

Museo del Carbone



Descrizione storica e dell'edificio

L'edificio in cui ha sede il Museo del Carbone appartiene al complesso della Grande Miniera di Serbariu, situata nella periferia sud occidentale dell'abitato di Carbonia. Le sale espositive sono state inaugurate nel 2006, in seguito al recupero e alla valorizzazione del sito minerario che ne ha risanato e rinnovato l'involucro edilizio, adeguando la dotazione tecnologico impiantistica alle esigenze di un'area museale. Il progetto di riconversione ha permesso la fruibilità degli edifici e delle strutture minerarie più significative del sito: la lampisteria, locale in cui i minatori ritiravano le lampade prima di scendere in sottosuolo e che attualmente ospita l'esposizione permanente sulla storia del carbone, della miniera e della città di Carbonia; i castelli di accesso ai pozzi; le due sale argani e la galleria sotterranea. Gran parte dell'edificio è adibito a spazio espositivo articolato in diversi ambienti. Vi sono poi due ampi locali destinati ad attività commerciale (libreria e bar) e alcuni ambienti a supporto alle attività museali (ufficio e deposito). Inoltre ha sede la sala conferenze aperta al pubblico in occasioni specifiche.

Descrizione struttura e impianti

La struttura, esposta su quattro lati, è caratterizzata da tre corpi di fabbrica adiacenti a pianta rettangolare con asse maggiore orientato a NE-SO e complementata da un elemento a pianta circolare posto a SE. Il corpo principale, situato al centro dell'edificio e utilizzato come sala espositiva, confina a NE con la sala conferenze e a SO con la zona adibita a libreria e a uffici ed è caratterizzato da una volta ad arco acuto realizzata con una imponente struttura latero cementizia. I locali ospitanti il bar e gli uffici hanno superfici finestate prevalentemente esposte a SO, la sala conferenze si affaccia verso NE, mentre l'area museale presenta superfici finestate su tutti i lati.

L'edificio è realizzato in muratura portante lapidea storica tipica della zona di Carbonia, una roccia effusiva altamente porosa di colore rossastro localmente denominata trachite rossa. Le coperture sono costituite da strutture intelaiate in cemento armato e mantengono gli originali solai latero cementizi.

L'ambiente adibito a biglietteria (ex sala caldaie) è caratterizzato da un corpo di fabbrica separato, collegato all'area espositiva principale da un corridoio in corten di nuova realizzazione, completamente sprovvisto di impianti per la climatizzazione e la ventilazione.

L'impianto di climatizzazione per il riscaldamento e il raffrescamento, al servizio dell'intero complesso, è di tipo misto (aria acqua) ed è caratterizzato da due sistemi indipendenti:

- Il primo generatore è costituito da una pompa di calore aria-acqua accoppiato ad un'unità di trattamento d'aria (UTA), per servire la zona commerciale, e a terminali idronici (fancoil) per l'ufficio e il deposito.
- Il secondo generatore è costituito da una pompa di calore aria-acqua, accoppiata a una UTA per la zona conferenza, posizionato in un locale tecnico non visibile dall'esterno.

Il servizio di Acqua Calda Sanitaria (ACS) è attualmente non operativo: sono presenti alcuni scaldacqua elettrici di diverso tipo installati nei locali dei servizi igienici ma sono tutti attualmente non connessi alla rete elettrica.

In generale i sistemi di illuminazione presenti rispondono bene alle esigenze specifiche degli ambienti in base alle loro destinazioni d'uso. Nell'area espositiva la grande presenza di superfici finestate poste in copertura rende l'illuminazione naturale quasi sempre sufficiente durante gli orari di apertura del Museo. La sala espositiva principale (lampisteria) è servita da grandi lampade appese all'intradosso della volta, da lampade a soffitto di minore dimensione nelle locali di minore altezza e dall'illuminazione delle installazioni espositive (teche, pannelli, monitor, sistemi audio). Le lampade sono quasi tutte equipaggiate da corpi illuminanti ad alta efficienza o a LED, e nelle installazioni espositive tutti i corpi illuminanti sono già stati sostituiti con sistemi LED. Le zone espositive poste ai lati della sala principale sono servite da numerosi proiettori agli alogenuri montati su binari sospesi al soffitto. L'illuminazione principale della zona espositiva viene messa in funzione di rado, in quanto le visite sono fatte di giorno e la luce naturale è quasi sempre sufficiente, mentre le luci e i monitor degli espositori sono accesi in presenza di pubblico.

Nel locale bar sono presenti diverse linee di proiettori per l'illuminazione degli ambienti, mentre la libreria e l'area uffici sono servite da plafoniere a soffitto equipaggiate con tubi a fluorescenza. I locali dei servizi igienici sono invece serviti da plafoniere a soffitto e a parete equipaggiate con frusti ad alta efficienza. La biglietteria è un locale con limitato apporto di illuminazione naturale ed è servito da lampade metalliche poste a soffitto e a parete.

Parametri di performance generale

classe energetica attuale (APE)	Valore EPGL_nren (stato attuale)	Valore EPGL_lim (valore di riferimento)

Performance struttura esterna

Giudizio qualitativo sulla efficienza dell'involucro	Giudizio qualitativo sulla conservazione dell'involucro
mediocre/scarso	mediocre



Performance impianti

Giudizio qualitativo sulla efficienza degli impianti		Giudizio qualitativo sulla conservazione degli impianti	
insufficiente		buono	

Fonti energetiche

riscaldamento	raffrescamento	illuminazione	ACS
Elettricità di rete	Elettricità di rete	Elettricità di rete	Elettricità di rete

Valutazione del comfort

Gli interventi di restauro effettuati nell'edificio in cui ha sede il Museo del Carbone hanno avuto un approccio conservativo e attualmente gli ambienti mostrano diversi fenomeni di degrado e scarse condizioni di comfort interno.

Stagione invernale -marzo 2018

Nella stagione invernale i valori di umidità relativa sono molto alti in tutti gli ambienti e non rientrano in quelli dettati dalle linee guida, sia per la mancanza di un sistema di controllo di questo parametro, sia a causa di infiltrazioni meteoriche all'interno degli stessi. Non tutti i locali hanno un riscaldamento uniforme al loro interno, il bar è il locale più caldo e presenta le escursioni termiche giorno/notte più elevate.

Comfort invernale	
	Temperatura media percepita
	19 °C

Stagione estiva – luglio-agosto 2018

Il monitoraggio microclimatico effettuato nella stagione estiva ha messo in evidenza l'inadeguatezza del sistema di raffrescamento con il raggiungimento, all'interno dei locali, di temperature non omogenee e superiori ai 26 °C, condizioni favorite anche dalle generose volumetrie degli ambienti, dalla mancanza di chiusure interne che rendano gli ambienti compartimentali e dalla mancanza di schermature solari. I livelli di illuminamento sono risultati adeguati così come la qualità dell'aria all'interno degli ambienti, registrando valori di concentrazione di CO₂ sempre al di sotto dei 1000 ppm.

Comfort estivo	
	Temperatura media percepita
	> 26 °C

Proposte per la riqualificazione dell'edificio

Per quanto riguarda l'edificio ospitante il Museo del Carbone sono stati rilevati evidenti segni di degrado

dovuti all'umidità di risalita soprattutto nel paramento esterno della muratura, ma anche in alcuni setti portanti interni direttamente a contatto con il suolo.

Tutti gli elementi di fabbrica (chiusure verticali, orizzontali) si discostano notevolmente dalle prestazioni termiche richieste per l'involucro edilizio attuale. La copertura è l'unico elemento a cui è stato aggiunto uno strato di isolamento termico (2cm di EPS) che non è sufficiente a limitare le perdite di calore invernali e a raggiungere i limiti di legge, inoltre la finitura realizzata in guaina bitumata scura favorisce il surriscaldamento estivo. La copertura è anche l'elemento del corpo di fabbrica che mostra un peggiore stato di conservazione, in quanto sono presenti diffusi fenomeni di infiltrazioni di acqua meteorica dovuti al distacco e all'ammaloramento dello strato impermeabile.

Sono state valutate diverse ipotesi di efficientamento riferite all'involucro e ai sistemi di climatizzazione, che implicano sia interventi importanti sul sistema edificio impianto che interventi minori volti al miglioramento del comfort interno.

Gli interventi di sostituzione dei vecchi generatori monostadio con sistemi maggiormente modulanti sono sempre caratterizzati da buone performance economiche. Al contrario gli interventi sull'involucro sembrano essere generalmente sfavoriti anche se legati a forte miglioramento delle condizioni ambientali interne e potrebbero essere convenienti in caso siano presenti altri fenomeni di degrado che richiedono interventi di manutenzione.

Gli interventi migliorativi sull'involucro sono caratterizzati da alti tempi di ritorno e forti investimenti iniziali. Tuttavia alcuni di essi possono avere ottimi impatti nel comfort termico degli ambienti (installazione di sistemi intelligenti di regolazione e modulazione per ogni locale) e possono essere integrati nella manutenzione straordinaria di alcuni elementi edilizi (Isolamento copertura). Considerando l'eventuale accesso a forme di incentivazione, gli interventi sull'involucro possono raggiungere tempi di ritorno ben inferiori alla loro vita utile, a eccezione della sostituzione degli infissi che è da sconsigliare anche per motivi di rispetto degli elementi architettonici esistenti.

Gli interventi sul sistema di climatizzazione sono prioritari per garantire il comfort interno, la sostituzione del sistema esistente con uno di maggiore capacità modulante sembra essere una soluzione favorita. La diminuzione della potenza dell'impianto produrrebbe un miglioramento ulteriore dell'efficienza, ma potrebbe non soddisfare i carichi termici di picco.

Il sistema attuale non è ben regolato e non riesce a garantire le condizioni di comfort nei locali bar e libreria, è perciò consigliabile un intervento di regolazione e di migliore confinamento degli ambienti per limitare le dispersioni e migliorare l'efficienza.

È stata valutata l'installazione di un impianto fotovoltaico da 20kWp, caratterizzato da un alto costo iniziale (32000 euro) e da un buon tempo di ritorno (10,9 anni) rispetto alla vita media dell'impianto (20 anni). Tale intervento consentirebbe sia di ridurre notevolmente il fabbisogno energetico dell'intero edificio che i costi operativi. È da tener presente che se si dovesse effettuare una installazione non standard per rispettare i vincoli di natura paesaggistica, i costi potrebbero aumentare notevolmente facendo precipitare i tempi di ritorno dell'investimento.

N.	Descrizione intervento	Costo intervento [€]	Tempo di ritorno dell'investimento	Variazione Fabbisogno [%]
1	<u>Isolamento muratura</u> : cappotto termico interno da 10cm in materiale compatibile	31650	36 anni	-8,3

2	<u>Isolamento Copertura</u> : cappotto termico esterno da 14cm, considerato come lavorazione aggiuntiva di un intervento di manutenzione straordinario della impermeabilizzazione ormai necessario.	10300	25 anni	-3,9
3	<u>Pellicola selettiva</u> : intervento di schermatura dall'irraggiamento solare realizzato tramite pellicole trasparenti selettive	800	3,1 anni	-2,4
4	<u>Sostituzione infissi</u> : con infissi a taglio termico di fattura simile agli originali e U di norma	4100	226 anni	-0,5
5	<u>Isolamento solaio di base</u> : con cappotto termico esterno realizzato dal locale sottostante	10100		0,6
6	<u>Sostituzione HP</u> : sostituzione del generatore con una Pompa di calore (aria-acqua) di maggiore capacità modulante	15000	7,7 anni	-18,3
7	Sostituzione HP (meno): sostituzione del generatore con una Pompa di calore (aria-acqua) di maggiore capacità modulante e minore potenza	10000	4,6 anni	-20,5
8	Regolazione: installazione di sistemi intelligenti di regolazione e modulazione per ogni locale	8000	9,9 anni	-7,5
9	<u>Stufe irraggiamento</u> : installazione stufe ad irraggiamento nei servizi dei dipendenti con sensore di presenza per l'accensione	500	nessuno	0,2
10	<u>Boiler elettrico</u> : installazione boiler elettrico nel servizio dei dipendenti con programmazione intelligente	200	nessuno	0,3
11	<u>Impianto fotovoltaico</u> : installazione di impianto fotovoltaico orientato all'autoconsumo	33200	10,9 anni	-45

Sono stati valutati due scenari multipli, il primo che ha ricevuto maggiore interesse da parte degli stakeholders coinvolti e il secondo relativo a un intervento completo di efficientamento. In generale le azioni riferite all'involucro sono state scartate in quanto costose e impattanti sulle attività del museo, con la sola eccezione della copertura che necessita un urgente intervento di ripristino della impermeabilizzazione. Gli scenari singoli a basso costo e alto potenziale di miglioramento delle condizioni interne, sono stati quasi sempre selezionati.

Scenario condiviso

Lo scenario punta a massimizzare il comfort percepito dai dipendenti che utilizzano abitualmente l'edificio e considera solo l'effetto dell'installazione dei termostati in ogni locale riscaldato. Da tale scenario multiplo si stima un miglioramento di 10,68% in termini di EPgl.

Scenario:	Scenario condiviso	
Obiettivo:	Mette insieme le azioni scelte dalla maggioranza degli stakeholders	
Elemento	Azione	Costo intervento
involucro	<i>Az_inv_02_isolamento copertura</i>	10300
	<i>Az_inv_03_Pellicole selettive (lo vorrebbero su tutto l'edificio)</i>	800
Riscaldamento	Az_clima_03 (solo riparazione del termostato)	600
Raffrescamento	Az_clima_04_Stufe irraggiamento nei Bagni	500

ACS	AZ_ACS_01_ Installazione boiler elettrico	200
Ventilazione		
FER		
Illuminazione		
altro		
TOTALE INVESTIMENTO		12000
TEMPO RITORNO semplice		13,7 anni

Scenario Completo con FER

Questo scenario raccoglie tutti gli interventi di efficientamento, al fine di valutare la prestazione ottenibile con un intervento completo. Solo la sostituzione degli infissi è stata esclusa in quanto il suo effetto sulla prestazione è trascurabile a fronte di alti costi di investimento. In questo caso si è prevista l'installazione di un generatore di minore potenza, perché l'involucro è stato fortemente rinnovato e si è valutata l'installazione di un campo fotovoltaico da 20kWp. Da tale scenario multiplo si stima un miglioramento del 71,46% in termini di EPgl.

Scenario: Scenario completo con FER		
Obiettivo:		
Elemento	Azione	Costo intervento
involucro	Az_inv_01_isolamento muratura	31650
	Az_inv_02_isolamento copertura	10300
	Az_inv_03_Pellicole selettive	800
	AZ_inv_05_isolamento solaio di base	10100
	AZ_inv_06_Porte automatiche locali BAR e Libreria	6000
	AZ_inv_07_Vetrata Uffici	1500
Riscaldamento	AZ_clima_02_sostituzione HP (meno potenza)	10000
Raffrescamento	Az_clima_03_Regolazione	600
	Az_clima_04_Stufe irraggiamento nei Bagni	500
ACS	AZ_ACS_01_ Installazione boiler elettrico	200
Ventilazione		
FER	AZ_FER_01_fotovoltaico (20kWp)	33200
Illuminazione		
altro		
TOTALE INVESTIMENTO		70850
TEMPO RITORNO semplice (modello standard)		13,7 anni