesti (*coefficiente globale di scambio termico per trasmissione H_T* - parametro $A_{sol,est}/A_{sup\ utile} - EP_{H,nd} - EP_{C,nd} - EP_{gl,tot}$).

Definita quindi la domanda termica dell'edificio post-riqualificazione (**Intervento 5**), si sono analizzate diverse configurazioni impiantistiche, per garantire un'adeguata copertura dei carichi termico invernali ed estivi della struttura. Prima di analizzare puntualmente le diverse forme di generazione dell'energia termica e frigorifera, si specifica che tutte le soluzioni impiantistiche proposte prevedono:

- installazione di un sistema di ventilazione meccanica dotata di recuperatore di calore ad alta efficienza e di by-pass per permettere le operazioni di free-cooling;
- installazione di un sistema di emissione del calore in parte in bassa temperatura (pannelli radianti) e in parte con bocchette ad aria canalizzate (localizzate queste all'interno delle sale spettacolo);
- utilizzo di sistemi di regolazione del funzionamento degli impianti tecnologici corrispondenti alla *Classe B* così come definita dalla norma *UNI 15232*;
- installazione in copertura di un parco fotovoltaico caratterizzato da una potenza di picco pari a 130 kW (quantitativo minimo previsto dal *D.Lgs. 199/2021* per la definizione di *nZEB*).

Si segnala inoltre che la proprietà negli ultimi anni ha intrapreso un percorso di decarbonizzazione, privilegiando l'utilizzo di impianti alimentati da fonti energetiche alternative rispetto ai combustibili fossili (ad esempio allacciando le nuove utenze alla rete di teleriscaldamento cittadino o a impianti a pompa di calore). Tale valutazione è allineata inoltre con quanto previsto dalla normativa comunitaria, la quale ha istituito un piano d'azione per la progressiva eliminazione dei generatori alimentati a combustibili fossili (si veda ad esempio il piano **Repower EU** presentato il 18 maggio 2022). Alla luce di tale indicazione e per poter garantire le percentuali di copertura da fonti rinnovabili richiesti dal *D.Lgs 199/2021*, non saranno approfondite nel presente documento soluzioni progettuali che prevedano in loco l'utilizzo di combustibili fossili come fonte termica primaria.

Si riportano a seguire i sistemi di generazione analizzati (i quali si ricorda prevedono tutti l'adozione delle tecnologie comuni riassunte in precedenza):

- **Intervento 6:** allaccio alla rete di teleriscaldamento cittadino per il riscaldamento invernale e la produzione di acqua calda sanitaria ed installazione di una pompa di calore del tipo aria-acqua per la climatizzazione estiva;
- **Intervento 7:** installazione di pompe di calore del tipo aria-acqua per il riscaldamento invernale, la produzione di acqua calda sanitaria e per la climatizzazione estiva;
- **Intervento 8:** installazione di pompe di calore geotermiche polivalenti del tipo acqua-acqua per il riscaldamento invernale, la produzione di acqua calda sanitaria e per la climatizzazione estiva;

Per quanto concerne invece la possibile installazione di collettori solari termici, questa non è stata valutata vantaggiosa per l'edificio in esame. Ciò in quanto:

- l'edificio è caratterizzato da consumi di acqua calda sanitaria estremamente contenuti;
- i mesi in cui la produzione sarebbe massima sono quelli estivi, durante i quali si ipotizza un calo del prelievo di acqua calda sanitaria a causa di una rarefazione degli spettacoli ospitati nella struttura.

Per le due motivazioni sopra esposte, l'energia prodotta risulterebbe spesso inutilizzata e in alcuni casi sarebbe necessario addirittura provvedere al suo smaltimento per evitare il surriscaldamento dei componenti dell'impianto, annullando di fatto eventuali vantaggi di carattere economico derivati dal loro utilizzo.

9 ANALISI DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

Alla luce dell'indagine condotta sono di seguito riportati gli interventi proposti per la riqualificazione energetica dell'edificio in oggetto. Si precisa che i costi degli interventi indicati nel presente elaborato sono stimati e pertanto potrebbero potenzialmente subire variazioni anche sensibili in funzione di diversi aspetti (ad esempio le fluttuazioni del prezzo dei diversi materiali, delle lavorazioni e della manodopera, le differenti tipologie delle finiture richieste dalla committenza, etc.).

9.1 Interventi di efficientamento dell'involucro edilizio

9.1.1 Intervento 1 – Coibentazione delle pareti perimetrali

L'intervento prevede la coibentazione della totalità delle pareti perimetrali confinanti con l'esterno e delle pareti contro-terra, tale da garantire una riduzione della trasmittanza termica media fino al raggiungimento di un valore inferiore o uguale a $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ (valore di trasmittanza massimo consentito per gli interventi eseguiti su edifici esistenti soggetti a riqualificazione energetica con riferimento alla zona climatica E – *Decreto interministeriale 26 giugno 2015 – Appendice B, Tabella 1*).

Per quanto riguarda la tipologia di realizzazione dell'intervento si segnala che alcune porzioni del fabbricato saranno realizzate mediante “cappotto termico esterno” con finitura esterna in intonaco (porzione evidenziato in verde in Figura 40 e in Figura 41) e altre porzioni (blocco di ingresso prospiciente corso Massimo D'Azeglio) mediante “coibentazione dall'interno” con finitura interna realizzata mediante lastre in cartongesso (porzione evidenziato in rosso in Figura 40 e in Figura 41).

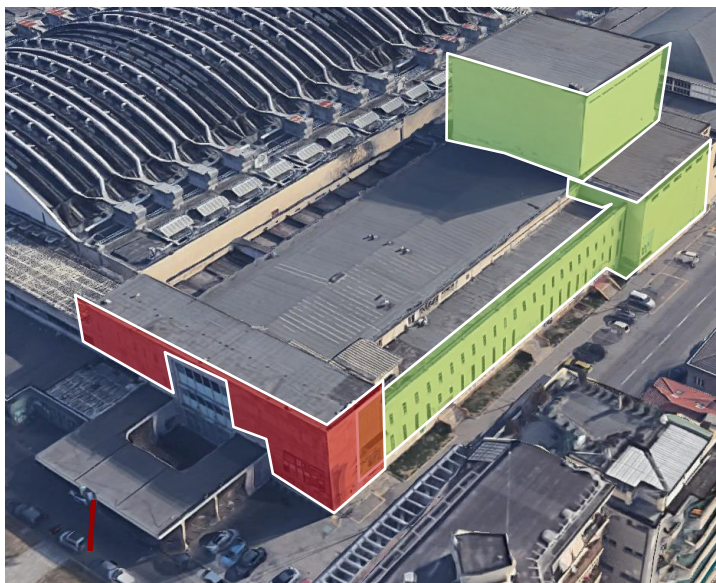


Figura 40 – Identificazione delle strutture oggetto di intervento

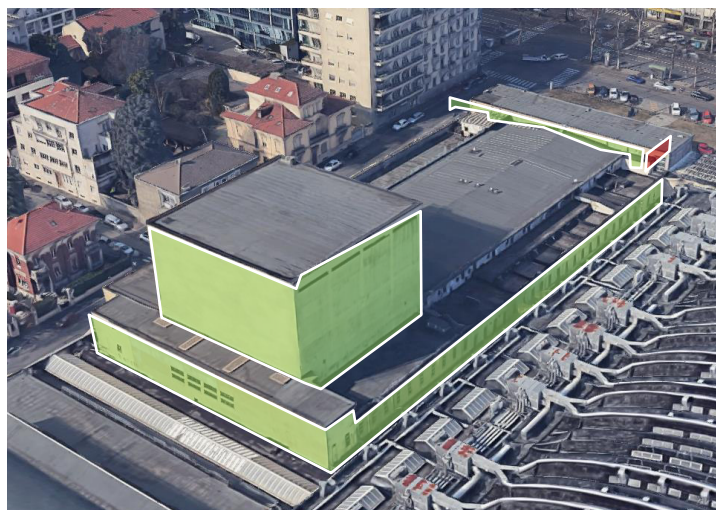


Figura 41 – Identificazione delle strutture oggetto di intervento

Per quanto concerne le porzioni oggetto di “**cappotto esterno**”, a valle della realizzazione dell’intervento la stratigrafia della parete potrebbe risultare la seguente:

1. *muratura esistente*: muratura a cassa vuota in laterizio;
 - *strato di livellamento*: eventuale strato di livellamento e di consolidamento del paramento esterno esistente (da eseguirsi nel caso rilievi di dettaglio facciano emergere marcate irregolarità delle murature rispetto al piano facciata);
 - *strato di coibentazione*: pannello di materiale coibente tale da garantire una resistenza termica non inferiore a $4,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ (spessore pari a 14 cm. in caso di utilizzo di pannelli in lana minerale, aventi un valore della conducibilità termica λ pari a $0,035 \text{ W/mK}$) ancorato mediante tassellatura meccanica e incollaggio;
 - *strato protettivo*: intonaco di base per cappotto supportato da idonea micro-rete di supporto per l’assorbimento di tensioni superficiali e sollecitazioni meccaniche;
2. *finitura*: finitura in intonaco.

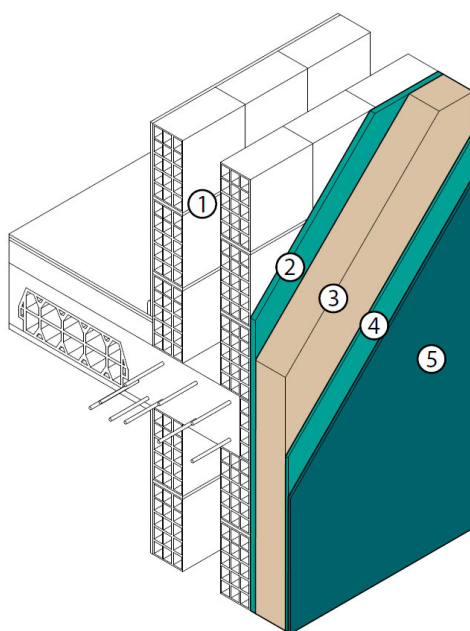


Figura 42 – Schema costruttivo dell’intervento proposto (cappotto tradizionale)

Per quanto riguarda invece le porzioni oggetto di **coibentazione dall'interno** (fondamentale per poter mantenere lo strato di finitura esterno in materiale lapideo), a valle della realizzazione dell'intervento la stratigrafia della parete potrebbe risultare la seguente:

- muratura *esistente*: muratura a cassa vuota in laterizio;
- *strato di coibentazione*: pannello di materiale coibente tale da garantire una resistenza termica non inferiore a $2,9 \text{ m}^2\text{K/W}$ (spessore pari a 10 cm. in caso di utilizzo di pannelli in lana minerale, aventi un valore della conducibilità termica λ pari a $0,035 \text{ W/mK}$) ancorato mediante incollaggio;
- *barriera al vapore con pannello di chiusura in cartongesso*;
- *intercapedine e finitura interna in lastra di cartongesso*.

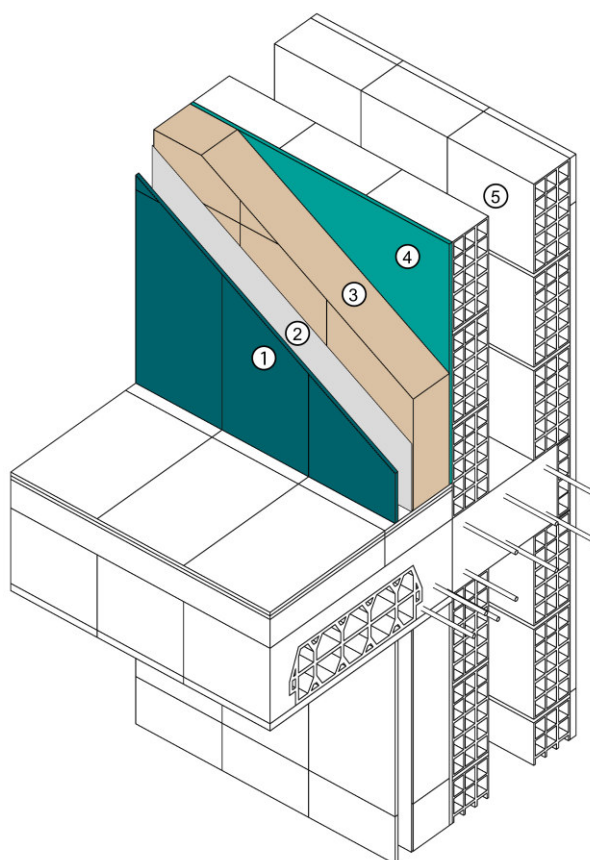


Figura 43 – Schema costruttivo dell'intervento proposto (isolamento dall'interno)

Al fine di rispettare il valore relativo alla trasmittanza termica media delle superfici oggetto di coibentazione (previsto dal D.M. 26 giugno 2015 già citato in precedenza) risulta necessario prestare particolare attenzione alla presenza dei **ponti termici** strutturali.

Per **ponte termico** si intende una porzione di componente d'involucro in cui sono localizzate delle dispersioni di calore più marcate rispetto ad il resto del componente stesso. Ciò può essere dovuto a variazioni di materiali (es. ponti strutturali localizzati in corrispondenza di elementi portanti in calcestruzzo armato) o legati a particolari geometrie, in cui ad esempio si assiste ad una riduzione dello spessore dell'elemento termoisolante (es. ponte termico geometrico localizzato in corrispondenza delle spallette dei serramenti, in cui lo spessore complessivo della muratura è inferiore a quello della parete).

Risulta particolarmente delicato il ponte termico che si verrebbe a formare nel punto di incontro tra **parete e serramento** (nello specifico in corrispondenza delle spallette e dei davanzali - Figura 44).



Figura 44 – Individuazione del ponte termico geometrico in corrispondenza dell'incontro tra parete perimetrale e serramento

I grafici a seguire rappresentano l'andamento delle isoterme in condizioni di progetto sia considerando la sola coibentazione delle pareti perimetrali (Figura 45) sia considerando la correzione del ponte termico mediante posa di pannelli di materiale coibente in corrispondenza delle spallette dei serramenti stessi (Figura 46).

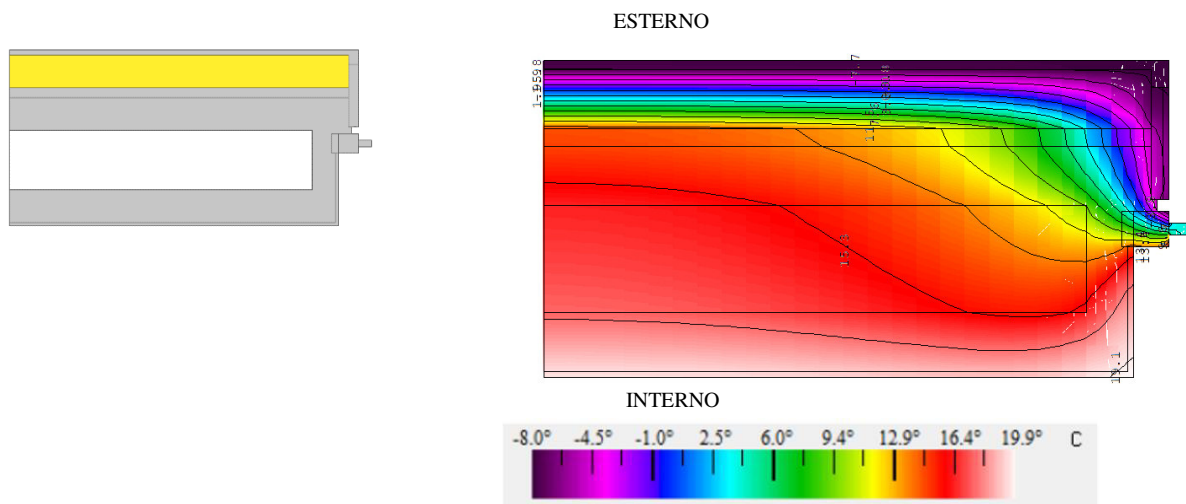


Figura 45 – Simulazioni delle dispersioni termiche in prossimità di un serramento esterno
correzione del ponte termico sulla spalletta)

(senza

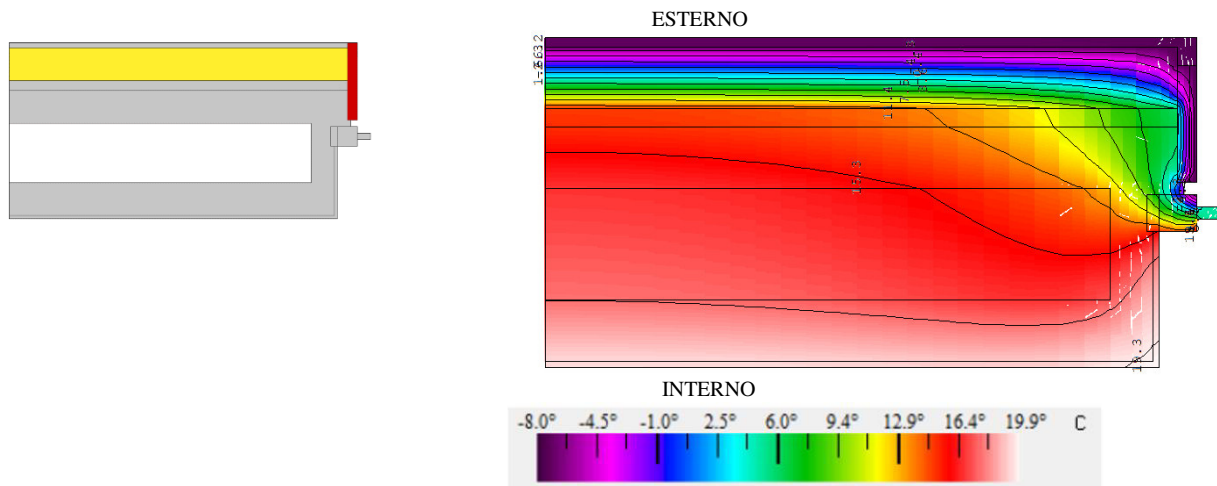


Figura 46 – Simulazioni delle dispersioni termiche in prossimità di un serramento esterno (con correzione del ponte termico sulla spalletta)

È possibile osservare come, in assenza di elementi atti al contenimento delle dispersioni termiche in corrispondenza della spalletta del serramento, si registra una penetrazione di porzioni di muratura a temperature contenute dall'esterno verso l'interno della parete (porzioni nei colori verde/giallo/arancione). Ciò, è causa di elevate dispersioni termiche e di possibili formazioni di condense superficiali e di muffe all'interno delle unità immobiliari. Tali criticità si riducono sensibilmente, inserendo in corrispondenza della spalletta pannelli di materiale coibente (spessore pari a 2-3 cm. in caso di utilizzo di pannelli in poliuretano, aventi un valore della conducibilità termica λ pari a 0,026 W/mK).

Per quanto riguarda le porzioni di parete perimetrale coibentate internamente sarà necessario studiare attentamente la tipologia di barriera al vapore da applicare e la sua messa in opera al fine di evitare la formazione di condensa interstiziale.

Per l'intervento in oggetto si stima un costo pari a circa 800.000,00 €.

9.1.2 Intervento 2 – Coibentazione del solaio contro-terra e del solaio confinante con il secondo piano interrato

L'intervento prevede la coibentazione dei solai di pavimento contro-terra e disperdenti verso locali non climatizzati.

Entrambi gli interventi sono stati progettati per permettere una riduzione della trasmittanza termica media fino al raggiungimento di un valore inferiore o uguale a $0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$ (valore di trasmittanza massimo consentito per gli interventi eseguiti su edifici esistenti soggetti a riqualificazione energetica con riferimento alla zona climatica E – Decreto interministeriale 26 giugno 2015 – Appendice B, Tabella 1).

Per quanto concerne il **solaio contro-terra**, a valle della realizzazione dell'intervento la stratigrafia della parete potrebbe risultare la seguente:

- strato di pavimentazione.
- massetto in calcestruzzo alleggerito;
- strato di coibentazione: pannello di materiale coibente tale da garantire una resistenza termica non inferiore a $3,6 \text{ m}^2\text{K/W}$ (spessore pari a 8 cm. in caso di utilizzo di pannelli in poliuretano, aventi un valore della conducibilità termica λ pari a $0,022 \text{ W/mK}$) dotato di barriera al vapore;
- Solaio esistente

Per quanto concerne invece il **solaio disperdente verso gli ambienti non climatizzati** localizzati principalmente nella porzione della torre scenica, a valle dell'intervento, il solaio in oggetto sarà costituito dai componenti descritti a seguire e rappresentati in Figura 47.

- *Strato 1*: solaio in laterocemento esistente con finitura all'intradosso in intonaco;
- *Strato 2*: pannello di materiale coibente tale da garantire una resistenza termica non inferiore a 4 ($\text{spessore pari a 14 cm. in caso di utilizzo di pannelli in lana minerale, aventi un valore della conducibilità termica } \lambda \text{ pari a } 0,035 \text{ W/mK}) \text{ m}^2\text{K/W}$ fissato mediante incollaggio e tassellatura meccanica;
- *Strato 3*: finitura in intonaco o pannelli in cartongesso.

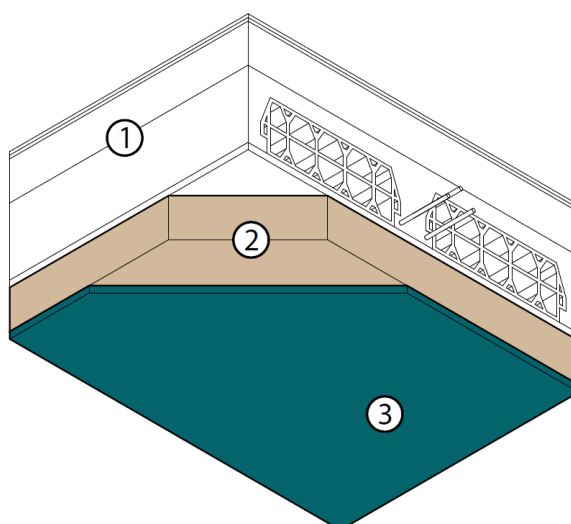


Figura 47 – Schema stratigrafico dell'intervento proposto

Per l'intervento in oggetto si stima un costo complessivo pari a circa 1.650.000,00 €.⁴

⁴ Per l'intervento in esame si sono considerati unicamente i costi connessi alla coibentazione e non sono compresi oneri relativi a scavi, demolizioni o rinforzi strutturali

9.1.3 Intervento 3 – Coibentazione dei solai di copertura

L'intervento prevede la coibentazione dei solai di copertura, posti ai vari livelli (Figura 48), tale da garantire una riduzione della trasmittanza termica media fino al raggiungimento di un valore inferiore o uguale a $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ (valore di trasmittanza massimo consentito per gli interventi eseguiti su edifici esistenti soggetti a riqualificazione energetica con riferimento alla zona climatica E – *Decreto interministeriale 26 giugno 2015 – Appendice B, Tabella 1*). Si ipotizza la posa di pannelli in materiale coibente ad alta densità (spessore approssimativo nell'ordine dei 10 cm in caso di utilizzo di pannelli in poliuretano aventi un valore della conducibilità termica λ pari a $0,025 \text{ W/mK}$) e la realizzazione di uno strato di ventilazione posto sotto dei pannelli di finitura in materiale metallico (detto strato di ventilazione viene realizzato mediante l'utilizzo di sostegni telescopici tassellati alla struttura esistente).

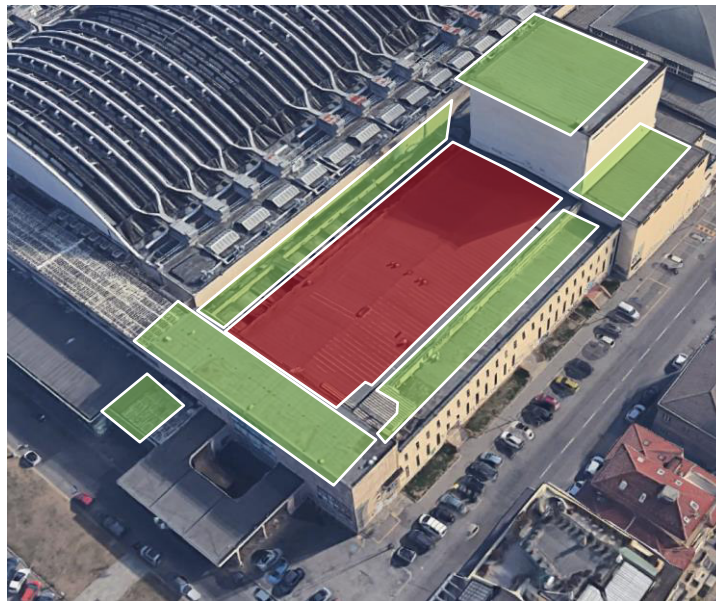


Figura 48 – Identificazione delle strutture oggetto di intervento

Con riferimento al solaio di copertura afferente alla zona platea, al foyer e alle due aule ad esso adiacenti (porzione evidenziata in rosso in Figura 48), la posa della coibentazione si è stata ipotizzata all'estradosso del solaio di separazione tra l'ambiente sottotetto dall'esterno. Tale struttura è costituita da vari elementi nel seguito riassunti (dall'interno verso l'esterno):

- un solaio interno costituito da tavelle in laterizio con finitura interna mediante “gusci” in gesso confinanti (zona platea) e costituito da soletta piana in laterocemento (la restante parte);
- un ambiente sottotetto non riscaldato;
- una soletta in laterocemento con finitura esterna realizzata mediante guaine bituminose.

Oltre alla coibentazione (operata ad estradosso delle guaine presenti), l'intervento prevede anche la chiusura delle attuali aperture localizzate sulle pareti confinanti il sottotetto, le quali sono attualmente causa di importanti tassi ventilazione che riducono fortemente la temperatura dell'ambiente durante il periodo invernale

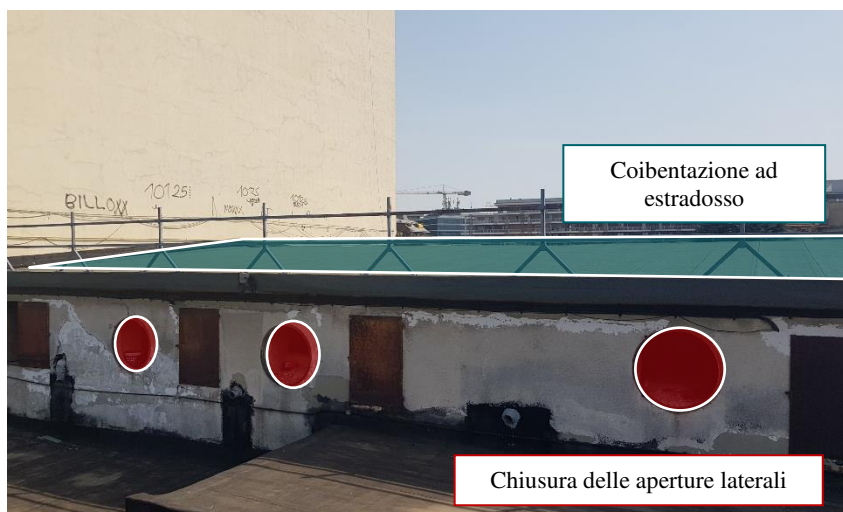


Figura 49 – Schema costruttivo dell'intervento proposto

A valle dell'intervento, il solaio in oggetto sarà costituito dai componenti descritti a seguire e rappresentati in Figura 50.

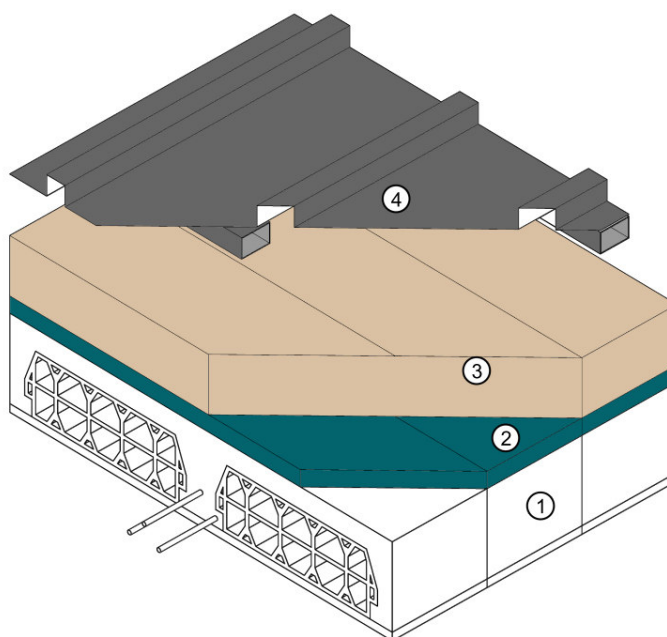


Figura 50 – Schema costruttivo dell'intervento proposto

La stratigrafia della parete potrebbe risultare la seguente:

- *solaio esistente* in laterocemento;
- *strato di coibentazione*: pannello di materiale coibente tale da garantire una resistenza termica non inferiore a $4,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ (spessore pari a 10 cm. in caso di utilizzo di pannelli in poliuretano, aventi un valore della conducibilità termica λ pari a $0,025 \text{ W/mK}$);
- *strato di ventilazione*;
- *finitura* realizzata mediante pannelli in materiale metallico sorretti da sostegni telescopici tassellati alla struttura esistente.

Per l'intervento in oggetto si stima un costo pari a circa 1.400.000,00 €.

9.1.4 Intervento 4 – Sostituzione dei serramenti

L'intervento prevede la sostituzione la totalità delle superfici finestrate con nuovi elementi caratterizzati da una trasmittanza del componente finestrato inferiore o uguale a $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ (si segnala che il valore di trasmittanza massimo consentito per gli interventi eseguiti su edifici esistenti soggetti a riqualificazione energetica con riferimento alla zona climatica E è pari a $1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ – *Decreto interministeriale 26 giugno 2015 – Appendice B, Tabella 1*).

Tale valore può essere ottenuto mediante l'impiego di elementi trasparenti del tipo vetrocamera basso emissivi con gas nobili in intercapedine e di telai in legno o in PVC o in alluminio a taglio termico o ottenuti da una combinazione di detti materiali. La scelta della tecnologia costruttiva da utilizzarsi sarà effettuata in fase di progettazione definitiva.

Per quanto concerne i serramenti con esposizione da est, sud e ovest (e orientamenti intermedi), i componenti vetrati dovranno garantire un fattore di trasmissione solare $g_{gl,sh}$ non superiore a 0,35. Tale valore è ottenibile sia considerando unicamente le caratteristiche del vetro, sia considerando anche l'apporto dato da schermature mobili (si segnala che attualmente non sono presenti elementi schermanti).

Tale intervento prevede il mantenimento delle dimensioni e delle caratteristiche estetiche/geometriche degli attuali serramenti (spessori dei telai, dimensione delle aperture e delle parti vetrare), il ripristino di eventuali elementi attualmente tamponati internamente (elementi presenti soprattutto nelle due sale Valentino 1 e 2) e la sostituzione del portone metallico di accesso alla zona palco da via Petrarca.



Figura 51 – Individuazione dei serramenti attualmente tamponati internamente (sala Valentino 1)

Per l'intervento in oggetto si stima un costo pari a circa 950.000,00 €.

1.1.1 Intervento 5 – Combinazione di interventi agenti sull’involucro edilizio

L’intervento consta nella realizzazione simultanea degli interventi 1, 2, 3 e 4.

1.1.2 Intervento 6 – Riqualificazione degli impianti tecnologici con allaccio alla rete di teleriscaldamento

L’intervento in esame prevede la realizzazione delle opere di seguito riportate:

- installazione di un sistema di ventilazione meccanica a servizio di tutti gli ambienti, dotato di recuperatore di calore ad alta efficienza (rendimento pari a 76%) e di by-pass per permettere le operazioni di free-cooling;
- installazione di un sistema di emissione del calore in parte in bassa temperatura (pannelli radianti localizzati prevalentemente negli ambienti distributivi) e in parte con bocchette ad aria canalizzate (localizzate queste all’interno delle sale spettacolo);
- installazione di sistemi di regolazione del funzionamento degli impianti tecnologici corrispondenti alla Classe B così come definita dalla norma UNI 15232;
- installazione in copertura di un parco fotovoltaico caratterizzato da una potenza di picco pari a 130 kW_P;
- rifacimento completo dei sottosistemi di distribuzione dei fluidi termovettori, di emissione del calore e dell’impianti di produzione acqua calda sanitaria (circuito primario, bollitori installati nei singoli servizi igienici, rete di collegamento punti di prelievo);
- realizzazione di un nuovo sistema di generazione centralizzato, collegato mediante scambiatori di calore a piastre ispezionabili alla rete di teleriscaldamento, per il riscaldamento invernale e la produzione di acqua calda sanitaria;
- installazione di un nuovo impianto di condizionamento, alimentato da pompe di calore del tipo aria-acqua per il raffrescamento dell’edificio.

Per l’intervento in oggetto si stima un costo pari a circa 7.680.000,00 € (valore comprensivo anche degli interventi di efficientamento dell’involucro edilizio 1, 2, 3 e 4).

1.1.3 Intervento 7 – Riqualificazione degli impianti tecnologici con installazione di pompe di calore aria-acqua

L’intervento in esame prevede la realizzazione delle opere di seguito riportate:

- installazione di un sistema di ventilazione meccanica a servizio di tutti gli ambienti, dotato di recuperatore di calore ad alta efficienza (rendimento pari a 76%) e di by-pass per permettere le operazioni di free-cooling;
- installazione di un sistema di emissione del calore in parte in bassa temperatura (pannelli radianti localizzati prevalentemente negli ambienti distributivi) e in parte con bocchette ad aria canalizzate (localizzate queste all’interno delle sale spettacolo);
- installazione di sistemi di regolazione del funzionamento degli impianti tecnologici corrispondenti alla Classe B così come definita dalla norma UNI 15232;
- installazione in copertura di un parco fotovoltaico caratterizzato da una potenza di picco pari a 130 kW_P;
- rifacimento completo dei sottosistemi di distribuzione dei fluidi termovettori, di emissione del calore e dell’impianti di produzione acqua calda sanitaria (circuito primario, bollitori installati nei singoli servizi igienici, rete di collegamento punti di prelievo);
- realizzazione di un nuovo sistema di generazione centralizzato, alimentato da pompe di calore polivalenti del tipo aria-acqua per il per il riscaldamento invernale, la produzione di acqua calda sanitaria e il raffrescamento dell’edificio.

Per l’intervento in oggetto si stima un costo pari a circa 7.780.000,00 € (valore comprensivo anche degli interventi di efficientamento dell’involucro edilizio 1, 2, 3 e 4).

1.1.4 Intervento 8 – Riqualificazione degli impianti tecnologici con installazione di pompe di calore aria-acqua

L'intervento in esame prevede la realizzazione delle opere di seguito riportate:

- installazione di un sistema di ventilazione meccanica a servizio di tutti gli ambienti, dotato di recuperatore di calore ad alta efficienza (rendimento pari a 76%) e di by-pass per permettere le operazioni di free-cooling;
- installazione di un sistema di emissione del calore in parte in bassa temperatura (pannelli radianti localizzati prevalentemente negli ambienti distributivi) e in parte con bocchette ad aria canalizzate (localizzate queste all'interno delle sale spettacolo);
- installazione di sistemi di regolazione del funzionamento degli impianti tecnologici corrispondenti alla *Classe B* così come definita dalla norma *UNI 15232*;
- installazione in copertura di un parco fotovoltaico caratterizzato da una potenza di picco pari a 130 kW_p;
- rifacimento completo dei sottosistemi di distribuzione dei fluidi termovettori, di emissione del calore e dell'impianti di produzione acqua calda sanitaria (circuito primario, bollitori installati nei singoli servizi igienici, rete di collegamento punti di prelievo);
- realizzazione di un nuovo sistema di generazione centralizzato, alimentato da pompe di calore polivalenti del tipo acqua-acqua dotate di pompe per il prelievo e la restituzione di acqua di falda, per il per il riscaldamento invernale, la produzione di acqua calda sanitaria e il raffrescamento dell'edificio.

Per l'intervento in oggetto si stima un costo pari a circa 9.480.000,00 € (valore comprensivo anche degli interventi di efficientamento dell'involucro edilizio 1, 2, 3 e 4).

10 ANALISI RIASSUNTIVA DEGLI INTERVENTI PROPOSTI

All'interno del presente capitolo sono riassunti i risultati energetici conseguibili dalla realizzazione degli interventi analizzati nel capitolo precedente e il relativo miglioramento di classe energetica.

Per ciascun intervento proposto sono inoltre stati valutati i costi evitati di combustibile ed energia elettrica⁵, ipotizzando un costo specifico dell'energia emunta dalla rete di teleriscaldamento pari a 0,1147 €/kWh_{TH} tasse incluse (fonte Comunicato IREN settembre 2023), un costo specifico dell'energia elettrica pari a 0,2829€/kWh_{EL} tasse incluse (fonte: ARERA Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente – comunicato del 28/09/2023) ed un costo del gas naturale pari a 0,9047 €/smc (fonte: ARERA Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente – comunicato del 04/09/2023).

Per l'identificazione di quali soluzioni progettuali permettono il raggiungimento della classe *nZEB*, si sono analizzati i diversi parametri richiesti dalla legislazione vigente in materia di contenimento dei consumi energetici in edilizia (si veda quanto riportato in premessa per maggior dettaglio) ed è emerso che:

- gli interventi da 1 a 4 non consentono di rispettare né i limiti previsti per l'involucro edilizio (parametro $A_{sol,est}/A_{sup}$ ed indici $EP_{H,nd}$, $EP_{C,nd}$ e $EP_{gl,tot}$) né quelli previsti per gli impianti (rendimenti e copertura da fonti rinnovabili);
- l'intervento 5 permette di rispettare i limiti previsti per l'involucro edilizio (parametro $A_{sol,est}/A_{sup}$ ed indici $EP_{H,nd}$, $EP_{C,nd}$ e $EP_{gl,tot}$), ma non quelli richiesti per impianti (rendimenti e copertura da fonti rinnovabili);
- gli interventi da 6 a 8 permettono di raggiungere il livello prestazionale *nZEB*.

Si segnala infine come i calcoli presentati tengono conto del fattore di conversione in energia primaria dei vettori energetici ($f_{P,ren}$, $f_{P,nren}$, $f_{P,TOT}$) come di seguito riassunti:

- gas naturale: $f_{P,ren} = 0,00$; $f_{P,nren} = 1,05$; $f_{P,tot} = 1,05$ (fonte: D.M. 26 giugno 2015 – *Requisiti Minimi*);
- energia elettrica: $f_{P,ren} = 0,47$; $f_{P,nren} = 1,95$; $f_{P,tot} = 2,42$ (fonte: D.M. 26 giugno 2015 – *Requisiti Minimi*);
- fotovoltaico: $f_{P,ren} = 1,00$; $f_{P,nren} = 0,00$; $f_{P,tot} = 1,00$ (fonte: D.M. 26 giugno 2015 – *Requisiti Minimi*);
- teleriscaldamento: $f_{P,ren} = 0,035$; $f_{P,nren} = 0,387$; $f_{P,tot} = 0,422$ (fonte: comunicazione dei valori effettuata da IREN – si veda Allegato 02).

⁵ Il conseguimento dei risparmi ipotizzati si intende subordinato alla stabilità del costo dell'energia ed al presentarsi di condizioni climatiche che rispecchino mediamente quelle relative alle condizioni climatiche standard definite dalla legislazione nazionale vigente in materia di contenimento dei consumi energetici in edilizia.

		U.M.	Stato attuale	post intervento 1 Coibentazioni pareti perimetrali	post intervento 2 Coibentazione primo solaio	post intervento 3 Coibentazione copertura	post intervento 4 Sostituzione serramenti	post intervento 5 Riqualificazione involucro	post intervento 6 Riqualificazione involucro + impianti (TLR)	post intervento 7 Riqualificazione involucro + impianti (PdC aria-acqua)	post intervento 8 Riqualificazione involucro + impianti (PdC acqua-acqua)
RISCALDAMENTO	Q _{h,nd} - Fabbisogno di en. termica utile	[MWh _{TH}]	1.804	1.484	1.728	1.539	1.722	1.085	1.085	1.085	1.085
	E _{pi} - Fabbisogno specifico en. primaria non rinnovabile	[kWh _{P,nren} /m²]	124	76	113	82	110	15	3	8	4
	Q _{P,H} - Fabbisogno di en. primaria non rinnovabile	[MWh _{P,tot}]	975	601	888	642	866	117	23	60	32
	Consumo gas naturale	[m³CH ₄]	92.822	57.269	84.530	61.135	82.457	11.124	0	0	0
	Fabbisogno di energia elettrica	[kWh _{EL}]	3.108	1.875	2.818	1.957	2.704	709	1.256	30.786	16.326
	Consumo di energia da TLR	[kWh _{TH}]	0	0	0	0	0	0	54.143	0	0
	Spesa per riscaldamento	[€]	84.855,32	52.341,70	77.271,50	55.862,47	75.363,81	10.264,46	6.567,21	8.709,36	4.618,63
RAFFRESCAMENTO	Q _{C,nd} - Fabbisogno di en. termica utile	[MWh _{TH}]	106	102	106	33	88	30	30	30	30
	E _{pi} - Fabbisogno specifico en. primaria non rinnovabile	[kWh _{P,nren} /m²]	13	14	13	13	13	15	85	85	37
	Q _{P,C} - Fabbisogno di en. primaria non rinnovabile	[MWh _{P,nren}]	102	106	103	104	102	117	667	670	291
	Fabbisogno di energia elettrica	[kWh _{EL}]	52.457	54.558	53.010	53.168	52.525	59.850	341.952	343.650	149.115
	Spesa per raffrescamento	[€]	14.840,09	15.434,46	14.996,53	15.041,23	14.859,32	16.931,57	96.738,22	97.218,59	42.184,63
ACQUA CALDA SANITARIA	E _{pi,W} - Fabbisogno specifico en. primaria non rinnovabile	[kWh _{P,nren} /m²]	11	11	11	11	11	11	1	1	1
	Q _{P,W} - Fabbisogno di en. primaria non rinnovabile	[MWh _{P,nren}]	89	89	89	89	89	89	7	11	9
	Consumo gas naturale	[m³CH ₄]	8.428	8.428	8.428	8.428	8.428	8.428	0	0	0
	Fabbisogno di energia elettrica	[kWh _{EL}]	456	456	456	456	456	456	333	5.642	4.671
	Consumo di energia da TLR	[kWh _{TH}]	0	0	0	0	0	0	17.613	0	0
	Spesa per acqua calda sanitaria	[€]	7.753,81	7.753,81	7.753,81	7.753,81	7.753,81	7.753,81	2.114,96	1.596,12	1.321,43
ILLUMINAZIONE	E _{pi,L} - Fabbisogno specifico en. primaria non rinnovabile	[kWh _{P,nren} /m²]	43	43	43	43	43	43	35	35	32
	Q _{P,L} - Fabbisogno di en. primaria non rinnovabile	[MWh _{P,nren}]	335	336	336	336	335	335	275	279	254
	Fabbisogno di energia elettrica	[kWh _{EL}]	171.742	172.312	172.312	172.312	171.742	171.742	141.176	143.078	130.510
	Spesa per illuminazione	[€]	48.585,81	48.747,06	48.747,06	48.747,06	48.585,81	48.585,81	39.938,69	40.476,77	36.921,28
VENTILAZIONE	E _{pi,N} - Fabbisogno specifico en. primaria non rinnovabile	[kWh _{P,nren} /m²]	16	16	16	16	16	16	26	27	24
	Q _{P,N} - Fabbisogno di en. primaria non rinnovabile	[MWh _{P,nren}]	130	130	130	130	130	130	206	216	190
	Fabbisogno di energia elettrica	[kWh _{EL}]	66.440	66.440	66.440	66.440	66.440	66.440	105.528	110.783	97.447
	Spesa per ventilazione	[€]	18.795,88	18.795,88	18.795,88	18.795,88	18.795,88	18.795,88	29.853,87	31.340,51	27.567,76 €
RISPETTO DEI REQUISITI nZEB		-	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Spesa complessiva dell'edificio per i diversi servizi		[€]	174.830,90	143.072,91	167.564,79	146.200,45	165.358,63	102.331,53	175.212,96	179.341,34	112.613,72
Costo stimato dell'intervento		[€]	-	800.000,00	1.650.000,00	1.400.000,00	950.000,00	4.800.000,00	7.680.000,00	7.780.000,00	9.480.000,00

Per permettere una maggior comprensione, a seguire un grafico ove sono rappresentate le voci di spesa annuali per i vari servizi, conseguenti alla realizzazione degli interventi sopra descritti.

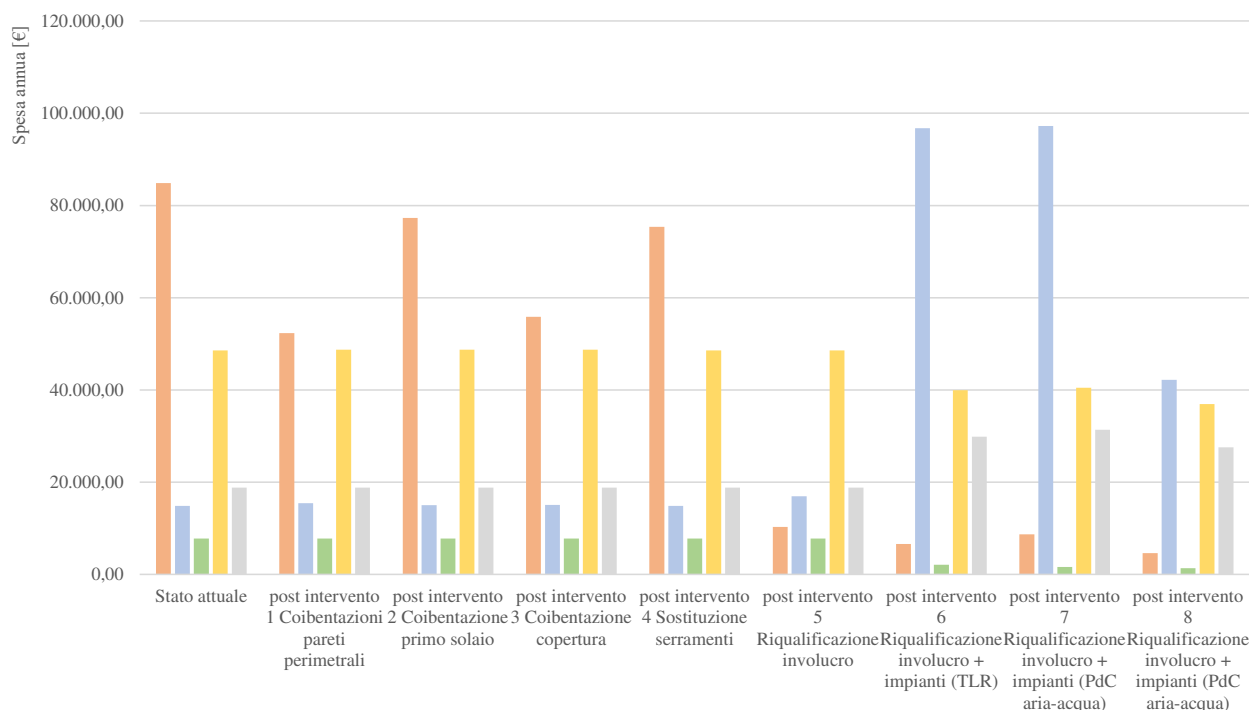


Figura 52 – Spesa per i servizi energetici delle diverse configurazioni

Dagli andamenti sopra rappresentati è possibile osservare come:

- il consumo per il riscaldamento è preponderante nel bilancio economico della configurazione attuale dello stabile; la realizzazione degli interventi permette di contrarre fortemente tale voce di spesa, fino ad oltre il 90%, corrispondente a risparmio annuo pari a circa 80.000,00 € (*Intervento 8*);
- anche per quanto concerne la produzione di acqua calda sanitaria, la riduzione potenziale dei consumi è elevata: con gli interventi di riqualificazione impiantistica presentati, tale spesa si riduce per una quota compresa tra il 73% (*intervento 6*) e l'83% (*intervento 8*);
- per quanto riguarda il raffrescamento estivo, si segnala che:
 - o attualmente l'edificio presenta pochi ambienti dotati di tale servizio e questo è effettuato mediante l'utilizzo di sistemi caratterizzati da un livello prestazionale contenuto. L'assenza di un vero e proprio servizio di raffrescamento, si riflette nella relativa spesa, la quale risulta contenuta;
 - o con l'inserimento di un sistema di raffrescamento centralizzato, si inserisce nel bilancio energetico dell'edificio un nuovo consumo, correlato al mantenimento di condizioni di comfort nell'edificio che prima non erano garantite (si rimanda a quanto sotto riportato per maggior dettaglio). Il consumo connesso a tale servizio è la causa principale dell'aumento dell'incidenza della relativa spesa nel bilancio economico generale;
- Se si escludesse il servizio della climatizzazione estiva dal bilancio economico complessivo dell'edificio e si confrontassero i restanti servizi, il risparmio complessivo ottenibile mediante la realizzazione dell'*intervento 8* si attesterebbe a oltre 83.000,00 €/anno.

Oltre agli aspetti energetici ed economici sopra trattati, è fondamentale tenere conto della variazione delle condizioni interne che avverrebbe in seguito alla realizzazione degli interventi di riqualificazione impiantistica (*Intervento 6, 7 e 8*). In particolare, si sottolinea che:

- l'edificio attualmente non dispone di impianti di raffrescamento adeguati ai propri fabbisogni e ciò si traduce in temperature interne particolarmente elevate durante il periodo estivo (in Figura 53 è rappresentata la distribuzione statistica delle temperature durante l'occupazione dell'edificio nel corso dell'anno, ottenuta a partire dai risultati della simulazione energetica dinamica effettuata). Come osservabile sono presenti temperature anche molto elevate (colore giallo, arancione e rosso), con punte superiori ai 35° nelle zone 3, 4 e 5;

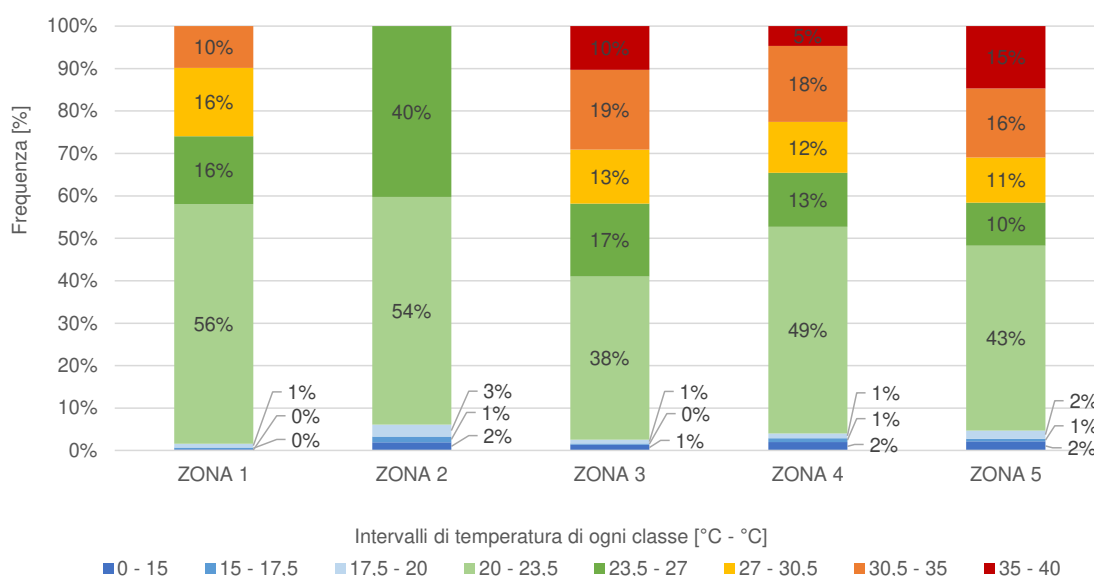


Figura 53 – Distribuzione statistica delle temperature interne pre riqualificazione nelle diverse zone termiche

- con la realizzazione degli interventi impiantistici, si andrebbe ad installare in tutto l'edificio un impianto di raffrescamento adeguato, il quale migliorerebbe sensibilmente il livello termico interno all'interno degli ambienti (in Figura 54 si riporta il medesimo grafico già riportato per lo stato di fatto, ma con i dati di temperatura interna che si avrebbero una volta installati i nuovi impianti). Per tutte le zone termiche è possibile osservare come le temperature siano prevalentemente contenute all'interno dell'intervallo 20-27°C, con solo sporadici casi in cui queste sono inferiori⁶.

⁶ Si segnala come i casi di sotto-temperatura dipendano probabilmente da uno scarto temporale tra l'accensione degli impianti e il raggiungimento delle temperature di set-point negli ambienti che si verifica durante il periodo invernale. Si può affermare come tale elemento non rappresenti una criticità, in quanto in fase di effettivo utilizzo della struttura, il sistema di termoregolazione installato – classe B secondo la norma UNI 15232 – potrà autoregolarsi, anticipando l'accensione e arrivando a temperatura in concomitanza con l'ingresso degli occupanti nella struttura.

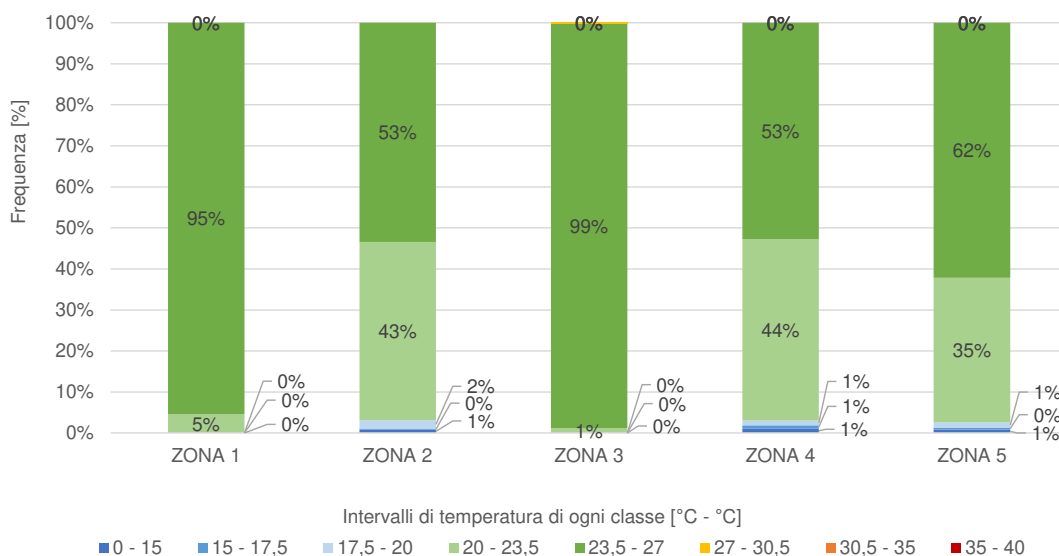


Figura 54 – Distribuzione statistica delle temperature interne post riqualificazione nelle diverse zone termiche

Dall'analisi dei dati sopra riassunti, si può affermare che, sebbene l'installazione di un impianto di climatizzazione estiva comporti ovviamente un consumo energetico maggiore rispetto allo stato attuale (in cui sostanzialmente la struttura non dispone di tale tipologia di impianto, se non per pochissimi ambienti), ciò permetterebbe di migliorare sensibilmente le condizioni termiche interne, migliorando le condizioni di comfort degli occupanti.

Da un punto di vista economico, è stata svolta una comparazione tra i diversi interventi di efficientamento e lo stato di fatto, mediante una valutazione costi-benefici, compiuta sulla base dei costi del ciclo di vita secondo la UNI EN 15459.

Detta norma tecnica infatti, permette di riportare all'istante attuale tutti i costi da sostenere nell'arco temporale specificato per le diverse soluzioni (analisi del VAN, valore attuale netto), consentendo così di confrontare scenari con spese distribuiti eterogeneamente nel tempo.

Tale analisi tiene conto: della spesa connessa all'acquisto del combustibile (en. elettrica, gas naturale, energia da TLR); dei costi di intervento e di manutenzione delle diverse soluzioni proposte; dei parametri finanziari riassunti in Tabella 13.

Tabella 13 – Parametri finanziari per valutazione ritorno economico dell'intervento

Definizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Duration of calculation	τ	30	[years]
Inflation rate ⁷	R_i	1,80%	[%]
Market interest rate ⁸	R	4,67%	[%]
Real interest rate	R_R	2,82%	[%]
Rate of development of cost for thermal energy	$R_{e,th}$	1,80%	[%]
Rate of development of cost for electric energy	$R_{e,el}$	1,80%	[%]

Dall'indagine economica svolta, emerge come i vari interventi siano caratterizzati dai VAN di seguito riportati:

- post intervento 6 Riqualificazione involucro + impianti (TLR): VAN = 12.376.244,48 €;
- post intervento 7 Riqualificazione involucro + impianti (PdC aria-acqua): VAN = 12.586.897,93 €;
- post intervento 8 Riqualificazione involucro + impianti (PdC acqua-acqua): VAN = 12.498.393,02 €.

In merito si specifica che non sono stati valutati i VAN per le configurazioni attuale e descrittiva dei soli interventi sull'involucro edilizio in quanto:

- l'edificio allo stato attuale è servito da impianti in avaria, non ricondizionabili con interventi di manutenzione ordinaria o che non ne modifichino sostanzialmente le prestazioni energetiche ed ambientali (il generatore di calore attuale non rispetti i limiti emissivi previsti dal Piano Regionale sulla qualità dell'aria e i requisiti minimi di rendimento energetico in vigore sia a livello regionale che nazionale);
- l'edificio necessita di interventi manutentivi sull'involucro edilizio che implicherebbero, per vincolo legislativo, opere finalizzate all'abbattimento della domanda di energia, configurando nel caso in oggetto la necessità di raggiungimento della caratteristica di NZEB (gli interventi sull'involucro si classificherebbero, ai sensi del D.M. 26 giugno 2015 – Requisiti minimi come una ristrutturazione importante di primo livello e pertanto implicherebbero il rispetto di tutti i requisiti prestazionali di un Nearly Zero Energy Building ai sensi del Decreto medesimo).

Allo stesso modo non è stato valutato il VAN per la condizione attuale dell'edificio in quanto risulta inagibile e inutilizzabile, pertanto la sua valutazione in esercizio non avrebbe senso.

Si specifica inoltre che non è stata effettuata una valutazione di VAN per un ipotetico intervento di demolizione e ricostruzione. Ciò in quanto l'edificio in oggetto è vincolato e uno degli obiettivi primari del concept progettuale, che fa capo ad un piano di rigenerazione di comprensorio dell'intera area di Torino Esposizioni, è quello della valorizzazione storica del patrimonio, senza dimenticare che l'edificio stesso fu concepito come ospitante attività teatrali e manterrà, per le medesime motivazioni concettuali di cui sopra, la stessa destinazione d'uso attuale.

⁷ Dati ISTAT riferiti al mese di ottobre 2023

⁸ Valore in corso dal 1° giugno 2023, dedotto da Decreto ministeriale 25 maggio 2023 del Il Ministro delle Imprese e del Made in Italy

11 CONCLUSIONI

L'edificio oggetto di analisi è un edificio storico e tutelato, destinato fin dalla sua edificazione ad attività teatrali. Esso è inserito all'interno del complesso di Torino Esposizioni, oggetto di un progetto globale di recupero. Nell'ambito delle attività di rifunzionalizzazione sono necessarie una serie di opere sia di tipo edilizio, anche di natura strutturale, sia di natura impiantistica, in quanto gli impianti al suo servizio:

- a). sono dismessi e non recuperabili;
- b). sono serviti da generatori non rispondenti ai requisiti ambientali ed energetici previsti dalla legislazione vigente.

Considerando quanto sopra infatti è fondamentale sottolineare che gli interventi di natura edilizia ed impiantistica, per ragioni di vincolo legislativo (ex *D.Lgs 192/2005* e s.m.i. e *D.M. 26 giugno 2015 – Requisiti Minimi* e dispositivi correlati), sono tali da necessitare:

- I. interventi rilevanti volti alla contrazione della domanda di energia termica e frigorifera per la climatizzazione invernale ed estiva,
- II. un intervento di rifacimento integrale degli impianti di climatizzazione.

Tale condizione si configurerebbe come un intervento di *ristrutturazione importante di primo livello*, ex *D.M. 26 giugno 2015 – Requisiti Minimi*, e ciò comporterebbe l'obbligo del raggiungimento di un livello prestazionale di un edificio NZEB (*Nearly Zero Energy Building*).

In virtù di quanto sopra, le valutazioni di convenienza economica ed energetica delle varie configurazioni di intervento, sono state circoscritte alla comparazione di tre possibili soluzioni di conversione energetica per la produzione termica e frigorifera per la climatizzazione invernale ed estiva e per la preparazione di acqua calda per usi igienico sanitari, mantenendo, per tutti e tre i casi, gli interventi di riqualificazione energetica dell'involucro.

A tale scopo e considerando i requisiti in termini di servizi previsti (climatizzazione invernale ed estiva e produzione di acqua calda sanitaria), sono state poste a confronto le tre seguenti configurazioni del sistema di produzione termo-frigorifera:

- A. allacciamento alla rete cittadina di teleriscaldamento per la produzione termica e dotazione di pompa di calore aria-acqua per la produzione frigorifera;
- B. impiego di pompa di calore aria-acqua per la produzione termica e frigorifera
- C. impiego di pompa di calore acqua-acqua, alimentata ad acqua di falda, per la produzione termica e frigorifera

La valutazione comparativa delle tre suddette soluzioni possibili è stata effettuata mediante la valorizzazione del VAN (valore attuale netto). Da tale analisi risulterebbe apparentemente più vantaggiosa la soluzione che prevede l'allacciamento alla rete cittadina di teleriscaldamento per la produzione termica e dotazione di pompa di calore aria-acqua per la produzione frigorifera, seguita dalla soluzione che prevede l'impiego di pompa di calore acqua-acqua, alimentata ad acqua di falda, per la produzione termo-frigorifera. Tale valutazione però viene confutata se si considera che l'edificio in oggetto potrebbe essere alimentato dal medesimo sistema di produzione previsto per il resto del complesso di Torino Esposizioni, ovvero una centrale termo-frigorifera di comprensorio alimentata ad acqua di falda (di cui si prevede la realizzazione nell'ambito del progetto di riqualificazione dell'intero complesso). Così facendo infatti i costi di realizzazione della soluzione corrispondente alla configurazione 8 (interventi sull'involucro edilizio e impianto ad acqua di falda)

andrebbero a contrarsi, in quanto per le opere impiantistiche non dovrebbe essere considerata la realizzazione ex-novo della centrale termo-frigorifera, ma solo il suo potenziamento per garantire il servizio anche all'edificio in oggetto. Ciò porterebbe ad una contrazione del VAN di tale configurazione ad un livello tale da renderla più conveniente rispetto alla soluzione che prevede l'allacciamento alla rete di teleriscaldamento e l'impiego di pompa di calore ad aria.

Inoltre vi sono anche altri elementi, al di là di quelli connessi ad aspetti strettamente economici, che portano a considerare l'impiego di una pompa di calore ad acqua di falda come più vantaggiosa, che possono essere così sintetizzati:

- le pompe geotermiche sono in grado di adattarsi meglio ad un eventuale aumento delle temperature esterne (hanno fluttuazioni di resa energetica molto più contenute), in quanto la temperatura delle acque sotterranee è infinitamente più stabile rispetto alla temperatura dell'aria, che tra l'altro, con i cambiamenti climatici oggi chiaramente percepibili, subisce variazioni sempre più marcate e con picchi sempre più esasperati, in particolare durante la stagione estiva;
- le pompe di calore ad aria hanno un impatto acustico decisamente più rilevante (dovendo essere collocate all'esterno) e contenibile solo con opere di rilievo economico e che comunque portano ad una contrazione della resa energetica. Inoltre la necessità di collocazione all'esterno porterebbe a difficoltà di mitigazione dell'impatto estetico in un contesto storico come quello in cui è collocato l'edificio in oggetto. Tali inconvenienti non si presentano invece per le pompe di calore alimentate ad acqua di falda per la possibilità di collocare i relativi compressori in locali chiusi e per l'assenza di scambiatori con l'aria esterna dotati di ventilatori.
- l'impiego di vettori energetici puramente elettrici (condizione non garantibile con l'allacciamento alla rete di teleriscaldamento in quanto essa è alimentata in parte da cascate termico cogenerativo e in parte da sistemi di generazione termica a combustione pura) incrementa la potenzialità di approvvigionamento da fonte rinnovabile. Ciò in quanto il vettore elettrico può essere alimentato da energia rinnovabile (fotovoltaica, eolica, idroelettrica) e può favorire la proliferazione delle comunità energetiche, strumento di supporto alla decarbonizzazione e, più in generale, alla contrazione dei consumi di energia non rinnovabile.

Considerando le valutazioni non solo economiche ma anche ambientali sopra esposte, la soluzione più conveniente risulta essere quella che prevede:

- la riqualificazione dell'involucro edilizio per la contrazione della domanda di energia termica e frigorifera per la climatizzazione invernale ed estiva (opere considerate per garantire il rispetto dei vincoli legislativi dovuti alla necessità di intervento di recupero edilizio sugli elementi di involucro);
- l'alimentazione termica e frigorifera mediante sistema a pompa di calore ad acqua di falda con lo sfruttamento (potenziamento) della centrale geotermica di comprensorio che si prevede venga realizzata a servizio dell'intero complesso di Torino Esposizioni.

12 ALLEGATI

12.1 Allegato 1 - Profili di utilizzo dei singoli locali (ISO 18523-1:2016)

Th-1 Platea (teatro)

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	145 W/m ²
Apparecchiature	0 W/m ²
Illuminazione	50 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
12	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
13	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
14	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
15	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
16	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
17	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
18	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
19	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Th-2 Palco (teatro)

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	145 W/m ²
Apparecchiature	0 W/m ²
Illuminazione	50 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
12	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
13	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
14	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
15	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
16	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
17	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
18	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
19	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Th-4 Atrio (teatro)

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	23,8 W/m ²
Apparecchiature	0 W/m ²
Illuminazione	15 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
12	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
13	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
14	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
15	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
16	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
17	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
18	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
19	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Th-5 Servizi igienici (teatro)

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	23,8 W/m ²
Apparecchiature	0 W/m ²
Illuminazione	15 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
12	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
13	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
14	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
15	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
16	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	40%	50%	-	-	-	-	100%	100%	-
17	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
18	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
19	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	80%	100%	-	-	-	-	100%	100%	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

DIAGNOSI ENERGETICA

Rs-3 Sala caffetteria

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	47,6 W/m ²
Apparecchiature	10 W/m ²
Illuminazione	25 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%
8	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	80%	50%	50%	80%	50%	50%	100%	100%	100%
9	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	80%	50%	50%	80%	50%	50%	100%	100%	100%
10	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	50%	50%	50%	50%	50%	50%	100%	100%	100%
11	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	50%	50%	50%	50%	50%	50%	100%	100%	100%
12	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
13	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	50%	80%	80%	50%	80%	80%	100%	100%	100%
14	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	50%	80%	80%	50%	80%	80%	100%	100%	100%
15	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	50%	80%	80%	50%	80%	80%	100%	100%	100%
16	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	50%	80%	80%	50%	80%	80%	100%	100%	100%
17	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	80%	80%	80%	80%	80%	80%	100%	100%	100%
18	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	80%	80%	80%	80%	80%	80%	100%	100%	100%
19	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	50%	50%	50%	50%	50%	50%	100%	100%	100%
20	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	50%	50%	50%	50%	50%	50%	100%	100%	100%
21	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	50%	50%	50%	50%	50%	50%	100%	100%	100%
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

DIAGNOSI ENERGETICA

Rs-8 Corridoio

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	11,9 W/m ²
Apparecchiature	0 W/m ²
Illuminazione	20 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%
11	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	80%	80%	80%	-	-	-	100%	100%	100%
12	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	80%	80%	80%	-	-	-	100%	100%	100%
13	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	40%	40%	40%	-	-	-	100%	100%	100%
14	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	40%	40%	40%	-	-	-	100%	100%	100%
15	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	40%	40%	40%	-	-	-	100%	100%	100%
16	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	40%	40%	40%	-	-	-	100%	100%	100%
17	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	40%	40%	40%	-	-	-	100%	100%	100%
18	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	80%	100%	100%	-	-	-	100%	100%	100%
19	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	80%	100%	100%	-	-	-	100%	100%	100%
20	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	80%	100%	100%	-	-	-	100%	100%	100%
21	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	80%	100%	100%	-	-	-	100%	100%	100%
22	22,0	22,0	22,0	26,0	26,0	26,0	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ed-3 Sala insegnanti

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	23,8 W/m ²
Apparecchiature	10 W/m ²
Illuminazione	20 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	30%	20%	-	100%	20%	-	100%	100%	-
9	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	30%	20%	-	100%	20%	-	100%	100%	-
10	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	30%	20%	-	100%	20%	-	100%	100%	-
11	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	30%	20%	-	100%	20%	-	100%	100%	-
12	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	50%	20%	-	100%	20%	-	50%	50%	-
13	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	30%	20%	-	100%	20%	-	100%	100%	-
14	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	30%	20%	-	100%	20%	-	100%	100%	-
15	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	30%	20%	-	100%	20%	-	100%	100%	-
16	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	100%	20%	-	100%	20%	-	100%	100%	-
17	22,0	22,0	-	26,0	26,0	-	100%	20%	-	100%	20%	-	100%	100%	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ed-5 Aula (lezioni)

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	59,5 W/m ²
Apparecchiature	2 W/m ²
Illuminazione	20 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
9	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
10	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
11	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
12	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
13	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
14	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
15	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
16	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
17	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ed-7 Ufficio

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	23,8 W/m ²
Apparecchiature	10 W/m ²
Illuminazione	20 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
9	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
10	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
11	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
12	22,0	-	-	26,0	-	-	50%	-	-	70%	-	-	70%	-	-
13	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
14	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
15	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
16	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
17	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ed-10 Laboratori

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	59,5 W/m ²
Apparecchiature	60 W/m ²
Illuminazione	20 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
9	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
10	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
11	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
12	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
13	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
14	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
15	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ed-11 Sala prove

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	59,5 W/m ²
Apparecchiature	60 W/m ²
Illuminazione	20 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
9	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
10	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
11	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
12	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
13	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
14	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
15	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	-	-	100%	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ed-14 Spogliatoio

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	11,9 W/m ²
Apparecchiature	0 W/m ²
Illuminazione	15 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
9	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
10	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
11	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
12	22,0	-	-	26,0	-	-	50%	-	-	-	-	-	70%	-	-
13	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
14	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
15	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
16	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
17	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ed-15 Corridoio

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	3,6 W/m ²
Apparecchiature	0 W/m ²
Illuminazione	15 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
9	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
10	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
11	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
12	22,0	-	-	26,0	-	-	50%	-	-	-	-	-	70%	-	-
13	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
14	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
15	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
16	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
17	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ed-17 Servizi igienici

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	3,6 W/m ²
Apparecchiature	0 W/m ²
Illuminazione	15 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
9	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
10	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
11	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
12	22,0	-	-	26,0	-	-	50%	-	-	-	-	-	70%	-	-
13	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
14	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
15	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
16	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
17	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

DIAGNOSI ENERGETICA

Of-1 Ufficio singolo

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	11,9 W/m ²
Apparecchiature	12 W/m ²
Illuminazione	12 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25%	25%	25%	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25%	25%	25%	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25%	25%	25%	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25%	25%	25%	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25%	25%	25%	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25%	25%	25%	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25%	25%	25%	-	-	-
7	22,0	-	-	26,0	-	-	-	-	-	25%	25%	25%	-	-	-
8	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	25%	25%	100%	-	-
9	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	25%	25%	100%	-	-
10	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	25%	25%	100%	-	-
11	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	25%	25%	100%	-	-
12	22,0	-	-	26,0	-	-	60%	-	-	80%	25%	25%	50%	-	-
13	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	25%	25%	100%	-	-
14	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	25%	25%	100%	-	-
15	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	25%	25%	100%	-	-
16	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	25%	25%	100%	-	-
17	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	100%	25%	25%	100%	-	-
18	22,0	-	-	26,0	-	-	50%	-	-	100%	25%	25%	100%	-	-
19	22,0	-	-	26,0	-	-	30%	-	-	50%	25%	25%	100%	-	-
20	22,0	-	-	26,0	-	-	20%	-	-	50%	25%	25%	80%	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25%	25%	25%	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25%	25%	25%	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25%	25%	25%	-	-	-

Of-8 Locali comuni

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	3,6 W/m ²
Apparecchiature	0 W/m ²
Illuminazione	15 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
9	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
10	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
11	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
12	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
13	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
14	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
15	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
16	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
17	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
18	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
19	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
20	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Of-10 Servizi igienici

Temperatura di set-point

Set point risc.	22 [°C]
Set point raffr.	26 [°C]

Apporti interni

Persone	3,6 W/m ²
Apparecchiature	0 W/m ²
Illuminazione	15 W/m ²

Ora	Set point risc. [°C]			Set point raffr. [°C]			focc [-]			fint,A [-]			fint,L [-]		
	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi	lun-ven	sab	festivi
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
9	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
10	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
11	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
12	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
13	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
14	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
15	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
16	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
17	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
18	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
19	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
20	22,0	-	-	26,0	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

12.2 Allegato 2 – Comunicazione fattori di conversione rete teleriscaldamento



VALIDAZIONE DEI FATTORI DI CONVERSIONE IN ENERGIA PRIMARIA DEL Teleriscaldamento PRIMARY ENERGY DISTRICT HEATING CONVERSION FACTORS VALIDATION

NO. PECF-015

RINA SERVICES S.p.A., sulla base delle valutazioni condotte, in accordo al Decreto Interministeriale del 26. Giugno 2015 ed alla UNI EN 15316-4-5:2008 (in attesa che vengano completati tutti gli allegati nazionali per rendere applicabile la norma UNI EN 15316-4-5:2018 ai fini delle prescrizioni del D.Lgs. 192/05 e s.m.i.)

DICHIARA CHE

RINA SERVICES S.p.A., on the basis of the assessments carried out, according to Ministerial Decree of June, 26, 2015 and UNI EN 15316-4-5:2008 (waiting that are completed all the national annexes to make the UNI EN 15316-4-5:2018 standard applicable for the purposes of the provisions of D.Lgs. 192/05 and s.a)

DECLARES THAT

I fattori di conversione in energia primaria
The primary energy conversion factors

Anni di Riferimento: 2022
01/01/2022 – 31/12/2022

Reference Years: 2022
01/01/2022 – 31/12/2022

dell'organizzazione
of the organization

IREN ENERGIA S.p.A.
Corso Svizzera, 95 – 10143 TORINO (TO)

per le Unità Operative
for the Operatives Units

Rete di Teleriscaldamento metropolitana di Torino

sono pari a/amounting to

$$f_{P,nren} = 0,387$$

$$f_{P,ren} = 0,035$$

$$f_{P,tot} = 0,422$$

Data di rilascio: Date of issue: 17.07.2023

Paolo Teramo
Certification Italy Region
Senior Director