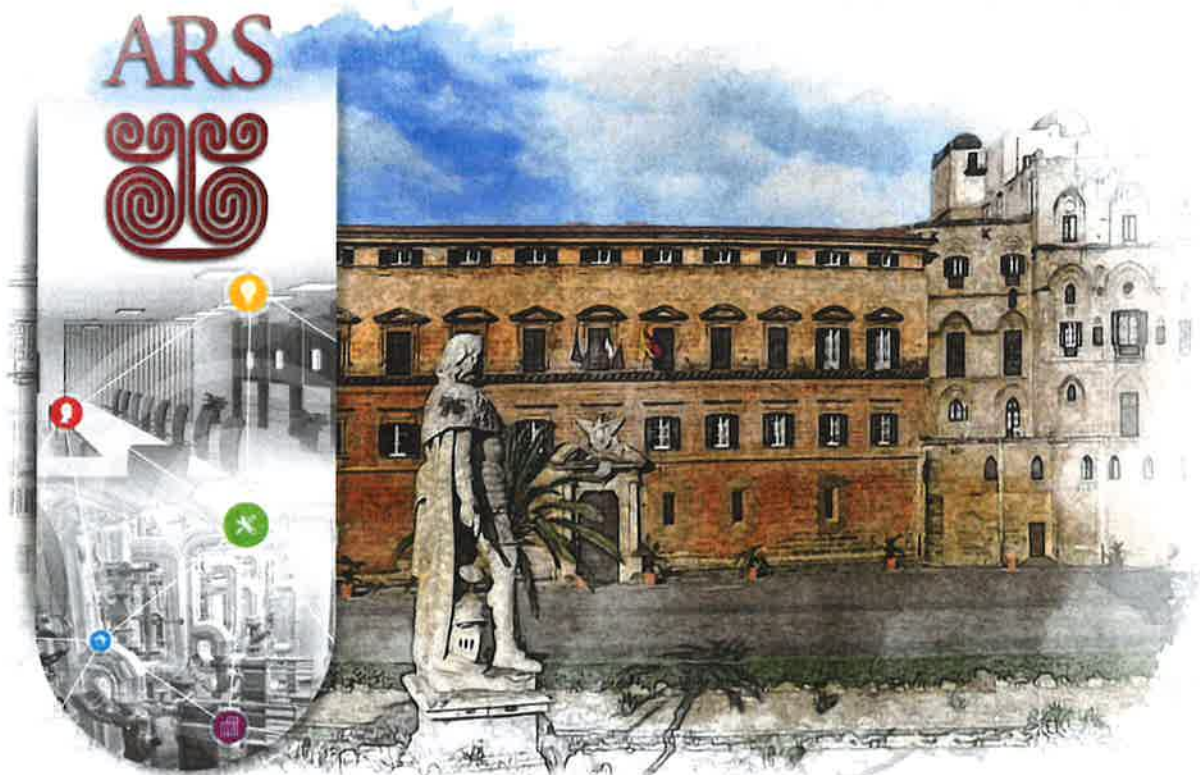

Assemblea Regionale Siciliana

Piazza del Parlamento, 1 - 90134 Palermo

Concessione di servizi per l'affidamento di un EPC per l'efficientamento, la manutenzione, la gestione integrata degli impianti tecnologici, la conservazione ed il restauro edile storico artistico, compreso fornitura del vettore energetico, per gli immobili di pertinenza dell'Assemblea Regionale Siciliana, ai sensi dell'art. 183 del D.Lgs. 50/2016.



Assemblea Regionale Siciliana



R.2 - RELAZIONE TECNICA



INDICE

1	INTRODUZIONE	1
1.1	<i>Premessa</i>	1
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	2
2.1	<i>La città di Palermo</i>	2
2.2	<i>L'Assemblea Regionale Siciliana</i>	4
2.3	<i>Il Palazzo dei Normanni</i>	4
2.4	<i>La Chiesa dei SS. Elena e Costantino</i>	4
3	ANALISI DELLO STATO DI FATTO	5
3.1	<i>Il sistema edificio-impianto</i>	5
3.1.1	<i>Involucro</i>	6
3.1.2	<i>Impianto di climatizzazione</i>	8
3.1.3	<i>Impianto di produzione ACS</i>	15
3.1.4	<i>Collegamenti Verticali</i>	15
3.1.5	<i>Illuminazione e altre utenze</i>	16
3.1.6	<i>Sistema di Monitoraggio</i>	19
3.2	<i>Analisi dei Consumi Energetici</i>	20
4	INDIVIDUAZIONE INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO	25
4.1	<i>INVOLUCRO</i>	27
4.1.1	<i>Miglioramento dell'isolamento termico del sistema di copertura</i>	28
4.1.2	<i>Sostituzione Infissi</i>	32
4.2	<i>ENERGIE RINNOVABILI</i>	35
4.2.1	<i>Fotovoltaico Giardino Reale</i>	36
4.2.2	<i>Solare Termico per produzione ACS</i>	43
4.3	<i>EFFICIENTAMENTO ENERGETICO IMPIANTI</i>	48
4.3.1	<i>Sostituzione UTA</i>	48
4.3.2	<i>Centralizzazione Impianti di climatizzazione autonoma</i>	52
4.3.3	<i>Relamping LED</i>	55
4.4	<i>GESTIONE E MONITORAGGIO</i>	57
4.4.1	<i>Ripristino, Implementazione e Gestione del BMS</i>	57
4.5	<i>Simulazione dei Consumi Energetici post intervento</i>	59





INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Territorio comunale all'interno della città Metropolitana di Palermo	2
Figura 2- Andamento temperature medie mensili Palermo	3
Figura 3 - Involucro esterno prospetto nord-est.....	6
Figura 4 - Involucro esterno prospetto sud-ovest	6
Figura 5 - Involucro dal Cortile Maqueda.....	6
Figura 6 - Involucro dal Cortile della Fontana.....	6
Figura 7 - Involucro trasparente (tipologia finestre in legno con vetro singolo).....	7
Figura 8 - Involucro trasparente (tipologia finestre in legno con vetro singolo).....	7
Figura 9- Involucro trasparente (tipologia finestre in alluminio con vetro doppio).....	7
Figura 10 - Involucro trasparente (tipologia finestre in alluminio con vetro doppio).....	7
Figura 11 – Tipologie di terminali di climatizzazione.....	9
Figura 12 – Bocchette di immissione/estrazione aria	9
Figura 13 – Localizzazione degli impianti esistenti.....	11
Figura 14 – Pompe di circolazione e rilancio degli impianti di climatizzazione	13
Figura 15 – Pompe all'interno del locale autoclave	14
Figura 16 - Tipologie di boiler elettrici presenti	15
Figura 17 - Tipologie di corpi illuminanti con lampade LED.....	17
Figura 18 - Tipologie di corpi illuminanti interni ed esterni con lampade a neon, a ioduri metallici e alogene ed esterni a vapori	17
Figura 19 – Attrezzature da ufficio.....	18
Figura 20	18
Figura 21 – Control Room	19
Figura 22 – Istogramma consumi elettrici suddivisi per fasce orarie (anno 2018).....	21
Figura 23 – Grafico a torta ripartizione percentuale consumi elettrici suddivisi per fasce orarie (anno 2018).....	22
Figura 24 – Istogramma potenza elettrica mensilmente impegnata (anno 2018).....	22
Figura 25 – Istogramma consumi elettrici mensili (anno 2018)	23
Figura 26 – Diagramma a torta consumi elettrici suddivisi per aree funzionali	24
Figura 27 - Estradosso della copertura Uffici ultimo piano Nord.....	28
Figura 28 – Intradosso della copertura Uffici ultimo piano Nord	29
Figura 29 – Rotolo di materiale coibente – Esempio di applicazione all'intradosso.....	30
Figura 30 – Recuperatori di calore	30
Figura 31 - Finestre in legno vetro singolo prospicienti il cortile della fontana.....	32
Figura 32 – Tipologia serramento in legno vetro camera	33
Figura 33 – Caratteristiche serramento tipo	34
Figura 34 - Individuazione serra e caffetteria all'interno del Giardino Reale.....	36
Figura 35 - Vista esterna della serra.....	37
Figura 36 – Vista interna della serra.....	37
Figura 37 - Vista esterna caffetteria.....	38
Figura 38 – Vista interna caffetteria.....	38
Figura 39 – Caratteristiche tecniche pannello fotovoltaico vetro-vetro	39
Figura 40 – Planimetria con collocazione degli impianti fotovoltaici vetro-vetro	40





1 INTRODUZIONE

1.1 Premessa

Il presente elaborato costituisce la Relazione Tecnica del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica per l'efficientamento energetico della sede principale dell'Assemblea Regionale Siciliana, sita in P.zza del Parlamento 1, Palermo.

Le finalità del progetto, redatto ai sensi dell'art. 23 del D.lgs 50/2016 ed in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 183 comma 15 del Dlgs 50/2016, per la Proposta di Partenariato Pubblico-Privato si riassumono nei seguenti punti:

- 1) effettuare un'analisi dello stato di fatto del sistema edificio-impianto, rilevandone criticità, potenzialità e consumi energetici;
- 2) valutare le possibili soluzioni da intraprendere per raggiungere un miglioramento del sistema in termini di efficienza energetica;
- 3) avanzare la migliore proposta progettuale volta all'ammodernamento tecnologico degli impianti e delle componenti edilizie, alla minimizzazione dei consumi e dell'impatto energetico, nonché all'aumento del comfort degli spazi di fruizione.

Lo studio è stato effettuato in relazione al particolare contesto territoriale, ambientale e paesaggistico in cui l'intervento si inserisce, tenendo conto delle specifiche esigenze funzionali dell'edificio e dell'elevato livello di prestazioni da fornire.

L'art.183 del Dlgs 50/2016, nel descrivere le possibili modalità di attuazione della Finanza di Progetto, ai commi 15 e 16, disciplina lo strumento del Partenariato Pubblico Privato (PPP), il quale prevede la progettazione e la realizzazione di Lavori e Servizi, proposti da un soggetto privato, denominato "Promotore", ad un soggetto pubblico.

Il Promotore può avanzare alla Pubblica Amministrazione una proposta progettuale in forma di Progetto di Fattibilità Tecnica Economica (PFTE), redatto in conformità all'art. 23 del D.lgs 50/2016.

La proposta, una volta analizzata e valutata positivamente dalla P.A., può essere dichiarata di Pubblico Interesse ed inserita negli strumenti di Programmazione delle opere.

La stessa Proposta sarà poi utilizzata come base di gara di un Bando Pubblico con diritto di prelazione riservato al Promotore.

Una volta conclusasi la procedura di gara, il soggetto affidatario stipulerà una Convenzione con la P.A. avente ad oggetto le successive fasi di progettazione, l'esecuzione dei lavori e l'espletamento dei servizi descritti nel PFTE.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 La città di Palermo

Palermo è il quinto comune italiano per popolazione, nonché il principale centro urbano dell'isola di Sicilia e dell'Italia insulare, secondo nel Mezzogiorno d'Italia e trentesimo a livello europeo.

La città vanta una storia plurimillenaria e ha avuto un ruolo importante per le vicende del Mediterraneo e dell'Europa. Fondata dai Fenici tra il VII e il VI secolo a.C., venne conquistata nel 254 a.C. dai Romani e divenne il principale centro dell'isola (Provincia Sicilia).

Conquistata dai Vandali nel 429, passò nel 536 sotto Bisanzio e poi fu inesorabilmente conquistata dai Saraceni nel 831.

Successivamente, con l'avvento dei Normanni e il ritorno alla cristianità, fu la città di incoronazione per i numerosi sovrani di Sicilia, proprio a questa circostanza si devono i titoli attribuiti alla città: «Prima Sedes, Corona Regis et Regni Caput».

Da allora è rimasta, con alterne vicende, la capitale del Regno di Sicilia fino al 1816. Particolarmente importanti furono i Vespri siciliani, ribellione scoppiata a Palermo nel 1282.

Dal 1816 al 1817 fu capitale provvisoria del neonato Regno delle Due Sicilie e, successivamente, divenne la seconda città per importanza dello stesso regno duo-siciliano, fino al 1861, anno dell'Unità d'Italia.

La lunga storia della città e il succedersi di numerose civiltà e popoli le hanno regalato un notevole patrimonio artistico e architettonico.

Il sito seriale Palermo arabo-normanna e le cattedrali di Cefalù e Monreale, nel 2015 sono stati dichiarati Patrimonio dell'umanità dall'Unesco.

Numerosi edifici, tra chiese e palazzi, sono riconosciuti monumenti nazionali italiani.

Palermo è sede dell'Assemblea Regionale Siciliana, la più antica sede parlamentare in attività del mondo, e di un rilevante ateneo universitario.

La sua arcidiocesi è sede metropolitana e sede del primate di Sicilia. Nominata Capitale Italiana dei Giovani 2017, è stata altresì capitale italiana della cultura per il 2018. *(fonte: www.wikipedia.org)*

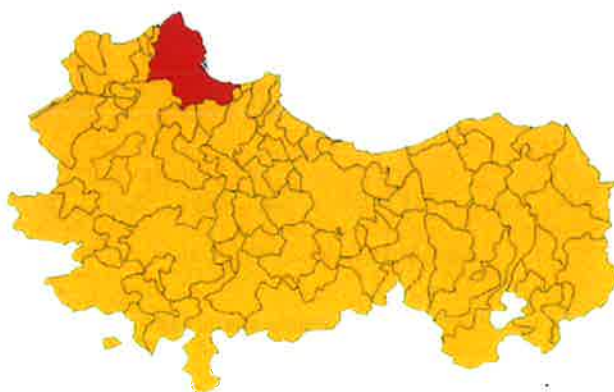


Figura 1 – Territorio comunale all'interno della città Metropolitana di Palermo

Dal punto di vista climatico, il comune ricade in **zona B** e ha un numero di gradi giorno pari a 751.

Palermo è caratterizzata da un clima mediterraneo con la stagione estiva asciutta e calda e l'inverno tiepido e piovoso. Le stagioni intermedie hanno temperature molto gradevoli.

L'estate è arida e calda, generalmente torrida e frequentemente ventilata grazie anche alla presenza delle brezze marine.

Dati Climatici	
Altitudine	14 m s.l.m.
Zona Climatica (DPR 412/93)	B – Durata stagione termica convenzionale: 1 Dicembre – 31 Marzo
Gradi Giorno	751

Tabella 1 - Dati climatici Palermo

Per la caratterizzazione climatica sono state considerate e registrate le seguenti temperature medie rilevate nelle dodici mensilità in cui si effettua l'analisi dei consumi (da Gennaio 2018 a Dicembre 2018):
(Fonte dati: Stazione climatica di Palermo)

Mesi di riferimento	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
2018	13,9	11,6	14,9	16,4	18,8	22,9	26,1	25,8	24,3	21	17,1	13,7
UNI 10349	11,1	11,8	13,1	15,5	18,8	22,7	25,5	25,4	23,6	19,8	16	12,6

Tabella 2- Temperature medie mensili Palermo

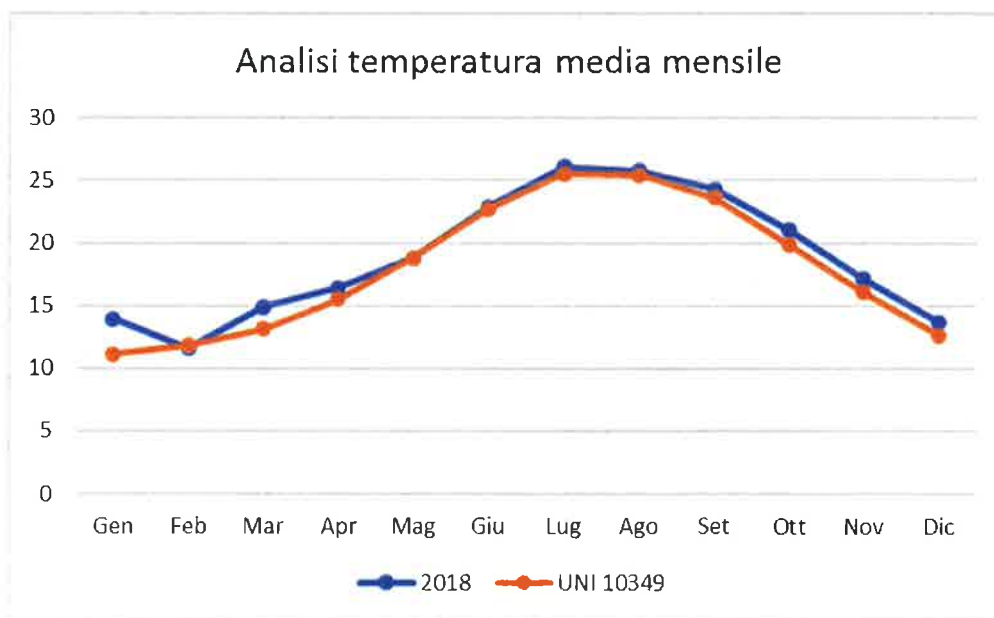


Figura 2- Andamento temperature medie mensili Palermo



2.2 L'Assemblea Regionale Siciliana

L'Assemblea Regionale Siciliana (ARS) dal 1947 è l'organo legislativo della Regione siciliana, come previsto dal suo statuto speciale.

In virtù del suo particolare stato legislativo e storico, è l'unica assemblea regionale all'interno dello Stato Italiano i cui componenti sono definiti deputati. Si tratta della prima assemblea legislativa elettiva regionale riunitasi in Italia dopo la fine della Seconda guerra mondiale.

La sede principale dell'ARS si trova a Palermo, in Piazza della Vittoria, nei locali del maestoso Palazzo dei Normanni.

Il complesso comprende anche i locali della Chiesa dei SS. Elena e Costantino, che attualmente ospitano gli uffici amministrativi della Fondazione Federico II.

2.3 Il Palazzo dei Normanni

Il Palazzo dei Normanni, o Palazzo Reale, si trova a Palermo, in Piazza del Parlamento, ed è la più antica residenza Reale d'Europa.

Il complesso monumentale è la risultante di costruzioni, demolizioni e sovrapposizioni che si sono succedute nel corso di circa duemilacinquecento anni.

Nei sotterranei, oggi visitabili, sono ancora distinguibili i resti dei primi insediamenti punici, ma la prima parte costruita risale alla dominazione araba nel IX secolo.

I Normanni in seguito trasformarono il Castello nel centro nevralgico della loro monarchia e realizzarono quattro torri collegate tra loro da portici e giardini. Si deve a Ruggero II la costruzione di una magnifica cappella interna al palazzo, la "Cappella Palatina", dedicata ai santi Pietro e Paolo e consacrata nel 1140. Il complesso era collegato in origine alla Cattedrale da una via coperta.

Nel 1556 dopo la demolizione delle torri e il rifacimento dell'imponente facciata divenne dimora dei Viceré spagnoli. Con l'Unità d'Italia il Palazzo, sebbene ancora 'reale' con la monarchia sabauda, ospitò alcuni uffici ministeriali.

Il periodo più recente è stato caratterizzato dal restauro del Palazzo, iniziato nel 1930 con le strutture normanne.

Nel fare ciò si è tenuto conto dell'importante funzione direttiva, che, **dal 1947**, si svolge in questo articolato complesso monumentale essendo **sede principale dell'Assemblea Regionale Siciliana**.

L'intero Palazzo Reale, compresa la Cappella Palatina, la Torre Pisana, Il Cortile Maqueda, Porta Nuova, nonché l'antistante Piazza della Vittoria, sono beni sottoposti a vincolo storico-artistico ed architettonico ai sensi del D.Lgs 42/2004 e successive modifiche ed integrazioni.

Inoltre, a partire dal 3 Luglio 2015, sia il Palazzo che la Cappella Palatina sono stati dichiarati Patrimonio dell'UNESCO e, quindi, inseriti nella World Heritage List Unesco.

(fonti: www.federicosecondo.org, www.ars.sicilia.it)

2.4 La Chiesa dei SS. Elena e Costantino

La chiesa dei Santi Elena e Costantino si trova nel centro di Palermo e si affaccia su piazza della Vittoria, a pochi passi dalla cattedrale e dal Palazzo dei Normanni. Gli aggregati destinati al culto si trovano all'interno di un immobile più ampio che comprende i locali che ospitarono l'oratorio e la canonica.

Dopo un periodo di inutilizzo, l'edificio è stato oggetto di restauri ed è stato assegnato all'Assemblea regionale siciliana, la quale, dal 2007 al 2017 vi ha collocato l'Archivio storico parlamentare della Sicilia e il Centro di informazione e documentazione istituzionale.

Attualmente i locali ospitano gli uffici amministrativi della Fondazione Federico II, Organo culturale e informativo dell'Assemblea Regionale Siciliana.

(fonti: www.ars.sicilia.it, it.wikipedia.org)

3 ANALISI DELLO STATO DI FATTO

Il presente elaborato tratta lo studio dello stato di fatto e le proposte per l'efficientamento energetico della sede principale dell'ARS, ovvero Palazzo dei Normanni.

Allo stato attuale, i locali si trovano in buone condizioni generali, grazie ai frequenti lavori di restauro e ristrutturazione effettuati nel corso degli anni, nonché agli interventi di efficientamento energetico già in atto da tempo, tra cui:

- impianto geotermico a bassa entalpia costituito da 36 geosonde e una pompa di calore RHOSS per l'alimentazione dei fancoil e delle batterie di scambio termico delle UTA dislocate all'interno dell'edificio;

- centralizzazione di gran parte dei sistemi di climatizzazione a servizio dei singoli ambienti;

- installazione di un sistema di monitoraggio e gestione del sistema impiantistico termico, climatizzazione e illuminazione.

Pur tuttavia, il Palazzo presenta ancora forti necessità di miglioramento energetico, soprattutto vocate alla razionalizzazione degli impianti di climatizzazione ed al miglioramento della coibentazione dell'involucro edilizio.

3.1 Il sistema edificio-impianto

Dati Generali	
Indirizzo	Piazza del Parlamento, 1 – Palermo (PA)
Breve descrizione	Il Palazzo Reale è costituito da più corpi di fabbrica costruiti in epoche diverse e si sviluppa su 5 elevazioni principali fuori terra e numerosi livelli intermedi, a cui si aggiunge una parte interrata nella quale sono visibili i resti dei primi insediamenti punici. Il complesso edilizio ha una forma irregolare sviluppata lungo l'asse nordovest-sudest. L'accesso all'area, sia pedonale che carrabile, avviene attraverso gli ingressi principali disposti su Piazza del Parlamento e su Piazza Indipendenza.
Destinazione d'uso	All'interno del PPE del Comune di Palermo, il Palazzo Reale è indicato tra Edifici Specialistici Civile Pubblici. Oggi è sede Istituzionale, contiene numerosi uffici ed è una delle principali mete turistiche regionali.
Proprietà	L'edificio è di proprietà dell'Assemblea Regionale Siciliana.
Vincoli Vigenti	Vincolo paesaggistico, storico-artistico ed architettonico (D.lgs 42/2004) Patrimonio dell'UNESCO dal 03/07/2015.
Zone termiche individuate	Sono state individuate 15 zone termiche in relazione ai sistemi di climatizzazione presenti.

Tabella 3 - Dati generali Palazzo Reale

Dati Geometrici	
Volume lordo riscaldato (V)	96.800 m ³
Superficie utile energetica dell'edificio (netta)	16.500 m ²

Tabella 4 - Dati geometrici struttura

3.1.1 Involucro

3.1.1.1 Componenti Opache

La fabbrica originaria dell'edificio è costituita da muratura in conci di calcarenite e giunti in calce idraulica.

La muratura è in parte ricoperta da uno spesso strato di intonaco in sabbia calcarenitica, calce idraulica e pozzolana e da un sottile strato di finitura.

Le fronti neogotiche, prospicienti Piazza Indipendenza e Via dei Bastioni, in gran parte ormai spoglie dagli strati di finitura, presentano ben visibile la struttura in pietra; al contrario, la fabbrica di origine cinquecentesca, su Piazza del Parlamento, conserva ancora una buona parte dell'intonaco originario.

Lo spessore delle mura perimetrali varia complessivamente tra circa 600 cm e 200 cm al piano terra e tra 200 cm ed 80 cm all'ultimo livello.

Le coperture sono sia inclinate che piane, realizzate con differenti tipologie costruttive: struttura metallica e laterizi, struttura lignea e rinforzi metallici o muratura.

Allo stesso modo, i solai di interpiano presentano diverse tipologie di struttura: latero-cemento, metallo e laterizi, legno, e hanno differenti finitura all'intradosso (con struttura a vista, intonaco, controsoffitti lignei, controsoffitti in cartongesso) e all'estradosso (pavimento ceramico, pavimento lapideo, pavimento galleggiante con pannelli prefabbricati, parquet).



Figura 3 - Involucro esterno prospetto nord-est



Figura 4 - Involucro esterno prospetto sud-ovest



Figura 5 - Involucro dal Cortile Maqueda



Figura 6 - Involucro dal Cortile della Fontana

3.1.1.2 Componenti Trasparenti

Gli infissi esterni sono in prevalenza in legno con vetro singolo, molti dei quali dotati di persiane esterne, anch'esse in legno.

Tuttavia, nel corso degli anni alcuni serramenti sono stati modificati/sostituiti, pertanto troviamo numerosi infissi in legno con doppio vetro e infissi in alluminio con doppio vetro (in maggior numero all'ultimo piano), alcuni infissi sono metallici con vetro singolo e in legno e PVC con doppio vetro.

Le porte di accesso all'edificio sono in legno o in metallo.

Non sono presenti ne cassonetti, ne nicchie sottofinestra.

Gli unici sistemi di oscuramento esterno sono rappresentati da persiane, presenti in circa il 30% degli infissi del complesso edilizio.



Figura 7 - Involucro trasparente (tipologia finestre in legno con vetro singolo)



Figura 8 - Involucro trasparente (tipologia finestre in legno con vetro singolo)



Figura 9 - Involucro trasparente (tipologia finestre in alluminio con vetro doppio)



Figura 10 - Involucro trasparente (tipologia finestre in alluminio con vetro doppio)

In generale, per quanto esaminato nel corso dei sopralluoghi, lo stato di conservazione dei serramenti risulta essere mediocre. 😊

Allo stato di conservazione degli elementi strutturali viene assegnata una valutazione di tipo qualitativa:

😊 = buono; 😊 = mediocre; 😞 = pessimo.

3.1.1.3 Criticità

- Scarsa coibentazione delle componenti opache orizzontali;
- Elevata trasmittanza delle componenti trasparenti;
- Elevate dispersioni termiche;
- Presenza di numerosi ponti termici in corrispondenza di: angoli tra pareti sporgenti; angoli tra pareti rientranti; parete – solaio; pareti – telai.

3.1.2 Impianto di climatizzazione

3.1.2.1 Sottosistema di Emissione

Il sottosistema di emissione è costituito principalmente da fancoil.

Sono inoltre presenti degli split, sia centralizzati che autonomi, dei condizionatori portatili e delle bocchette di immissione ed estrazione aria negli ambienti serviti dalle unità di trattamento aria.





Figura 11 – Tipologie di terminali di climatizzazione

Stato di conservazione

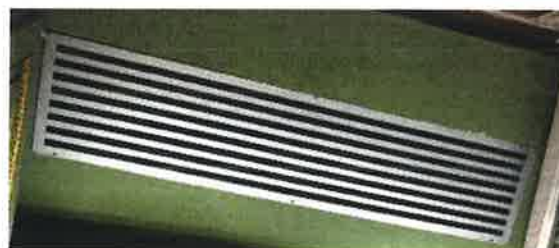
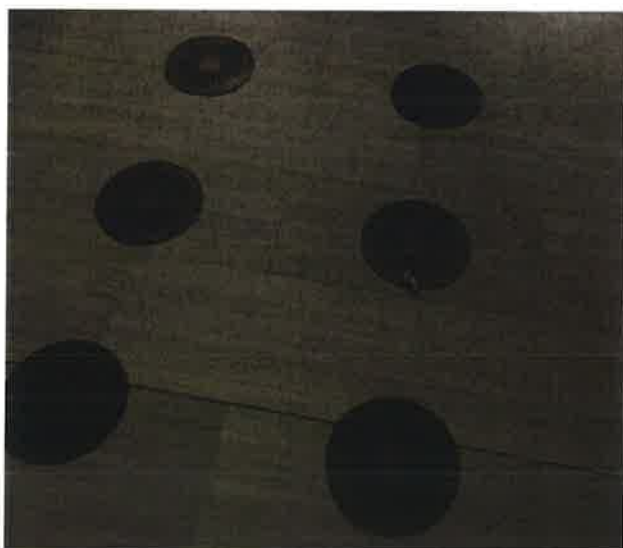


Figura 12 – Bocchette di immissione/estrazione aria

Stato di conservazione



Allo stato di conservazione degli elementi strutturali viene assegnata una valutazione di tipo qualitativa:

😊 = buono; 😐 = mediocre; ☹️ = pessimo.

3.1.2.2 Sottosistema di Regolazione

Secondo quanto rilevato in fase di sopralluogo e dai dati tecnici forniti dalla committenza, la regolazione dell'impianto di climatizzazione è centralizzata e regolata in funzione alle esigenze espresse dagli utenti.

Fanno eccezione i sistemi di climatizzazione autonomi che vengono regolati localmente dagli utenti. Non è dunque presente un sistema di termoregolazione automatico.

3.1.2.3 Sottosistema di Generazione

La climatizzazione dell'edificio avviene tramite diverse tipologie di impianti.

Per quanto riguarda la climatizzazione estiva e invernale centralizzata, sono attualmente installati i seguenti impianti:

1. n. 1 pompa di calore geotermica RHOSS a bassa entalpia con condensazione ad acqua, connessa a sonde di scambio termico a sviluppo verticale, che produce acqua refrigerata o riscaldata per alimentare la maggior parte dei fan coil presenti all'interno dell'edificio e le batterie di scambio termico delle UTA (a servizio della Sala Gialla, Sala Rossa, Sala Verde e Sala Stampa);
2. n. 3 gruppi frigoriferi Clivet condensati ad aria, di cui due connessi in parallelo, che producono, in supporto alla pompa di calore geotermica, acqua refrigerata o riscaldata per il funzionamento di fan coil e batterie di scambio termico delle UTA sopra menzionate;
3. n. 3 gruppi frigoriferi AERMEC condensati ad aria, anch'essi connessi in parallelo, che producono acqua refrigerata o riscaldata per l'alimentazione di fan coil (dislocati nella Sala D'Ercole e nelle sale adibite al percorso turistico museale);
4. n. 1 gruppo frigorifero TRANE condensato ad aria, che produce acqua refrigerata per alimentare la batteria di raffreddamento e deumidificazione di 1 UTA (per la Sala Duca di Montalto);
5. n. 1 gruppo frigorifero UNIFLAIR condensato ad aria, che produce acqua refrigerata o riscaldata per il funzionamento di fan coil (Sala D'Aspetto Vetrata e zona ristorazione);
6. n. 2 unità esterne in pompa di calore ad espansione diretta VRF HITACHI connesse in parallelo e collegate a diverse unità interne a parete e a soffitto (all'interno di: banca, poste, centro stampa, portineria centrale e KSM);
7. n. 1 condizionatore di precisione UNIFLAIR ad espansione diretta con condensazione ad aria canalizzato (a servizio del centro stampa);
8. n. 2 unità esterne in pompa di calore ad espansione diretta VRF HITACHI connesse in parallelo e collegate a unità interne a soffitto (nel magazzino cancelleria e nei locali appartenenti al gruppo parlamentare misto);
9. n. 1 unità esterna in pompa di calore ad espansione diretta VRF Mitsubishi collegata a diverse unità interne a soffitto (presenti all'interno degli uffici della Ragioneria);
10. n. 2 unità esterne in pompa di calore ad espansione diretta VRF HITACHI, connesse in parallelo e collegate ad unità interne a soffitto (poste all'interno degli uffici del Centro Elaborazione Dati, dei programmatori, delle Sale Server, degli spogliatoi degli assistenti parlamentari e dei magazzini);
11. n. 1 unità esterna in pompa di calore ad espansione diretta VRF Mitsubishi, collegata ad unità interne a soffitto (presenti all'interno degli Uffici tecnici e della Control Room);
12. n.1 pompa di calore ad espansione diretta Daikin canalizzata (a servizio dei locali del Servizio Bilancio);
13. n. 4 Unità Trattamento Aria SAMP (per il ricambio d'aria e climatizzazione di: Sala Gialla, Sala Rossa, Sala Verde e Sala Stampa);
14. n. 1 Unità Trattamento Aria Carrier (per il ricambio d'aria e la climatizzazione della Sala Duca di Montalto).

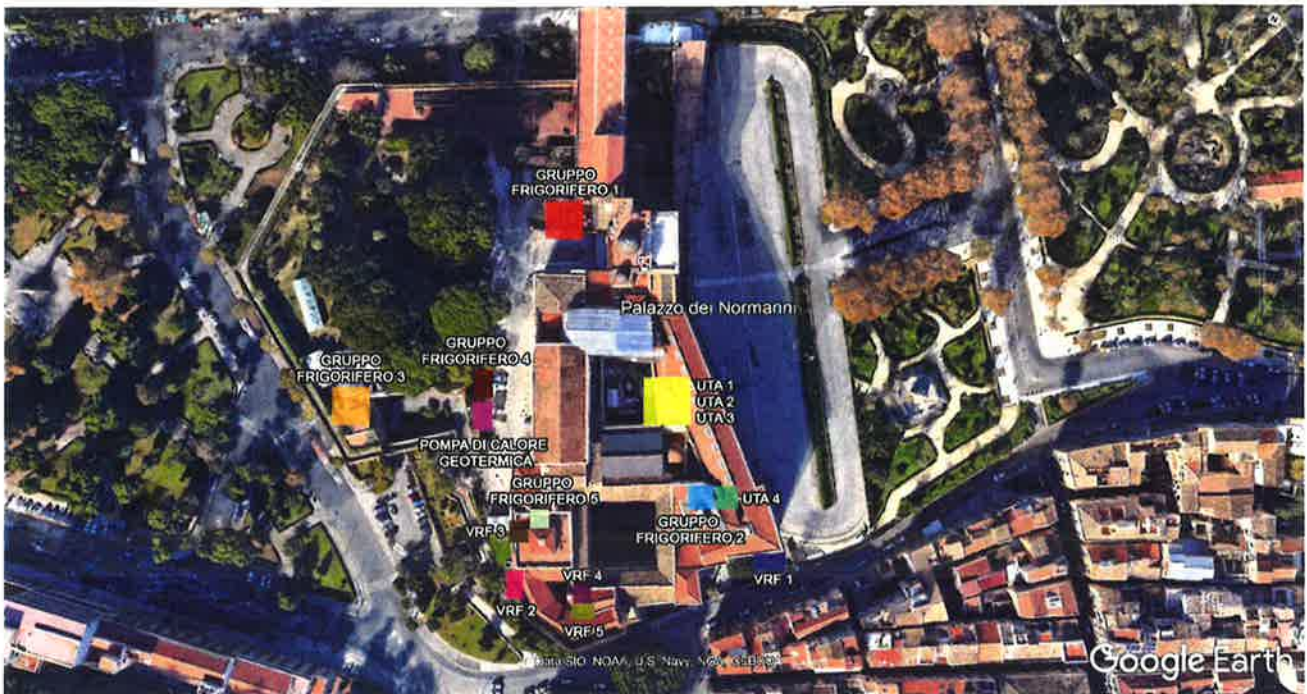


Figura 13 – Localizzazione degli impianti esistenti

Impianti climatizzazione centralizzata							
Tipologia macchina	N° macchine	Marca	Modello	Potenza termica kW	Potenza frigorifera kW	Potenza elet. assorbita riscaldamento o kW	Potenza elet. assorbita raffreddamento kW
Gruppo frigorifero	3	Aermec	NRL0700	165,4	139,7	56,3	66,4
Gruppo frigorifero	2	Clivet	WSAN-XEE 602	183	156	57,1	60,8
Gruppo frigorifero	1	Clivet	WSAN-XIN 30.2	93,3	82,2	29,1	28,8
Gruppo frigorifero	1	Uniflair	LRAH18 0 A	43,5	39	11,9	12
Gruppo frigorifero	1	Trane	EKB3166	-	93	-	83
Pompa di calore geotermica	1	Rhoss	THEEBY 4330	374	318,4	103,2	103,2
Condizionatore di precisione	1	Uniflair	SUA060 1A	-	18	-	5,2
Unità VRF	3	Hitachi	RAS 12FSXN 1E	37,5	33,5	9,89	10,6
Unità VRF	2	Hitachi	RAS 10FSXN 1E	31,5	28	7,73	7,04
Unità VRF	1	Hitachi	RAS 14FSXN 1E	45	40	12,44	12,11
Unità VRF	1	Mitsubishi	PUMY P140YH MB	18	15,5	5,32	5,32
Unità VRF	1	Mitsubishi	PUHY RP300YJ M-B	37,5	35,5	9,42	8,98
Pompa di calore aria-aria	1	Daikin	-	12	14	4,5	4,2

Impianti climatizzazione centralizzata

Tipologia macchina	N° macchine	Marca	Modello/ Matricola	Portata aria mandata mc/h	Potenza ventilatore di mandata kW	Potenza ventilatore di ricircolo kW
UTA	1	Samp	5000006281	2.000	1,1	0,37
UTA	1	Samp	5000006279	5.300	2,2	0,75
UTA	1	Samp	5000006278	8.500	4	1,5
UTA	1	Samp	5000006280	4.000	2,2	0,55
UTA	1	Carrier	39 CI 17	10.000	1	1,5

Tabella 5 – Impianti di climatizzazione centralizzata

Per quanto riguarda la climatizzazione estiva ed invernale autonoma, sono presenti i seguenti impianti:

1. n. 4 condizionatori monoblocco RC Group condensati ad aria (raffrescamento dei locali Server e UPS);
2. n. 77 pompe di calore aria-aria reversibili, tipo split sia a pavimento che a parete;
3. n. 27 condizionatori portatili monoblocco reversibili.

Impianti climatizzazione autonoma

Tipologia macchina	N° macchine	Marca	Modello	Potenza termica kW	Potenza frigorifera kW	Potenza elet. assorbita (riscaldamento) kW	Potenza elet. assorbita (raffreddamento) kW
Condizionatore monoblocco	1	Rc Group	MINI PAC 08-Z1	-	8,6	-	2,21
Condizionatore monoblocco	3	Rc Group	NEXT DX 0 010 P1 HO	-	8,8	-	3,1

Impianti climatizzazione autonoma

Tipologia macchina	N° macchine	Marca	Potenza frigorifera Btu/h	Potenza elet. assorbita (riscaldamento) kW	Potenza elet. assorbita (raffreddamento) kW
Pompa di calore aria-aria	1	LG	28.000	2,8	2,8
Pompa di calore aria-aria	2	Haier	24.000	2,3	2
Pompa di calore aria-aria	35	Sanyo, Stelbi, Mitsubishi, Aermec	18.000	1,6	1,4
Pompa di calore aria-aria	1	Mitsubishi	14.000	1,3	1
Pompa di calore aria-aria	38	Sanyo, Haier, Mitsubishi Aermec, Fuji	12.000	1,1	1
Condizionatore portatile	9	Daitso	18.000	1,3	1,3
Condizionatore portatile	2	Olimpia	16.000	1,2	1,2
Condizionatore portatile	3	Delonghi	14.000	1,2	1,2
Condizionatore portatile	11	Daitso, Artel, Westinghouse	12.000	1,1	1,1
Condizionatore portatile	2	Westinghouse	9.000	1	1

Tabella 6 – Impianti di climatizzazione autonoma

Alcuni locali (utilizzati per l'archiviazione di libri e documenti) hanno un sistema di areazione forzata realizzata tramite appositi aspiratori:

Ventilazione						
Tipologia macchina	N° macchine	Marca	Modello	Potenza elet. assorbita (max) kW	Portata aria mc/h	Velocità giri/min
Aspiratori	2	Vortice	QBK 7/7 4M 1V/1	0,45	1.890	1.260
Aspiratori	2	Blauberg	TURBO 200 USW1	0,108	1.080	2.380
Aspiratori	2	Primaklima	PK 315	0,31	3.200	-
Aspiratori	1	Blauberg	Centro 315 Max	0,31	1.700	2.590

Tabella 7 – Ventilazione

Per il funzionamento degli impianti di climatizzazione centralizzata sono installate n. 8 pompe di rilancio Grundfos e n. 12 pompe di circolazione a servizio delle UTA con le seguenti caratteristiche:

Pompe impianti climatizzazione					
Tipologia macchina	N° macchine	Marca	Modello	Potenza elet. assorbita kW	Velocità giri/min
Pompa di rilancio	2	Grundfos	MG132SB2	7,5	2.920
Pompa di rilancio	2	Grundfos	MG100LC4	3	1.450
Pompa di rilancio	2	Grundfos	MAGNA 3D 65-150	1,4	-
Pompa di rilancio	2	Grundfos	TP 65 130	1,5	1.445
Pompa di circolazione	4	Grundfos	MG 71A2-14FT85-B	0,25	2.880
Pompa di circolazione	2	Grundfos	MG 71A2-14FT85-B	0,37	2.840
Pompa di circolazione	2	Grundfos	4AP 63-2S	0,12	2.850
Pompa di circolazione	4	Grundfos	MG 80A2-19FT1100-B	0,75	2.840

Tabella 8 – Pompe impianti di climatizzazione



Figura 14 – Pompe di circolazione e rilancio degli impianti di climatizzazione

All'interno del locale autoclave sono presenti n. 2 vasche da 150 mc e n. 3 pompe Grundfos con le caratteristiche tecniche riportate nella tabella a seguire.

Pompe impianto idrico					
Tipologia macchina	N° macchine	Marca	Modello	Potenza ele. assorbita kW	Velocità giri/min
Pompa	3	Grundfos	MGE100LA	3	4.000

Tabella 9 – Pompe impianto idrico



Figura 15 – Pompe all'interno del locale autoclave



Stato di conservazione



Allo stato di conservazione degli elementi strutturali viene assegnata una valutazione di tipo qualitativa:

😊 = buono; 😐 = mediocre; 😞 = pessimo.

3.1.2.4 Criticità

- Distribuzione disomogenea del sistema;
- Elevate perdite di carico;
- Vetustà di alcune macchine;
- Deterioramento degli strati di coibenza delle condotte;
- Bassi livelli di comfort interno;
- Necessità di BMS.

3.1.3 Impianto di produzione ACS

L'acqua calda per uso sanitario viene generata mediante l'utilizzo di boiler elettrici. All'interno della struttura ne sono stati installati in totale 45, in prossimità dei servizi igienici e del bar/ristorante sito al secondo piano.

La potenza di ciascun boiler è di 1,5 kW, da cui ne deriva un consumo complessivo annuale di energia pari **46.260 kWh**.



Figura 16 - Tipologie di boiler elettrici presenti

3.1.3.1 Criticità

- Elevato consumo di energia elettrica;
- Elevata frequenza di manutenzione;
- Distribuzione disomogenea delle apparecchiature.

3.1.4 Collegamenti Verticali

All'interno dell'edificio sono installati n. 7 ascensori e n. 1 montavivande le cui caratteristiche sono riportate nella tabella seguente:

Ascensori					
Macchina	Marca	Anno di installazione	Potenza motore kW	Portata kg	Corsa m
Ascensore a fune	Fiam	1953	7,3	630	30
Ascensore oleodinamico	GMV	1978	7,7	300	15
Ascensore a fune	Rotos	1978	4,4	325	20
Ascensore	Kone	2014	3,7	630	40
Ascensore	Kone	2014	3,7	630	40
Ascensore	Kone	2014	3,7	320	30
Ascensore	Kone	2014	3,7	400	40
Montavivande	Soga	-	0,66	-	10

Tabella 10 – Collegamenti verticali

3.1.5 Illuminazione e altre utenze

3.1.5.1 Impianto di illuminazione

L'impianto di illuminazione è costituito prevalentemente da corpi illuminanti equipaggiati con lampade a LED.

Per quanto potuto rilevare in fase di sopralluogo, dalle informazioni ricevute dall'ufficio tecnico dell'ARS e dai tecnici incaricati della manutenzione, l'impianto di illuminazione è in fase di miglioramento costante.

Di tutte le lampade presenti all'interno della struttura, l'82% è a LED, il 14% è a fluorescenza, il 2% è ad incandescenza e il 2% a scarica.

Per quanto concerne l'illuminazione esterna, il 56% delle lampade installate è a LED, il 4% a fluorescenza, il 40% è a scarica.

Sono presenti sistemi di controllo accensione/spengimento con sensori di presenza esclusivamente nei servizi igienici; in numerosi ambienti c'è la predisposizione per l'accensione e lo spegnimento dell'illuminazione e dei dispositivi elettrici mediante l'utilizzo dei badge degli utenti.

Secondo quanto rilevato in fase di intervista all'utenza, di norma l'impianto di illuminazione segue il profilo di utilizzo dei diversi locali, in base alle funzioni svolte.

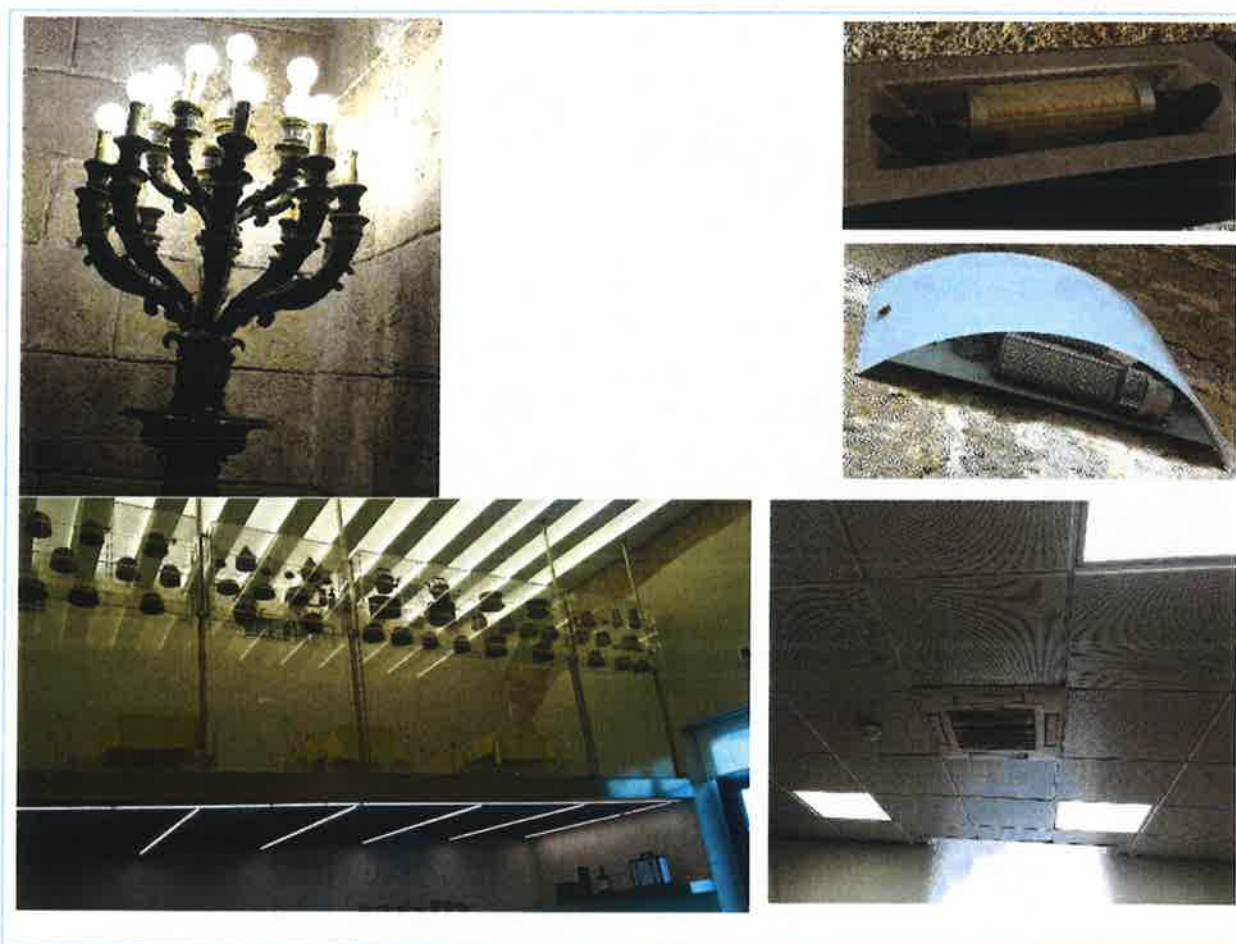




Figura 17 - Tipologie di corpi illuminanti con lampade LED



+



Figura 18 - Tipologie di corpi illuminanti interni ed esterni con lampade a neon, a ioduri metallici e alogene ed esterni a vapori

3.1.5.2 Altre utenze elettriche

Nel complesso edilizio sono presenti numerose attrezzature elettriche necessarie allo svolgimento delle quotidiane attività lavorative degli utenti.

Nel corso dei sopralluoghi sono stati rilevati all'interno degli uffici e delle sale istituzionali: computer, tablet, stampanti, fotocopiatrici, schermi TV, frigoriferi, forni a microonde e macchinette per il caffè.

Nei locali adibiti a cucina, mensa e bar sono presenti e quotidianamente adoperati i seguenti utilizzatori elettrici: piastre ad induzione, piastre elettriche, friggitorici, forni elettrici, cuocipasta, griglie elettriche, forni a microonde, frigoriferi, abbattitore, cappe trifase, freezer a pozzetto, macchina per il caffè, lavabicchieri e lavastoviglie.



Figura 19 – Attrezzature da ufficio



3.1.5.3 Criticità

- Consumi energetici dovuti all'uso di dispositivi di illuminazione a tecnologia obsoleta;
- Aumento del carico termico degli ambienti illuminati da dispositivi non a LED;
- Nessun controllo dei consumi legati agli ambienti dati in gestione esterna (ristorazione/bar).

3.1.6 Sistema di Monitoraggio

La sede dell'ARS è dotata di un sistema di monitoraggio e gestione capace di effettuare la supervisione di quasi tutti gli impianti di illuminazione e climatizzazione del Palazzo Reale e definirne il funzionamento.

L'edificio, infatti, dispone di un sistema di monitoraggio continuo del tipo Crestron gestito dal software proprietario Fusion che è in grado di schedulare il funzionamento degli impianti e di storicizzare i consumi rilevati da appositi contabilizzatori e dispositivi di termoregolazione.

La "Control Room", di cui si riportano due fotografie, è localizzata al terzo piano dell'edificio, nella stanza 037, e presenta al suo interno un sistema di monitor e computer per la gestione, la supervisione e il controllo degli impianti di climatizzazione, illuminazione ed elettrici presenti nella struttura.

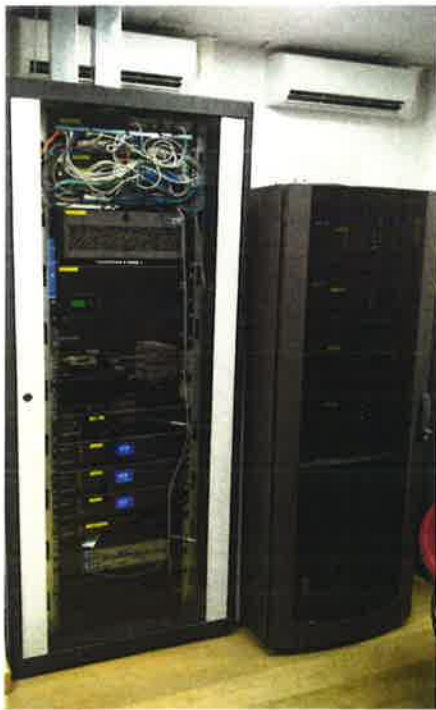


Figura 21 – Control Room

3.1.6.1 Criticità

- Carenza di monitoraggio della pompa di calore geotermica e di gran parte dell'illuminazione della struttura;
- Mal funzionamento del sistema dovuto ad eventi meteorologici verificatisi nel corso del 2018;
- Gestione poco omogenea;
- Efficienza ridotta.

3.2 Analisi dei Consumi Energetici

L'unico vettore energetico è quello elettrico.

I fornitori dell'energia elettrica della struttura per il periodo esaminato, Gennaio – Dicembre 2018, sono ENEL Spa per il periodo Gennaio – Agosto e Energetic Spa per il periodo Settembre – Dicembre. Entrambi i fornitori alimentano la struttura in media tensione con potenza in franchigia di 688 kW.

Per la seguente analisi sono stati considerati i consumi relativi a tutti i POD intestati all'Assemblea Regionale Siciliana ricadenti all'interno del Comune di Palermo.

La suddivisione temporale relativa al calcolo dei consumi mensili è "Opzione 3 Fasce" (F1, F2, F3), Fasce orarie come da delibera AEEG 181/2006 (applicate su tutti i contatori orari) – che seguirà l'andamento di seguito descritto:

- **F1: Ore di punta**
Nei giorni dal Lunedì al Venerdì dalle ore 8.00 alle ore 19.00
- **F2: Ore intermedie**
Nei giorni dal Lunedì al Venerdì: dalle ore 7.00 alle ore 8.00 e dalle ore 19.00 alle ore 23.00. Il Sabato dalle ore 7.00 alle ore 23.00
- **F3: Ore fuori punta**
Nei giorni dal Lunedì al Sabato: dalle ore 23.00 alle ore 7.00 e nei giorni di Domenica e festivi
Festivi: 1 e 6 Gennaio, Lunedì di Pasqua, 25 Aprile, 1 Maggio, 2 Giugno, 15 Agosto, 1 Novembre, 8 Dicembre, 25 e 26 Dicembre.

Di seguito si riportano i dati delle utenze e i consumi distinti per ogni singolo POD, relativi al periodo preso in esame (Gennaio - Dicembre 2018) analizzati mensilmente e per singole fasce di utilizzo.



Intestazione Fornitura	Codice POD	Società di Fornitura	Indirizzo di Fornitura	Consumi energetici gen-dic2018 [kWh]			Consumi energetici totali [kWh]
				F1	F2	F3	
ASSEMBLEA REGIONALE SICILIANA Amm. Pubb.	IT001E00201932	ENEL Spa / ENERGETIC Spa	Piazza del Parlamento 1	922.474,98	429.779,32	673.158,36	2.025.412,66
	IT001E90657096		Piazza del Parlamento 1	1.133,51	605,76	891,51	2.630,78
	IT001E97623044		Piazza del Parlamento 1	661,27	489,82	947,17	2.098,26
	IT001E95359189		Piazza Vittoria 22	4.194,54	1.077,05	1.210,14	6.481,73
	IT001E90171958		C.so Vitt. Emanuele467	627,28	451,58	933,10	2.011,96
	IT001E91434900		Piazza Vittoria 20	9.910,97	3.801,02	5.840,00	19.551,99
	IT001E91453607		Via Vito levolella 14	162,80	71,17	139,58	373,55
TOT.						2.058.560,93	

Tabella 11 – Consumi elettrici anno 2018, ARS

Dai dati sopra riportati risulta evidente come i consumi più importanti siano legati al Palazzo dei Normanni nel quale sono presenti tre POD: il principale, identificato con il codice **IT001E00201932**, e due secondari IT001E97623044 e IT001E90657096.

Di seguito si procede, pertanto, all'analisi specifica dei consumi rilevati dai suddetti POD.

Codice POD	IT001E00201932; IT001E90657096; IT001E97623044
Intestazione Fornitura	ASSEMBLEA REGIONALE SICILIANA Amm. Pubb.
Società di Fornitura	ENEL Spa / ENERGETIC Spa
Indirizzo di Fornitura	Piazza del Parlamento 1
Potenza elettrica disponibile [kW]	688
Denominazione contratto	Consipee14_9_var / Consip15 Energia Elettrica Variabile

Piazza del Parlamento,1										
	IT001E00201932			IT001E90657096			IT001E97623044			
2018	F1 (kWh)	F2 (kWh)	F3 (kWh)	F1 (kWh)	F2 (kWh)	F3 (kWh)	F1 (kWh)	F2 (kWh)	F3 (kWh)	tot. (kWh)
Gen	75.824,00	28.299,00	48.122,00	2,00	1,00	4,00	52,00	34,00	75,00	152.413,00
Feb	78.503,00	31.164,00	43.512,00	5,00	3,00	7,00	46,00	34,00	61,00	153.335,00
Mar	75.210,00	36.152,00	48.440,00	3,00	2,00	3,00	54,00	43,00	71,00	159.978,00
Apr	55.377,00	29.258,00	52.695,00	423,30	234,50	291,60	56,60	43,10	74,50	138.453,60
Mag	61.834,00	28.322,00	45.760,00	252,14	182,22	297,42	64,36	44,92	78,89	136.835,95
Giu	82.065,00	36.001,00	54.775,00	124,65	67,25	123,00	56,73	41,05	78,07	173.331,75
Lug	108.709,00	45.165,00	64.541,00	137,42	82,79	127,49	52,58	39,75	113,71	218.968,74
Ago	87.224,00	42.720,00	66.323,00	2,00	2,00	4,00	46,00	42,00	79,00	196.442,00
Set	85.753,20	43.857,20	63.471,60	2,00	2,00	4,00	53,00	40,00	73,00	193.256,00
Ott	80.631,20	40.140,60	58.342,60	3,00	1,00	3,00	59,00	42,00	80,00	179.302,40
Nov	68.953,60	35.446,40	58.908,00	11,00	0,00	0,00	60,00	43,00	80,00	163.502,00
Dic	62.390,98	33.254,12	68.268,16	168,00	28,00	27,00	61,00	43,00	83,00	164.323,26
tot. (kWh)	922.474,98	429.779,32	673.158,36	1.133,51	605,76	891,51	661,27	489,82	947,17	2.030.141,70

Tabella 12 - Consumi elettrici anno 2018, Piazza del Parlamento 1

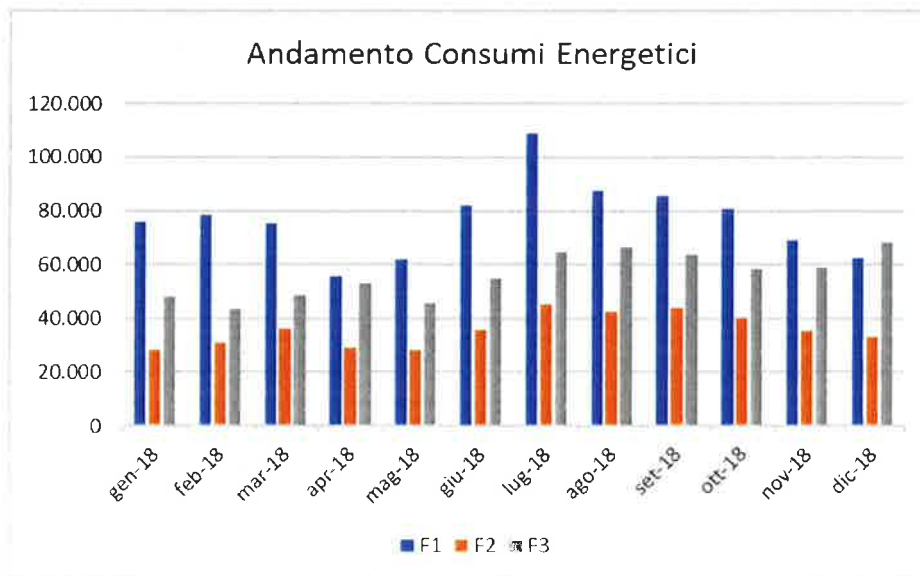


Figura 22 – Istogramma consumi elettrici suddivisi per fasce orarie (anno 2018)



La ripartizione dei consumi di energia elettrica per fascia conferma le ipotesi di attivazione e disattivazione dei carichi elettrici all'interno della struttura: **l'energia consumata nelle ore diurne è preponderante rispetto a quella delle ore serali.**

La percentuale media dei consumi delle fasce diurne si attesta al 46 % dei consumi totali.

Pur tuttavia, la percentuale di consumi registrata in **fascia F3**, è indicativa del particolare profilo di utilizzo del Palazzo dei Normanni, nel quale le attività legate al funzionamento dell'Assemblea Regionale Siciliana coesistono con quelle legate alla fruizione pubblica degli spazi da parte dei turisti, con eventi che coinvolgono anche le ore serali ed i giorni festivi.

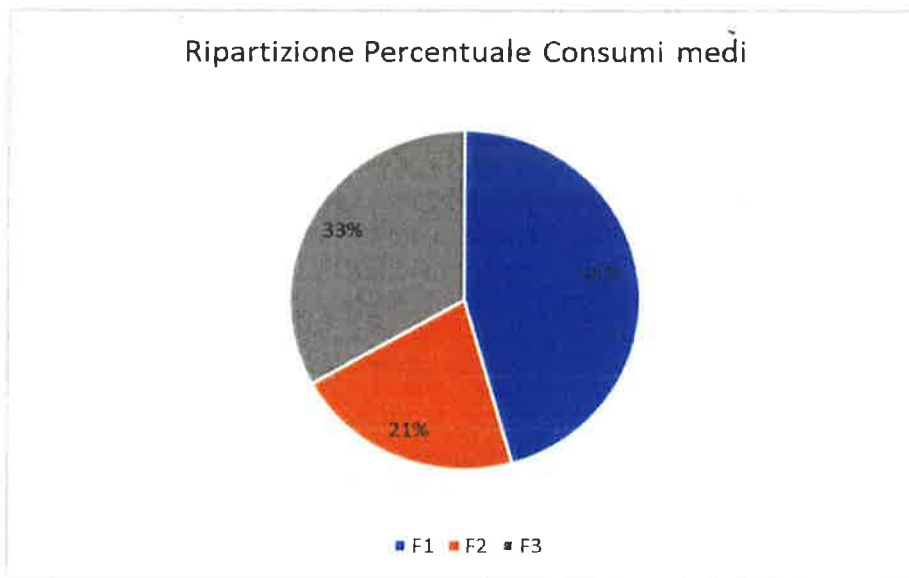


Figura 23 – Grafico a torta ripartizione percentuale consumi elettrici suddivisi per fasce orarie (anno 2018)



Durante il periodo Gennaio-Dicembre 2018, il **consumo di energia elettrica** risulta pari a **2.030.141,70 kWh**. A questo valore di energia consumata nell'edificio, corrispondono un impiego di energia primaria pari a **380 TEP/anno** ed emissioni in atmosfera per **873 tonCO2/anno** (energia elettrica 1 MWh = 0,187 TEP = 0,43 tonCO₂).

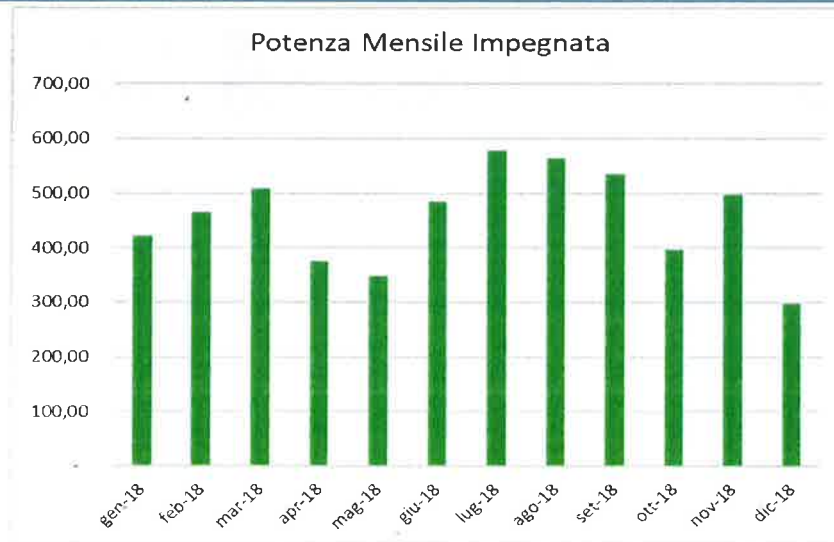


Figura 24 – Istogramma potenza elettrica mensilmente impegnata (anno 2018)

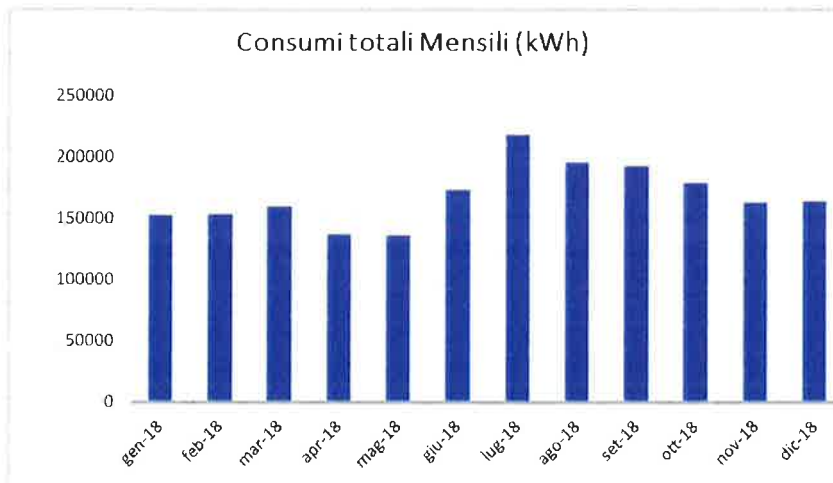


Figura 25 – Istogramma consumi elettrici mensili (anno 2018)

Analizzando i due grafici precedenti ed il grafico che rappresenta i consumi per fasce si osserva un andamento mensile in linea con il profilo di utilizzo dell'edificio.

L'oscillazione dei consumi nei vari mesi è dovuta alla climatizzazione; infatti, **si registrano picchi di richiesta di energia nei mesi più caldi** (luglio e agosto); si può dunque asserire che la differenza di consumo è dovuta alla necessità di una maggiore potenza impegnata per la climatizzazione estiva a causa degli apporti termici interni dovuti all'utenza ed alle apparecchiature elettriche utilizzate.

Coerentemente con l'attività svolta, **la maggior parte dei consumi elettrici (46% circa), risulta concentrata nella fascia di consumo F1**, ovvero da lunedì a venerdì dalle ore 8:00 alle ore 19:00.



Per la caratterizzazione delle utenze non soggette a misura si è utilizzato un approccio bottom-up che ha permesso di stimare il fabbisogno di energia sulla base di un censimento delle caratteristiche tecniche e ricostruendo i profili di utilizzo mediante gli orari di accensione degli impianti e di occupazione forniti.

Nella tabella seguente è riportato il **consumo di energia elettrica delle principali aree funzionali** e la relativa percentuale di incidenza sul consumo totale.

Area funzionale	Somma di potenza gruppo macchine [kW]	Somma di consumo totale [kWh]	Somma di consumo totale [tep]	Incidenza sul totale
Climatizzazione estiva	722,42	710.525,37	132,87	35%
Climatizzazione invernale	759,04	620.870,90	116,10	31%
Illuminazione	141,39	404.045,12	75,56	20%
Cucina	128,80	94.524,12	17,68	5%
Uffici	266,00	87.825,68	16,42	4%
Produzione ACS	67,50	46.260,00	8,65	2%
Pompe impianti climatizzazione	31,78	43.826,88	8,20	2%
Pompe impianto idrico	9	11.746,68	2,20	0,6
Collegamenti Verticali	34,86	5.140,05	0,96	0,3
Ventilazione	2,05	5.376,89	1,01	0,3
Totale complessivo	2.162,84	2.030.141,70	379,64	100%

Tabella 7 – Consumi elettrici delle principali aree funzionali

Dai dati sopra riportati, si conferma l'ipotesi che i principali consumi elettrici siano quelli legati alle utenze elettriche della climatizzazione.

Fabbisogno elettrico per aree funzionali

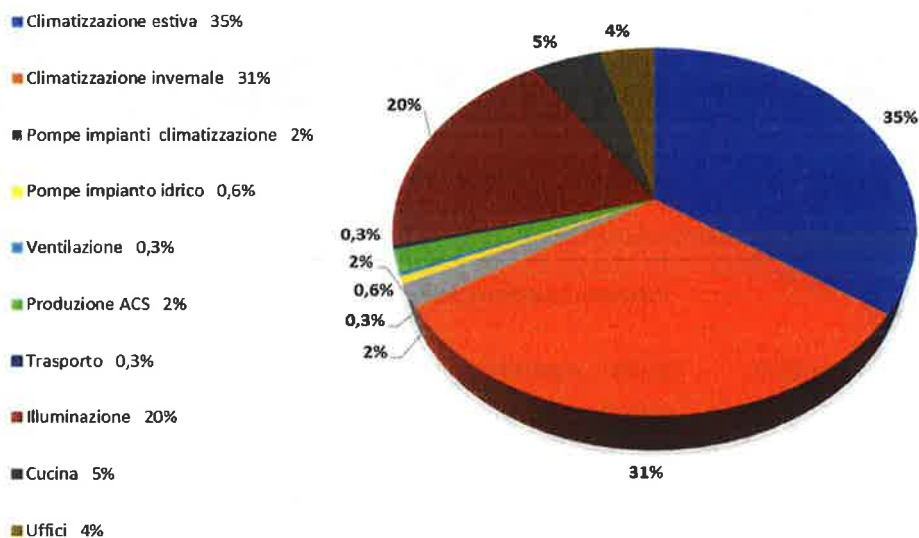


Figura 26 – Diagramma a torta consumi elettrici suddivisi per aree funzionali



4 INDIVIDUAZIONE INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

Dalle valutazioni svolte risulta evidente che la spesa energetica complessiva imputata alle sedi secondarie dell'ARS, sia minima rispetto a quella registrata nella sede centrale; pertanto gli interventi di efficientamento energetico illustrati nel seguente capitolo si propongono come obiettivo la riduzione dei consumi imputati alla sede centrale, sita presso Palazzo dei Normanni.

In seguito ai sopralluoghi compiuti ed all'analisi energetica effettuata sono state riscontrate le maggiori criticità di seguito riassunte e sono state individuate alcune possibili soluzioni:

Elemento critico	Evidenza riscontrata	Possibile soluzione
Solai di copertura dell'edificio	Bassi livelli di comfort interno	Miglioramento dell'isolamento termico dell'involucro edilizio.
Componenti trasparenti (Infissi)	Elevata dispersione termica	Sostituzione e posa in opera (laddove possibile) e/o miglioramento delle componenti trasparenti verso soluzioni energeticamente più performanti.
Impianto di produzione ACS	Elevato numero di boiler elettrici	Installazione di impianto solare termico.
Produzione di energia elettrica da FER	Non sono presenti sistemi di produzione di energia elettrica da FER	Installazione impianti fotovoltaici per autoconsumo integrati ad alto valore tecnologico a copertura delle strutture "serre" presenti nel Giardino Reale.
UTA	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemi poco efficienti e vetusti - Bassi livelli di comfort interno - Elevato consumo energetico 	Sostituzione con UTA più efficienti
Impianti di climatizzazione autonomi		Centralizzazione degli split singoli.
Impianto di illuminazione	18% (illuminazione interna) e 40% (illuminazione esterna) di lampade vetuste e con elevato consumo energetico	Installazione di lampade a tecnologia LED
Building Management System	Parziale sfruttamento del sistema	Implementazione del sistema di gestione esistente con l'obiettivo di ottenere un maggiore controllo del funzionamento degli impianti in relazione ai profili di utilizzo.

Tabella 13 – Criticità rilevate e possibili interventi di efficientamento



La tipologia di interventi proposti e la loro localizzazione tengono conto sia della sensibilità paesaggistica, storico-monumentale ed artistica del sito, che della disposizione funzionale degli ambienti da servire.

Dall'analisi delle criticità riscontrate nello stato di fatto si sono, quindi, identificate quattro macrocategorie di intervento contenenti ciascuna delle azioni di miglioramento specifiche:

- **INVOLUCRO**

- ▼ Miglioramento dell'isolamento termico del sistema di copertura
- ▼ Sostituzione Infissi

- **ENERGIE RINNOVABILI**

- ▼ Fotovoltaico Giardino Reale
- ▼ Solare Termico per produzione di ACS

- **EFFICIENTAMENTO ENERGETICO IMPIANTI**

- ▼ Sostituzione UTA
- ▼ Centralizzazione impianti di climatizzazione autonoma
- ▼ Realamping LED

- **GESTIONE E MONITORAGGIO**

- ▼ Ripristino, Implementazione e Gestione del Building Management System (BMS)



4.1 INVOLUCRO

Il comportamento energetico di un edificio è legato principalmente al funzionamento dell'involucro edilizio che, da sempre, rappresenta un elemento dinamico capace di integrare aspetti di tipo termico, igrometrico, luminoso, aerobiologico ed igienico.

In particolar modo negli edifici storici, che hanno subito stratificazioni e manomissioni nel corso dei secoli, questa componente risulta molto sensibile alle variazioni termo-igrometriche dell'ambiente esterno.

L'efficientamento energetico di un edificio storico richiede uno studio approfondito della storia di tutte le sue componenti in termini materici, energetici ed artistici.

In linea generale, l'edificio antico sfrutta l'inerzia termica delle murature, è costruito con materiali che trattengono un'alta percentuale di umidità, è concepito per essere traspirante al vapore ed è conformato in modo da sfruttare la ventilazione naturale degli ambienti.

La conoscenza delle caratteristiche dell'immobile storico deve essere il punto di partenza per un corretto intervento di efficientamento energetico.

Si è sviluppata, quindi, una diagnosi che ha integrato le informazioni di carattere energetico con quelle di tipo storico, materico ed artistico, utilizzando le conoscenze in ambito di restauro conservativo, diagnosi energetica, valutazione prestazionale e analisi del comfort, al fine di restituire una visione complessiva dello stato di conservazione dell'immobile e di tutte le sue parti.

4.1.1 Miglioramento dell'isolamento termico del sistema di copertura

Dalle analisi svolte in fase di sopralluogo, mediante interviste all'utenza, sono emerse diverse criticità attribuibili alla scarsa coibenza della copertura dei locali posti all'ultimo piano del versante Nord.

Durante la stagione fredda, il calore emesso dai climatizzatori collocati ad un'altezza $> 3,5$ m dal pavimento, tende a salire verso l'alto disperdendosi attraverso la copertura.

Allo stesso modo, durante il periodo estivo, lo scambio termico per irraggiamento solare determina un forte aumento delle temperature degli spazi interni.

Questi fattori causano uno stato generale di disagio dell'utenza e condizionano il funzionamento dell'impianto di climatizzazione nel corso dell'anno, che viene utilizzato per un numero maggiore di ore rispetto a quanto avviene nei piani inferiori.

Nell'ottica di riduzione dei consumi per la climatizzazione sia invernale che estiva ed aumento del comfort ambientale all'interno dei locali, si propone il **miglioramento dell'isolamento termico del sistema di copertura.**



Figura 27 - Estradosso della copertura Uffici ultimo piano Nord

È noto, infatti, che le dispersioni termiche che avvengono attraverso la copertura possono incidere fino al 30-40% rispetto alle dispersioni globali.

La copertura deve contribuire, quindi, a mantenere condizioni di comfort termoigrometrico sia nel periodo invernale che estivo.

Mentre durante l'inverno è necessario contenere il flusso di calore uscente, nel periodo estivo bisogna ridurre il flusso termico in ingresso, così da limitare sia il contributo dell'impianto di riscaldamento, che il ricorso ad impianti di climatizzazione.

4.1.1.1 Specifiche Tecniche

La copertura oggetto di intervento è posta in corrispondenza degli uffici siti al 3° piano dell'edificio e ha un'estensione di circa 2.000 m².

Nel caso specifico, la climatizzazione degli ambienti avviene attraverso split a parete collocati ad un'altezza di circa 3,00 mt dal pavimento; tale condizione, fa sì che, durante il periodo invernale, l'aria calda emessa dagli split tenda a rimanere in alto ed a disperdere il suo calore attraverso il tetto, senza, così, riuscire a riscaldare l'ambiente interno.

Migliorando la coibenza della copertura, tale inconveniente verrebbe ad essere annullato, consentendo un'omogenea distribuzione del calore all'interno dei locali.

L'intervento consiste, quindi, nella realizzazione di un nuovo strato isolante all'intradosso della copertura a falde esistente, composta da capriate, travetti in ferro e tavelle in cotto.

Come visibile in foto, il locale sottotetto attualmente ospita le canalizzazioni degli impianti a servizio del piano.



Figura 28 – Intradosso della copertura Uffici ultimo piano Nord

Tale condizione permette la posa in opera dell'isolante direttamente sulla struttura della falda mediante l'utilizzo di rotoli di materiale coibente ($\lambda_D < 0,0 \text{ W/mK}$), costituiti da diversi strati isolanti, intervallati da fogli impermeabilizzanti, in grado di mantenere a lungo nel tempo le prestazioni termiche del pacchetto.

Affinché il materiale coibente conservi le sue caratteristiche, e soprattutto per evitare la formazione di condensa interstiziale e, quindi, di muffe, è necessario che esso sia sempre protetto verso l'interno da un'adeguata barriera al vapore.

Inoltre, al fine di garantire buone prestazioni anche nei mesi più caldi, si devono prediligere materiali coibenti con un'alta inerzia termica, ovvero con un'alta massa volumica e superficiale, in modo da rallentare l'ingresso del calore, agendo sullo sfasamento dell'onda termica.

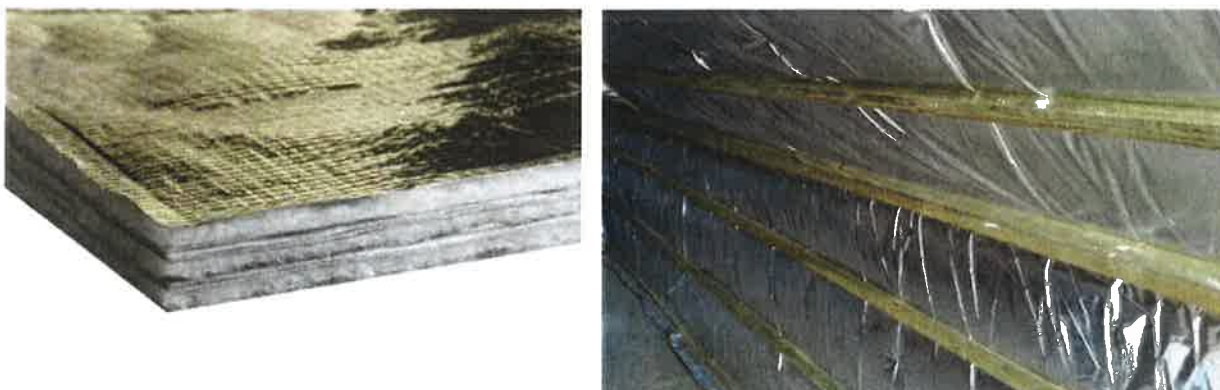


Figura 29 – Rotolo di materiale coibente – Esempio di applicazione all'intradosso

Oltre a garantire prestazioni termiche adeguate, il materiale isolante, dovrà assicurare una buona caratteristica di resistenza al fuoco.

I principali vantaggi offerti da questa soluzione sono la facilità di trasporto e la velocità di posa.

Il rotolo andrà, infatti, applicato in maniera uniforme direttamente sulle falde, o se necessario, su un controtelaio in listelli di legno, tramite graffatura, senza necessità di utilizzo di collanti, pericolosi per la salute degli operatori e deteriorabili nel tempo.

Preventivamente all'applicazione dello strato di coibenza si dovrà procedere alla chiusura dei lucernai in vetro (non rispondenti alle norme di sicurezza) attualmente presenti lungo una falda della copertura e molto pericolosi in quanto se dovessero rompersi potrebbero danneggiare in modo grave il controsoffitto (incannucciato storico) con evidente pericolo anche per l'incolumità degli utenti che fruiscono degli spazi sottostanti; gli stessi (lucernai in vetro) potranno lasciare spazio ai pannelli radianti a servizio dell'impianto solare termico; la lavorazione verrà effettuata dall'interno, applicando un doppio strato di tavole in cotto, intervallato da opportuno materiale isolante.

La ventilazione del sottotetto verrà garantita tramite l'inserimento di n. 10 unità di ventilazione meccanica controllata puntuale (recuperatori di calore), in grado di accumulare il calore ceduto dal flusso d'aria entrante o uscente dalla stanza e restituirlo nel momento in cui il flusso inverte il proprio verso.

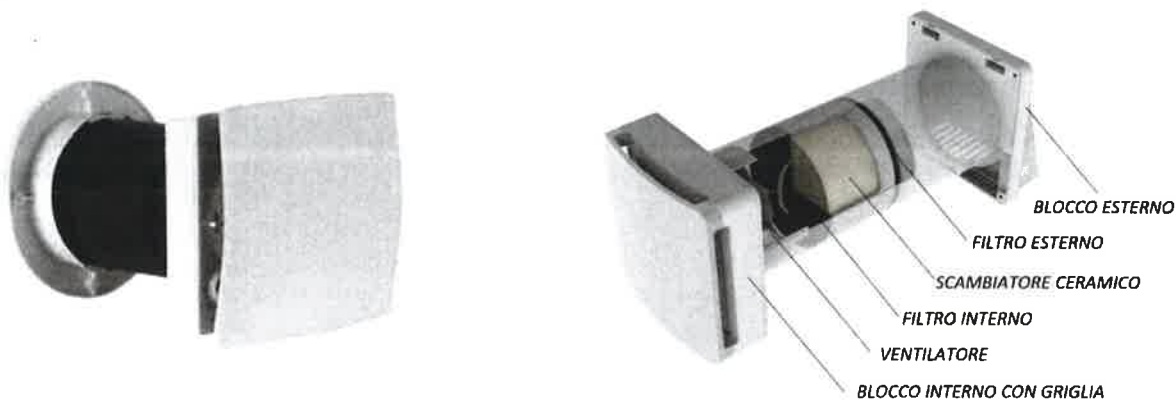


Figura 30 – Recuperatori di calore

In questo modo, l'aria di rinnovo, oltre ad essere preriscaldata o preraffrescata, viene anche efficacemente filtrata.



4.1.1.2 Vantaggi

- Diminuzione delle dispersioni termiche
- Diminuzione del fabbisogno energetico degli ambienti;
- Aumento del comfort termo-igrometrico degli spazi di lavoro;
- Velocità e semplicità di intervento.

4.1.1.3 Risparmio Energetico

A seguito degli interventi proposti le condizioni termo-igrometriche degli spazi interni godranno di un sensibile miglioramento; tale risultato assicurerà, inoltre, un corretto uso dei dispositivi di climatizzazione esistenti.

Considerando le suddette variabili, in via preliminare, si valuta un risparmio energetico di **51.354 kWh/anno**.



4.1.2 Sostituzione Infissi

Le superfici vetrate di un edificio rappresentano il punto cardine, di contatto e dialogo, sia in termini estetici che energetici, tra l'edificio ed il contesto.

In quest'ottica, le finestre esercitano due funzioni fondamentali: da un lato, devono garantire l'ingresso della luce solare, il comfort visivo e termoigrometrico degli ambienti interni, mentre, dall'altro, devono costituire una barriera termoacustica e garantire la resistenza agli agenti atmosferici.

Costituiscono, quindi, un elemento debole, caratterizzato da elevate dispersioni termiche nella stagione invernale ed accumuli solari in quella estiva.

Negli edifici storici è necessario agire su più fronti, garantendo il miglioramento delle prestazioni termofisiche di vetri, telai e distanziatori, il controllo della permeabilità all'aria dell'intero serramento e la schermatura della radiazione solare entrante, mantenendo al contempo quanto possibile inalterate le caratteristiche estetiche del serramento originale.



Figura 31 - Finestre in legno vetro singolo prospicienti il cortile della fontana

Nel caso specifico, oggetto del presente studio, si prevede la sostituzione di una buona parte degli infissi esistenti in legno vetro singolo, che presentano, quindi, basse performances dal punto di vista energetico.

In particolare, si valuta la **sostituzione di circa 200 mq di serramenti di legno con vetro singolo, con infissi in legno con vetro camera, $U < 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.**

4.1.2.1 Specifiche Tecniche

L'intervento consiste nell'installazione di nuovi serramenti con una trasmittanza del serramento pari a circa $U < 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$, valore minore del massimo ($U = 2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$) stabilito dal Conto Termico per l'accesso agli incentivi previsti per questo tipo di intervento in zona climatica B.

L'intervento verrà eseguito seguendo due specifiche modalità, a seconda della consistenza dei serramenti:

- controtelai in buone condizioni, assenza di muffe e/o parassiti del legno: sostituzione dei telai con adeguata tipologia a taglio termico con vetrocamera e restauro dei controtelai esistenti;
- controtelai ammalorati a causa di infiltrazioni e/o danneggiamenti intervenuti nel corso degli anni, presenza di muffe causate da ponti termici: sostituzione del controtelaio e del telaio, con serramenti ad alta efficienza energetica che siano esteticamente conformi alle tipologie originariamente presenti.

In entrambi i casi verrà garantita la compatibilità tipologica ed estetica con il contesto storico-artistico nel quale i manufatti si inseriscono; non sarà, inoltre necessario effettuare alcuna opera edilizia per la posa dei serramenti, in quanto questi ultimi verranno progettati sulle misure dei vani esistenti.

I serramenti saranno realizzati con profili di legno lamellare o massello; il telaio fisso sarà dotato di doppia guarnizione termo-acustica, mentre l'anta apribile sarà giuntata mediante tenoni e mortasa ovvero a mezzo di spine di legno.

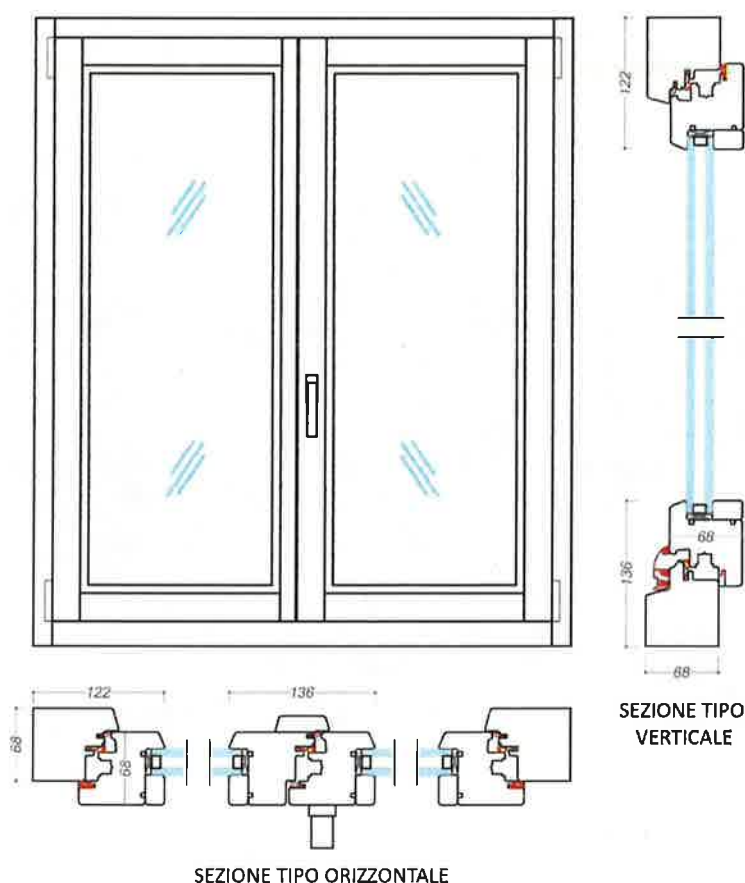


Figura 32 – Tipologia serramento in legno vetro camera

Le guarnizioni saranno realizzate in elastomero termoplastico (EPDM) resistente a campi di applicazione da -40 a +120°C, e all'invecchiamento provocato da agenti atmosferici, polveri sottili, raggi UV e ozono.

La ferramenta sarà, realizzata in acciaio con trattamento anticorrosione conforme al programma di certificazione QM 328 (EN 13126-8) al massimo livello previsto (Classe 5).

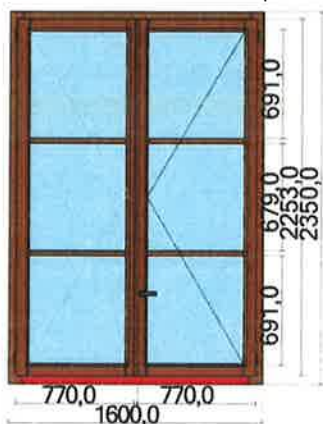
Il vetrocamera dovrà avere caratteristiche termiche conformi a quanto disposto dal DM 26.06.2015 e successive modifiche, prestazioni di sicurezza dell'utente nel rispetto delle indicazioni riportate dalla vigente norma UNI 7697 in materia di sicurezza delle applicazioni vetrarie; sarà

realizzato utilizzando canaline distanziali a taglio termico, unite alle lastre mediante doppia sigillatura perimetrale, prodotto in conformità della normativa EN 1279-5:2007 (Marcatura CE vetrate isolanti).

I vetrocamera saranno installati mediante siliconatura "strutturale" delle superfici di accoppiamento vetro/legno per garantire la tenuta alle infiltrazioni d'acqua.

Dal punto di vista delle prestazioni, al fine di ottenere un prodotto altamente performante a livello energetico, dovranno essere garantiti i seguenti parametri:

- permeabilità all'aria classe 4 (UNI EN 12207);
- resistenza al carico del vento classe C5 (UNI EN 12210);
- tenuta all'acqua classe E1200 (UNI EN 12208);
- prestazione termica fino a:
 - Uw 1,22 (con doppio vetro Ug 1,0, canalina termica $\Psi = 0.04$);
 - Uw 1,30 (con doppio vetro Ug 1,1, canalina termica $\Psi = 0.04$);
- prestazione acustica:
 - da 36 a 45 dB (in base della composizione della vetrata isolante).



Misure est telaio: **1600 x 2350**
 Misure luce: 1.442 x 2.192
 Modello: **M68LEGNO**
 Essenza: **Abete bianco FJ**
 Finitura: laccato opaco
 Bianco puro: bianco puro
 Apertura: **A1:RICEVENTE SX A2:NORMALE DX**
 Vetro: Eterna 4Cristall.0T /16 Arg /4 T warm edge



	Trasmittanza Termica 1,30	Trasmittanza Vetro Ug: 1,00	Isol. Ac. dB 38	Peso 97,685	Trasm. Luminosa UL 63	Fatt. Solare Sf: 0,4	Perm. Aria Classe: 4	Ten. Acqua Classe: E750	Res. Vento Classe: C5
--	------------------------------	--------------------------------	--------------------	----------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------	----------------------------	--------------------------

Figura 33 – Caratteristiche serramento tipo

4.1.2.2 Vantaggi

- Diminuzione delle dispersioni termiche
- Diminuzione del fabbisogno energetico degli ambienti;
- Aumento del comfort termo-igrometrico degli spazi di lavoro.

4.1.2.3 Risparmio Energetico

L'analisi viene eseguita considerando il valore della trasmittanza degli infissi in legno vetro singolo attualmente presenti nell'edificio e quello dei nuovi serramenti che li sostituirebbero ad intervento realizzato.

Considerando il valore della trasmittanza dei nuovi serramenti pari a $U=1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ e il valore della trasmittanza dei serramenti esistenti pari a $U=5,00 \text{ W/m}^2\text{K}$, si stima un risparmio in termini di energia termica pari a 4.033,47 kWh nel periodo estivo e 873,56 kWh nel periodo invernale.

Complessivamente l'installazione dei nuovi serramenti comporterebbe un **risparmio energetico annuo di 4.907,03 kWh.**

4.2 ENERGIE RINNOVABILI

L'utilizzo di fonti di energia rinnovabile (FER) costituisce una degli elementi di maggior impatto a livello di efficienza energetica del sistema edificio-impianto.

In presenza di edifici dalla forte valenza storica, come nel caso in studio, è necessario svolgere un'attenta analisi preliminare al fine di individuare le soluzioni a minor impatto visivo e che ben si integrino nel contesto, senza penalizzare la producibilità e, quindi, l'efficienza dell'impianto.

Il luogo oggetto di intervento si presta molto bene allo sfruttamento dell'energia solare, avendo numerose aree di copertura esposte a sud.

Gli impianti ipotizzabili riguardano, quindi, sia l'installazione di pannelli fotovoltaici per produzione di energia elettrica da autoconsumo, che l'utilizzo della tecnologia del solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS) a servizio dei locali igienici e di ristorazione del Palazzo.

Entrambe le tipologie di intervento proposte si servono delle tecnologie più avanzate nel settore dei FER, al fine di ottenere la massima compatibilità architettonica e paesaggistica con il contesto storico.

4.2.1 Fotovoltaico Giardino Reale

All'interno del Giardino Reale, prospiciente Piazza Indipendenza, sono presenti due strutture in acciaio e vetro adibite una a caffetteria e l'altra, un tempo a serra, ma attualmente in fase di ridefinizione per essere convertita in caffè letterario.

Entrambi i locali necessitano di alcuni interventi di manutenzione, dovuti ad infiltrazioni di acqua piovana provenienti dalle coperture in vetro.

I sistemi di copertura delle strutture si prestano, per forma ed orientamento, all'alloggiamento di moduli fotovoltaici in grado di fornire una quantità di energia compatibile con la curva di consumo attuale ed ipotizzabile dei due locali.

Considerata la necessità di utilizzare un sistema a ridotto impatto visivo, nonché data l'esigenza di intervenire sulle coperture per risolvere i problemi legati ad infiltrazioni, irraggiamento ed elevata trasmittanza dei vetri esistenti, si propone l'utilizzo di un sistema **fotovoltaico integrato in copertura del tipo vetro-vetro**.

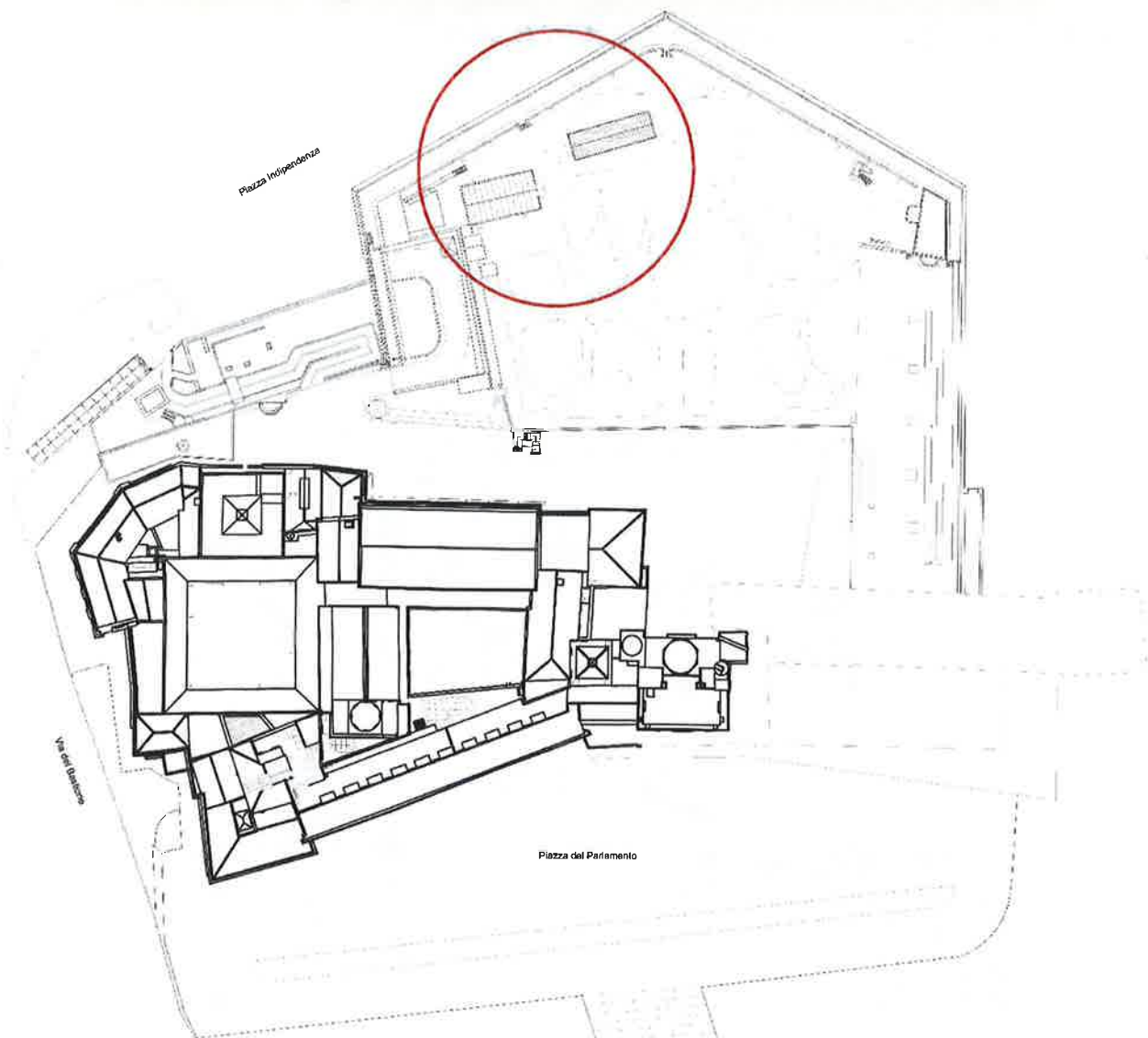


Figura 34 - Individuazione serra e caffetteria all'interno del Giardino Reale



Figura 35 - Vista esterna della serra



Figura 36 — Vista interna della serra



Figura 37 - Vista esterna caffetteria



Figura 38 - Vista interna caffetteria

La tecnologia del fotovoltaico vetro-vetro è stata scelta in quanto, essendo completamente integrata nelle strutture, non ne altererebbe in alcun modo l'aspetto, la volumetria e la qualità dell'illuminazione interna, offrendo altresì una percentuale di ombreggiamento di circa il 65% che migliorerebbe il comfort degli spazi interni, riducendo il carico termico e di conseguenza il consumo energetico imputabile all'impianto di climatizzazione.

L'odierna tecnologia ha sviluppato una vasta gamma di vetri fotovoltaici, appositamente progettata per l'installazione in edifici, in grado di offrire proprietà esclusive che ne consentono l'installazione per la produzione di elettricità anche negli edifici in cui l'orientamento e l'inclinazione non risultano ottimali.

Il prodotto è disponibile in diversi spessori, misure e gradi di trasparenza e produce elettricità in presenza di qualsiasi condizione meteorologica.

Aspetto di grande importanza, è quello legato al contesto paesaggistico, che non subisce alcuna alterazione.

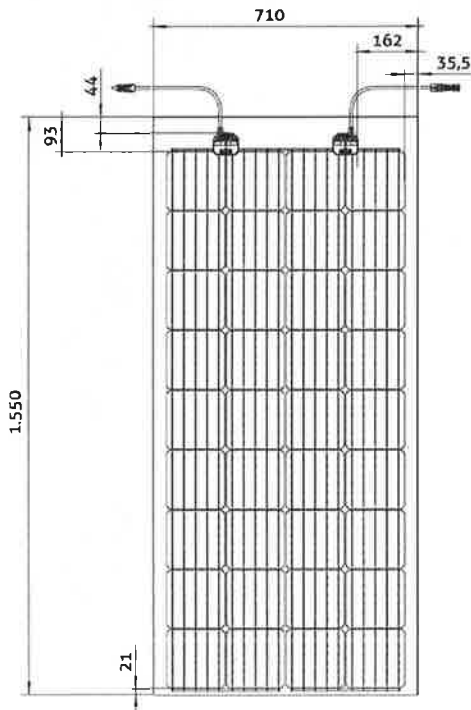
I moduli sono, infatti, privi di cornice, hanno un colore uniforme e, pertanto, risultano ideali per la realizzazione di interventi integrati in contesti ad elevata visibilità e con vincoli architettonici e paesaggistici.

Le dimensioni possono essere adattate alle esigenze e la stratigrafia può essere scelta a seconda del grado di coibenza richiesto dagli ambienti interni.

L'idea sarebbe quella di ottenere un livello di produzione da FER tali da consentire un utilizzo "GREEN" (certificato) del Giardino Reale attraverso l'autoconsumo dell'energia prodotta dal Fotovoltaico integrato nelle "serre" per i dispositivi tecnologici attualmente installati come il sistema di irrigazione, illuminazione e filodiffusione.

4.2.1.1 Specifiche Tecniche

In dettaglio si è ipotizzata l'installazione di pannelli fotovoltaici vetro-vetro laminato con dimensioni 710x1550 mm e spessore di 13 mm contenenti 36 celle in silicio monocristallino ad alta efficienza.



Tecnologia del modulo	Vetro-Vetro Laminato
Copertura	Vetro float solare indurito termicamente ad alta trasparenza con finitura antiriflesso, 4 mm
Incapsulazione Materiale del retro	EVA-celle solari-EVA, trasparente Vetro float solare indurito termicamente, 4 mm
Area trasparente	20 %
Celle solari	36 Celle in silicio monocristallino ad alta efficienza
Dimensioni delle celle	157 x 157 mm
L x P x A	1550 ^{±2} x 710 ^{±2} x 9 ^{±1} (senza scatola di derivazione) mm
Altezza della scatola di derivazione	22 mm
Tecnica di collegamento	Cavi 2 x 0,45 m/4 mm ² , Hirschmann HC4-connettori
Diodi di bypass	2
Peso	ca. 25 kg
Tensione di sistema max.	1.000 V
Classe di protezione	IP67
Classe di isolamento	II (norma IEC 61140)
Classe di reazione al fuoco	C (norma IEC 61730), E (norma EN 13501), 1 (norma UNI 9177)
Carichi verificati secondo le norme IEC 61215	Carico da risucchio fino a 2.400 Pa (testato con carico di 3.600 Pa) Sovraccarico fino a 5.400 Pa (testato con carico di 8.100 Pa)
Certificazioni	IEC 61215 IEC 61730 IEC 61701 IEC 62804 Approvazione costruzione generale (AbZ)

Figura 39 – Caratteristiche tecniche pannello fotovoltaico vetro-vetro

Le superfici disponibili per realizzare l'intervento proposto sono costituite dalle falde di copertura della Serra, aventi una superficie complessiva pari a 111,3 mq, e dalle falde di copertura della Caffetteria, aventi una superficie complessiva pari a 131,6 mq.

L'Azimut relativo alla Serra è di 60° per la falda esposta a Sud-Ovest e pari -90° per la falda esposta a Nord-Est.

L'Azimut relativo alla Caffetteria è di 50° per la falda esposta a Sud-Ovest e pari a -90° per la falda esposta a Nord-Est.

In entrambe le strutture è stata considerata un'inclinazione delle falde di copertura di circa 10°.

Dalle superfici disponibili si desume che a copertura della Serra è possibile installare n.100 moduli da 170 Wp per una potenza totale P_{tot}:17,00 kW, mentre a copertura della Caffetteria potranno essere alloggiati n.84 moduli da 170 Wp per una potenza totale P_{tot}: 14,28 kW.

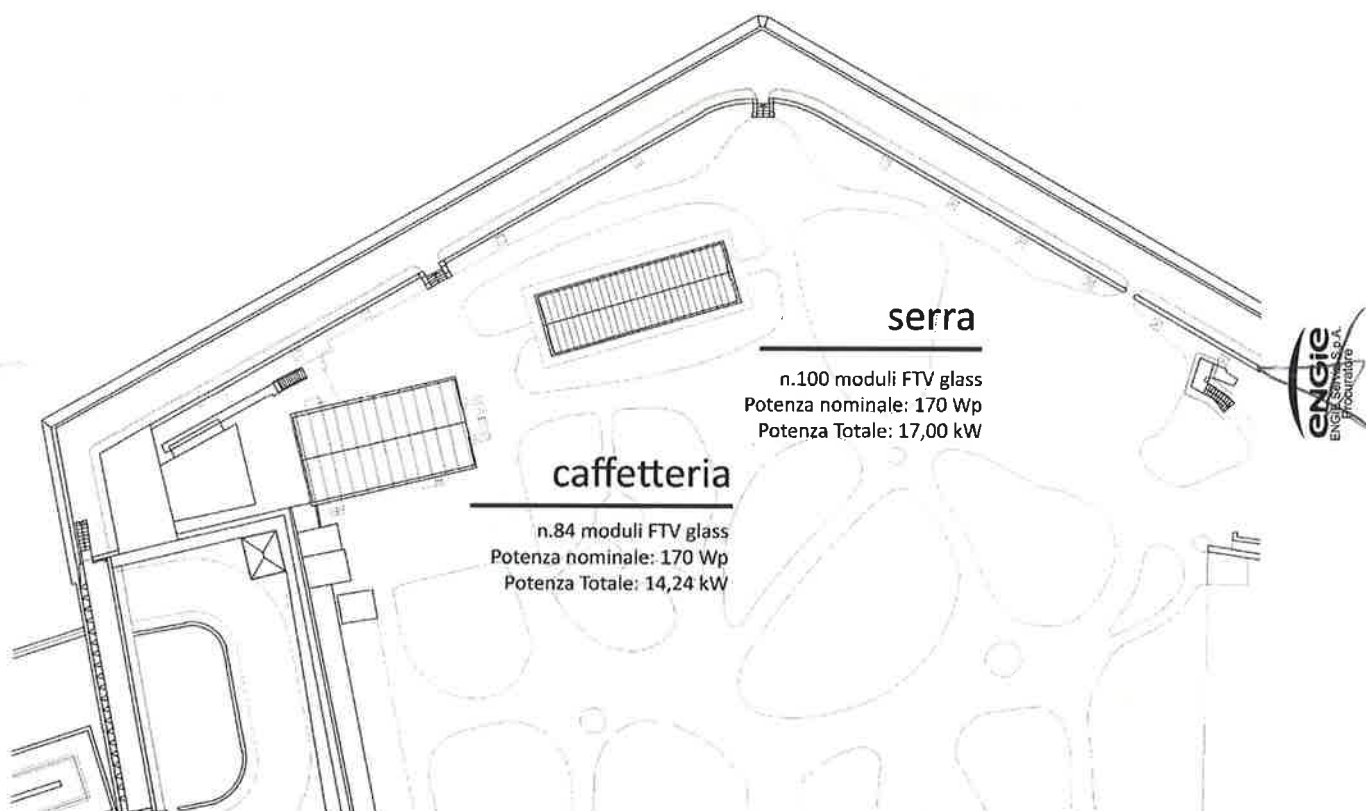


Figura 40 – Planimetria con collocazione degli impianti fotovoltaici vetro-vetro

La tecnologia proposta si avvale di diversi sistemi in grado di ottimizzare la producibilità e la manutenzione nel tempo dell'intero impianto:

- l'inserimento di un ottimizzatore di potenza ogni due moduli permette di limitare le perdite dovute a disaccoppiamento e di massimizzare così la produzione di energia per ogni singolo modulo;
- il sistema di collegamento dei pannelli fa sì che, in caso di parziale efficienza di alcuni dovuta a zone d'ombra o mal funzionamenti, non venga influenzata la producibilità di tutta la stringa;
- l'impianto sarà dotato di un sistema di monitoraggio che permetterà di avere completa visibilità delle prestazioni dell'impianto a livello globale e di singolo modulo, di poter individuare eventuali inefficienze e di intervenire in remoto;
- la tipologia di vetro float solare indurito termicamente ad alta trasparenza permette massima garanzia a livello di protezione dagli agenti atmosferici e dalle sollecitazioni meccaniche, oltre che avere una resa estetica di pregio, altamente compatibile con il contesto di riferimento.

I pannelli fotovoltaici andranno a costituire parte integrante delle coperture in vetro esistenti (che verranno adeguate) aumentandone le prestazioni termoigrometriche e di ombreggiamento, consentendo una maggiore vivibilità degli spazi interni, unita ad una efficiente produzione di energia elettrica proveniente da fonte solare.

4.2.1.2 Vantaggi

- Ottime performances in termini di produzione energetica;
- Ottime caratteristiche di isolamento termico ed ombreggiamento;
- Eccellente inserimento paesaggistico ed architettonico;
- Diminuzione del fabbisogno energetico degli ambienti;
- Aumento del comfort termo-igrometrico degli spazi interni.

4.2.1.3 Risparmio Energetico

Ipotizzando delle perdite del sistema pari al 14%, si stima una producibilità annua dell'impianto installato a **copertura della Serra** pari a **24.800 kWh**.

La falda con esposizione Sud-Est avrà una produzione energetica mensile indicata nell'immagine sottostante.

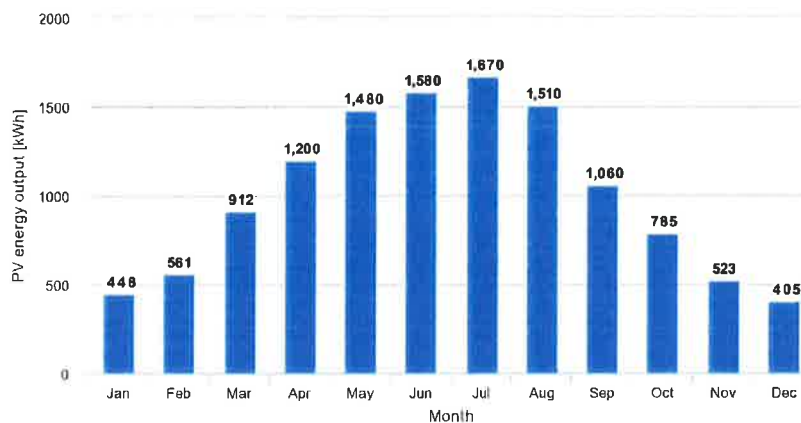


Figura 41 – Istogramma producibilità fotovoltaica mensile (falda sud-est della Serra)

La falda con esposizione Nord-Ovest avrà una produzione energetica mensile indicata nell'immagine sottostante.

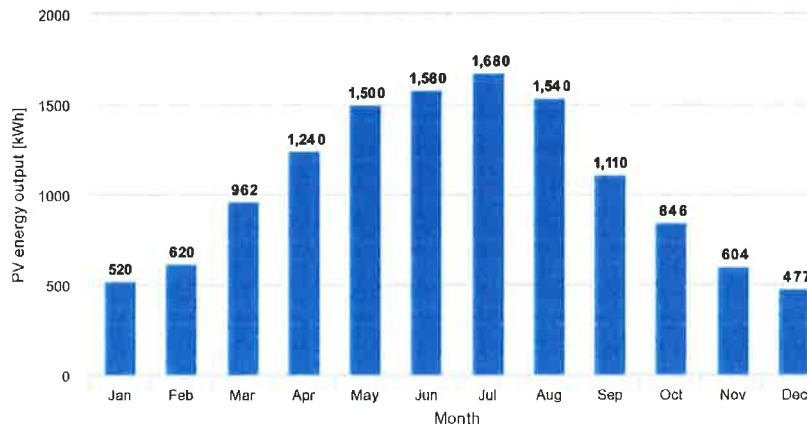


Figura 42 - Istogramma producibilità fotovoltaica mensile (falda nord-ovest della Serra)

Ipotizzando delle perdite del sistema pari al 14%, si stima una producibilità annua dell'impianto installato a **copertura della Caffetteria** pari a **20.900 kWh**.

La falda con esposizione Sud-Est avrà una produzione energetica mensile indicata nell'immagine sottostante.

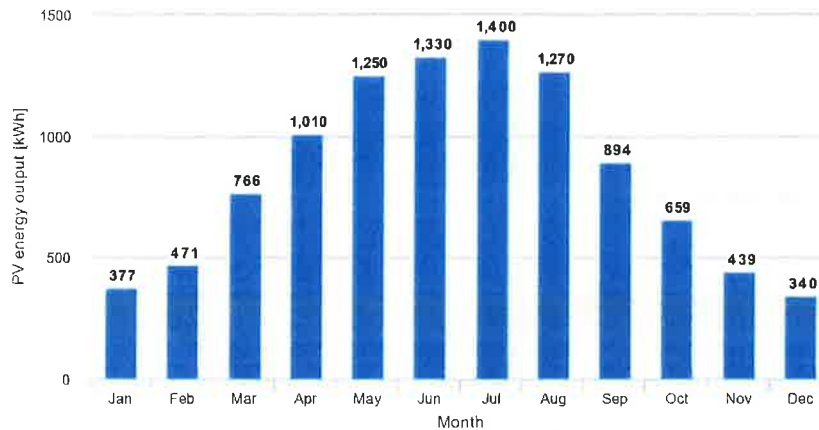


Figura 43 - Istogramma producibilità fotovoltaica mensile (falda sud-est della Caffetteria)

La falda con esposizione Nord-Ovest avrà una produzione energetica mensile indicata nell'immagine sottostante.

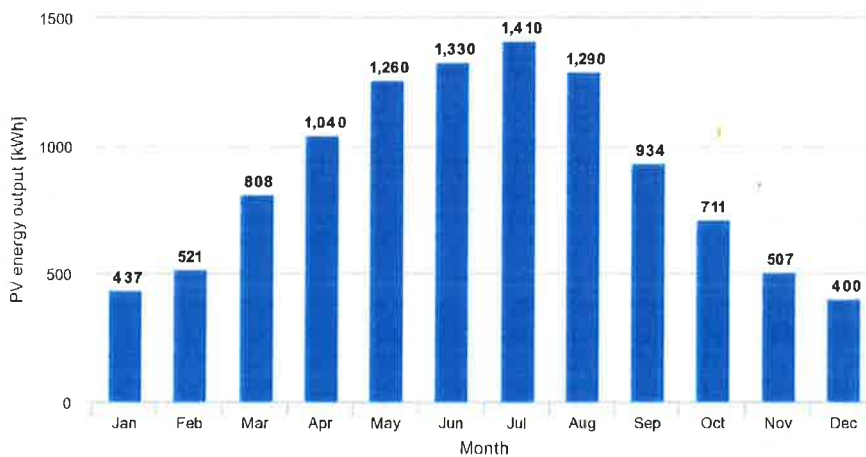


Figura 44 - Istogramma producibilità fotovoltaica mensile (falda nord-ovest della Caffetteria)

La producibilità annua complessiva degli impianti installati sulle coperture di entrambe le strutture ammonta a circa **45.700 kWh**.



4.2.2 Solare Termico per produzione ACS

In generale, un impianto solare termico utilizza la radiazione solare diretta per produrre acqua calda sanitaria (ACS).

I pannelli (o collettori), presentano al loro interno il fluido vettore, che, una volta scaldato, cede all'interno del boiler il calore acquisito, ottenendo così acqua calda sanitaria.

Se con l'impianto solare, l'acqua non raggiunge la temperatura richiesta, la quantità di energia rimanente viene fornita dalla pompa di calore collegata al boiler termico.

Al fine di rendere l'edificio energeticamente più efficiente, riducendo così l'impatto ambientale e migliorando la sua sostenibilità, si propone l'installazione di un impianto solare termico di tipo "closed loop" a circolazione forzata integrato con pompa di calore aerotermica.

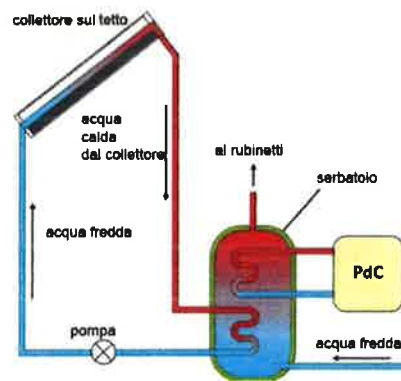
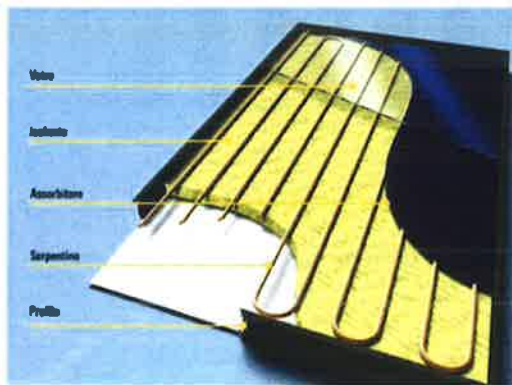


Figura 45 – Componenti collettore solare e schema impianto solare termico

Allo stato di fatto, la produzione di acqua calda sanitaria (ACS) all'interno dell'edificio avviene tramite l'utilizzo di n.45 boiler elettrici da 1,5 kW e capacità 30l, il cui **consumo annuo** stimato* ammonta a **46.260 kWh**.

L'analisi del consumo energetico annuo dei boiler elettrici attualmente in funzione è stata svolta considerando un tempo di accensione dei boiler pari a:

- 2h/gg per n.37 servizi ad uso ufficio per una richiesta di ACS di 30gg/mese per 10 mesi/anno (esclusi i mesi di luglio ed agosto) = 600 h/anno cadauno;
- 3h/gg per n.8 servizi ad uso turistico e di ristorazione per una richiesta di ACS di 30gg/mese per 12 mesi/anno = 1.080 h/anno cadauno.

Dal calcolo suddetto risultano i seguenti valori di consumo elettrico annuo:

- $1,5\text{Kw} * 37 \text{ boiler} * 600 \text{ h/anno} = 33.300 \text{ kWh/anno}$
- $1,5\text{Kw} * 8 \text{ boiler} * 1.080 \text{ h/anno} = 12.960 \text{ kWh/anno}$

Per un totale di 46.260 kWh/anno.

Al fine di valutare la soluzione più adeguata alle esigenze dell'utenza, il dimensionamento dell'impianto solare termico è stato effettuato sulla base del fabbisogno effettivo di acqua calda sanitaria stimato per la struttura in oggetto.

La stima del fabbisogno è stata svolta considerando un tempo di accensione degli attuali boiler elettrici pari a 2h/gg per i servizi di pertinenza degli uffici (zone SUD-EST, OVEST e NORD) e pari a 3h/gg per i servizi adibiti ad uso turistico e per i servizi di ristorazione (zona SUD-OVEST).

Stimato in questo modo il fabbisogno di ACS (Vw) in litri/giorno per ogni zona, è stato possibile ricavare il corrispondente **fabbisogno di energia termica Qw** tramite la formula (UNI/TS 11300-2):

$$Q_w = \rho_w \times c_w \times \sum V_{w,i} \times (\vartheta_{er,i} - \vartheta_o) \times G \quad [\text{kWh}]$$

Con

ρ_w - massa volumica dell'acqua pari a 1000 kg/m³

c_w - calore specifico dell'acqua pari a 1,162 * 10⁻³

Vw - fabbisogno d'acqua giornaliero

ϑ_{er} - temperatura di erogazione pari a 40°C

ϑ_o - temperatura di ritorno dell'acqua fredda 15°C

G - numero di giorni del periodo considerato

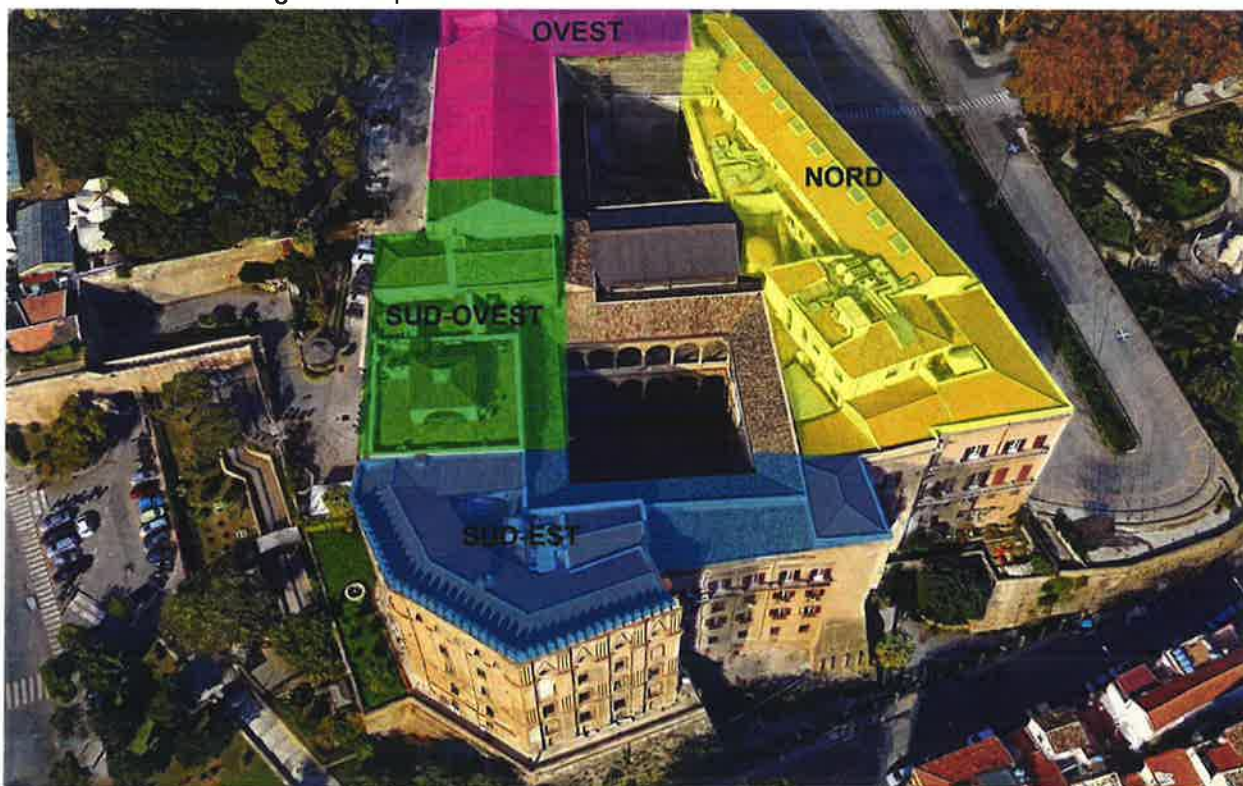


Figura 46 - Individuazione Zone di Servizio

I risultati ottenuti riassunti nella tabella a seguire, stimano un **fabbisogno complessivo annuo di energia termica per produzione di ACS** pari a **26.877 kWh**.

Zona	n.boiler	Tempo di funzionamento (h/gg)	Capacità (l/h)	Fabbisogno ACS (l/gg)	Fabbisogno En.Termica kWh/gg	Fabbisogno En.Termica kWh/anno
SUD EST	11	2	30	660,00	19,17	5.751,90
NORD	21	2	30	1.260,00	36,60	10.980,90
SUD OVEST	8	3	30	720,00	20,92	7.529,76
OVEST	5	2	30	300,00	8,72	2.614,50

Tabella 14 - Calcolo del fabbisogno di ACS suddiviso per zone

Durante la fase di valutazione degli interventi sono state individuate diverse zone di installazione (illustrate nella figura a seguire con le lettere A,B,C,D) in corrispondenza di lucernari a copertura di cortili interni o vani tecnici con esposizione sud che, quindi, ben si prestano all'installazione di pannelli solari, garantendo una buona producibilità ed un'ottima integrazione con la struttura esistente.



Figura 47 - Aree di installazione degli impianti solari termici

Pur tuttavia, si ritiene che il miglior intervento in termini di producibilità dell'impianto, possa essere quello indicato con la lettera D, illustrato di seguito.

4.2.2.1 Specifiche Tecniche

La copertura a falda dell'ala Nord dell'edificio presenta n.10 lucernari che, in seguito all'intervento di coibentazione del sottotetto, verranno chiusi dall'interno per raggiungere le prestazioni di isolamento richieste (vedasi cap. 4.1.1 *Miglioramento dell'isolamento termico del sistema di copertura*).

Si è, pertanto, ipotizzata la collocazione dei collettori solari in sovrapposizione alla struttura dei lucernari esistenti dei quali si prevede la chiusura, in modo da mantenere intatta l'attuale configurazione della superficie di copertura.

I suddetti lucernari risultano avere un'ottima esposizione verso sud (Azimut=0°) ed una inclinazione di 30°.

La radiazione solare media giornaliera per mq di superficie dei collettori, considerando un'inclinazione di 30° e Azimut di 0°, è riportata nella seguente tabella, distinta per i vari mesi dell'anno:

Mese	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
RAD [kWh/m²]	3,52	4,1	5,27	6,42	6,97	7,41	7,76	7,58	6,16	5,03	4,06	3,37

Tabella 15 - Radiazione solare media giornaliera su copertura (D)

La superficie a disposizione è pari a circa 48 mq (4,8 mq/lucernario); considerata, pertanto, un'area dei collettori di 34,56 m², equivalente a 18 collettori di superficie netta di 1,92 m², l'energia disponibile annua sarà pari a 41.516,78 kWh.

Lavorando con un impianto con un'efficienza media di 0,67, **l'energia termica fornita per la produzione di ACS ammonterebbe a 27.816,24 kWh/anno, pari al 100% del fabbisogno di energia termica annuo necessario per la produzione di ACS dell'intera struttura stimato in 26.877 kWh.**

Oltre l'installazione dei collettori, l'intervento prevede il completamento dell'impianto di produzione di ACS con n.2 boiler termici da 1000 lt, collocati in aree non visibili dall'esterno, in modo da minimizzare l'impatto visivo delle opere e n.1 pompa di calore aerotermiche da collegare agli stessi boiler per coprire la percentuale di fabbisogno di acqua calda sanitaria non coperta dal solare termico.



4.2.2.2 Vantaggi

- Copertura del 100% del fabbisogno di ACS dell'intero edificio;
- Ridotto impatto visivo favorito dal posizionamento strategico dei collettori e dalla mancanza di boiler a bordo;
- Semplicità di realizzazione.

4.2.2.2.1 Risparmio Energetico

A seguito dell'analisi energetica, l'installazione degli impianto solare termico in corrispondenza dell'ala Nord dell'edificio, comporterebbe un risparmio energetico annuo complessivo pari al consumo stimato dei boiler elettrici attualmente esistenti, sottratto il consumo elettrico della pompa di calore necessaria al soddisfacimento del fabbisogno non coperto dall'impianto solare termico.

Il consumo elettrico annuo della pompa di calore a servizio dell'impianto è stato calcolato confrontando il fabbisogno di energia termica mensile richiesto per la produzione di ACS e la producibilità mensile dei collettori in progetto.

Durante le ore in cui il fabbisogno supera la producibilità dei collettori solari si ipotizza l'entrata in funzione della pompa di calore (P: 69 kW) che avrà un corrispondente consumo elettrico di 1.630,44 kWh/anno (COP= 3,16).

Mesi	A Energia Termica Collettori (kWh/mese)	B. Fabbisogno En.Termica (kWh/mese)	B-A (kWh/mese)	Consumo elettrico Pdc (kWh/mese)
G	1.468,81	2.562,21	- 1.093,40	346,01
F	1.713,62	2.562,21	- 848,59	268,54
M	2.018,28	2.562,21	- 543,93	172,13
A	2.634,44	2.562,21	72,23	
M	2.813,82	2.562,21	251,61	
G	3.144,44	2.562,21	582,23	
L	3.275,29	627,48	2.647,81	
A	3.203,53	627,48	2.576,05	
S	2.523,64	2.562,21	- 38,57	12,20
O	1.922,35	2.562,21	- 639,86	202,49
N	1.692,51	2.562,21	- 869,70	275,22
D	1.405,50	2.562,21	- 1.156,71	366,05
Tot. (kWh/anno)	27.816,24	26.877,06		1.642,64

Tabella 16 - Calcolo del consumo annuo della pompa di calore

Sulla base delle ipotesi effettuate e dei risultati ottenuti possiamo affermare che il **risparmio energetico** conseguente alla realizzazione del suddetto intervento sarà pari a:
 46.260 kWh (consumo annuo boiler elettrici) - 1.642,64 kWh (consumo annuo pompa di calore a servizio dell'impianto solare termico) = **44.617,36 kWh/anno.**

4.3 EFFICIENTAMENTO ENERGETICO IMPIANTI

L'edificio oggetto di studio presenta elevati consumi di energia elettrica dovuti alle particolari funzioni ivi svolte; esso, infatti, oltre ad essere sede dell'Assemblea Regionale Siciliana è anche uno dei siti di interesse turistico della Città con maggiore affluenza.

Quanto detto comporta un utilizzo degli impianti di climatizzazione ed illuminazione elevato e costante anche al di fuori delle ore lavorative.

L'efficientamento energetico degli impianti di climatizzazione ed illuminazione esistenti, pertanto rappresenta una azione di forte impatto a livello di riduzione dei consumi.

Gli interventi proposti consistono nella verifica, implementazione, manutenzione ed eventuale sostituzione delle componenti degli impianti esistenti, a seconda delle esigenze di comfort e di portata richiesta dagli ambienti da servire.

4.3.1 Sostituzione UTA

Gli impianti di climatizzazione a servizio dei locali denominati Sala Rossa, Sala Gialla, Sala Stampa, Sala Verde sono alimentati da quattro UTA (installate circa venti anni fa): le prime tre sono collocate su un terrazzo di copertura sito al terzo piano adiacente gli uffici amministrativi, mentre l'ultima è posta sulla copertura presente in corrispondenza degli uffici del Segretario Generale.

Nell'immagine sottostante si mostra la collocazione delle unità ad oggi utilizzate.

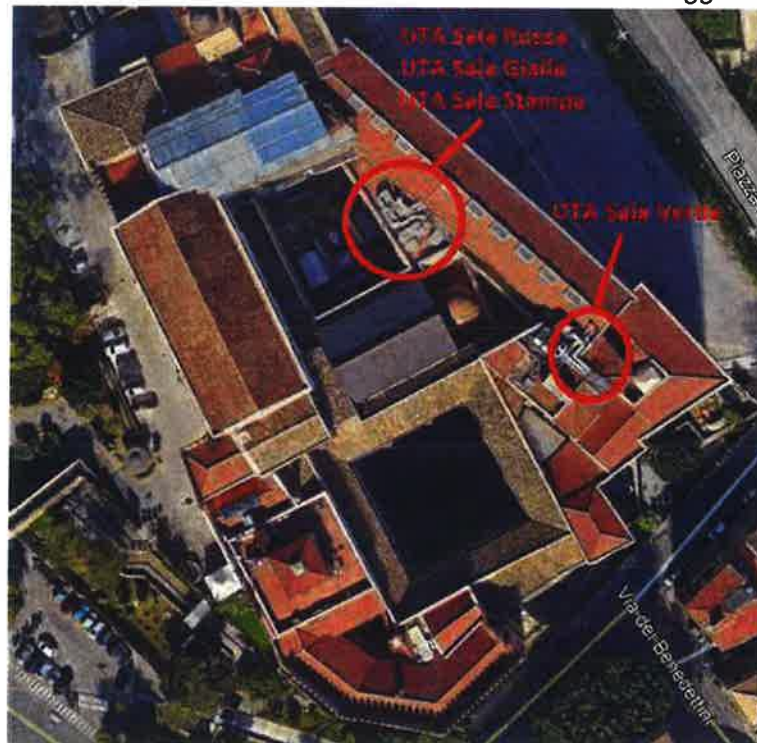


Figura 48 - Collocazione delle UTA sulla copertura dell'edificio

Alla luce delle analisi condotte e dei dati raccolti, si ritiene opportuno considerare un intervento di efficientamento che comporti la **rimozione delle unità trattamento aria attualmente presenti sulla copertura dell'edificio e la loro sostituzione con nuove unità conformi al regolamento ErP 2018.**



Figura 49 - UTA Sala Gialla, Sala Rossa, Sala Stampa

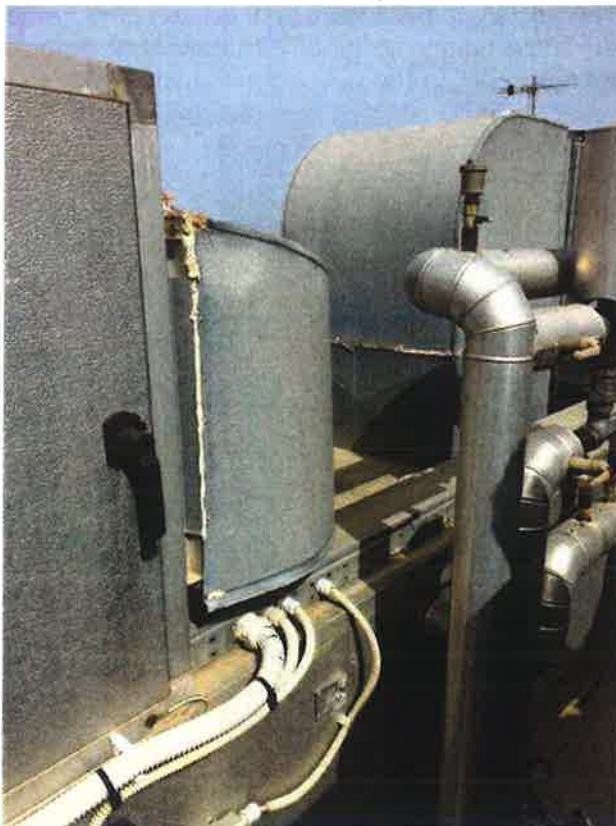


Figura 50 - UTA Sala Verde

Si tratta di impianti a tutt'aria che distribuiscono negli ambienti la sola aria trattata nelle UTA mediante le batterie di scambio termico.

L'aria, soggetta a vari passaggi attraverso tali batterie per raggiungere i desiderati valori di temperatura e umidità, viene inviata mediante canalizzazioni e appositi terminali di diffusione ai locali da servire.

Le caratteristiche tecniche e le ore di funzionamento stimate delle UTA attualmente presenti sono riportate nella seguente tabella:

Unità trattamento aria installate								
Marca	Area servita	N° Matricola	Portata aria mandata mc/h	Portata aria ricircolo mc/h	Potenza ventilatore di mandata kW	Potenza ventilatore di ricircolo kW	Potenze batterie termiche kW	Orari di funzionamento ore/anno
Samp	Sala Stampa	5000006281	2.000	2.000	1,1	0,37	31,6	1.440
Samp	Sala Rossa	5000006279	5.300	5.300	2,2	0,75	93,3	1.440
Samp	Sala Gialla	5000006278	8.500	8.500	4	1,5	155,7	1.440
Samp	Sala Verde	5000006280	4.000	4.000	2,2	0,55	58,4	3.386

Tabella 17 - Caratteristiche tecniche UTA attualmente installate

4.3.1.1 Specifiche Tecniche

Le nuove unità di trattamento aria previste garantiscono la massima flessibilità applicativa e modularità: esse saranno collocate nella medesima posizione di quelle dismesse, in modo da facilitarne il collegamento alle canalizzazioni e alle linee di alimentazione idrauliche ed elettriche esistenti ed in modo da non alterare il prospetto dell'edificio.

A tal fine, l'altezza delle nuove unità non dovrà superare i 2,50 mt in modo da pregiudicarne la visibilità da qualsiasi punto panoramico del Palazzo.

GRANDEZZA UNITA': AQX12 PORTATA ARIA m³/h 5300 / 5300
 UTA 5800 M3/H SALA ROSSA

SCHEDA TECNICA

N. unità: 1

Altitudine: 0 mslm

Range di temperatura della UTA: -40/+70 °C

Model box: RW50

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

Profilo	50 mm	Profondità	2440 mm
Pannello	50 mm	Lunghezza	6180 mm
Isolamento	lana minerale	Altezza	1070 + 120 mm
Interno	in peralluman sp 10/10 mm	Altezza mandata	1070 mm
Esterno	in peralluman sp 8/10 mm	Altezza ripresa	1070 mm
Mat. carpenteria	Acciaio Inox 304	Peso totale	1084 kg
Telaio	Alluminio	Temperatura di progetto este	32.0 C°
Tetto	Peralluman	Velocità aria interno macchina	1.36 / 1.36 m/s

Basamento 120 mm

Dimensioni, pesi e suddivisioni della CTA sono indicativi e saranno ottimizzati in fase esecutiva

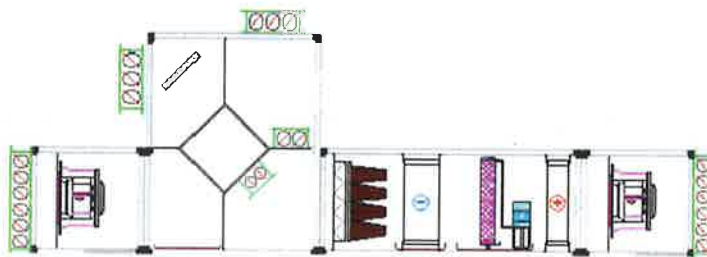


Figura 51 - Nuova Unità Trattamento Aria- Sala Rossa

Le UTA saranno, inoltre, dotate di un recuperatore rotativo entalpico che **consentirà di recuperare circa l'80% dell'energia** necessaria per riscaldare o raffreddare l'aria esterna con notevole aumento della resa globale dell'unità.

In questo modo si ridurranno i consumi di energia termo-frigorifera delle batterie di scambio termico e, di conseguenza, i gruppi frigoriferi deputati alla produzione dell'acqua refrigerata e riscaldata avranno un consumo elettrico di gran lunga inferiore rispetto a quello odierno.

I ventilatori di mandata e di ripresa con cui saranno equipaggiate le nuove UTA, sono azionati da motori asincroni di classe IE4 dotati di inverter che consentono di regolare la portata d'aria in funzione dell'effettivo fabbisogno con un conseguente risparmio annuo di energia elettrica che si può assumere in via cautelativa pari al 25%.

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche tecniche delle nuove UTA.

Nuove unità trattamento aria									
Marca	Area servita	Modello	Portata aria mandata mc/h	Portata aria ricircolo mc/h	Potenza ventilat ore mandat a kW	Potenza ventilatore ricircolo kW	Potenze batterie raffreddamento kW	Potenze batterie riscaldamento kW	Orari di funzionamento ore/anno
Clivet	Sala Stampa	AQX4	2.000	2.000	1,92	0,75	23,12	2,57	1.440
Clivet	Sala Rossa	AQX12	5.300	5.300	2,89	1,92	55,16	16,31	1.440
Clivet	Sala Gialla	AQX15	8.500	8.500	5,05	2,89	80,83	26,17	1.440
Clivet	Sala Verde	AQX10	4.000	4.000	1,92	1,4	46,17	12,31	3.386

Tabella 18 – Caratteristiche tecniche nuove UTA



4.3.1.2 Vantaggi

- Massima flessibilità applicativa e modularità;
- Recupero dell'energia termica immessa nel sistema;
- Regolazione della portata d'aria in funzione all'effettivo fabbisogno degli ambienti interni;
- Aumento del comfort termo-igrometrico degli spazi di lavoro;
- Nessuna alterazione dell'impatto visivo delle opere.

4.3.1.3 Risparmio Energetico

Il **risparmio di energia elettrica** conseguibile nel corso dell'anno a fronte del suddetto intervento si attesta **intorno al 25%**, rispetto ai consumi registrati nel 2018, pari a **68.794,69 kWh/anno**.

Tale percentuale è stata ipotizzata tenendo in considerazione la potenza elettrica assorbita dai ventilatori di mandata e ricircolo delle UTA e quella spesa dai gruppi frigoriferi e dalla pompa di calore geotermica per alimentarne le batterie di scambio termico.

Voce	u.m.	Stato di fatto	Post intervento	Risparmio	%
Consumi annuali UTA	kWh/anno	275.178,76	206.384,07	68.794,69	25
Emissioni equivalenti di CO ₂	ton CO ₂ eq	118,33	88,75	29,58	25

Tabella 19 - Consumi elettrici delle UTA ante e post intervento e relativo risparmio energetico

4.3.2 Centralizzazione Impianti di climatizzazione autonoma

All'interno dell'edificio, dislocate su diversi livelli, sono installate n° 77 pompe di calore inverter aria-aria di tipo split e n° 27 condizionatori portatili monoblocco anch'essi reversibili, azionati e gestiti in modo autonomo ed indipendente dagli utenti.

Il **consumo annuo** complessivo imputabile agli impianti di climatizzazione suddetti è pari a **364.292,39 kWh**.

4.3.2.1 Specifiche Tecniche

Al fine di efficientare il sistema riducendone i consumi, si ritiene opportuno rimuovere n. 29 split dislocati nei locali a servizio dei gruppi parlamentari al piano secondo, disposti lungo l'ala sud, sud-est della struttura, e **sostituirli con un impianto idronico centralizzato collegato a nuove unità di emissione a cassetta di adeguata capacità.**

In questo modo sarà possibile realizzare una **climatizzazione gestita in modo centralizzato** che permetterà di abbattere i costi di energia elettrica e di **risparmiare circa il 30% rispetto agli impianti autonomi oggi utilizzati a parità di ore di funzionamento.**

SISTEMA DI ALIMENTAZIONE

Il nuovo impianto sarà alimentato da una pompa di calore raffreddata ad aria del tipo Clivet WSAN-XIN 40.2, caratterizzata da elevata efficienza stagionale ed altissimo rapporto di efficienza energetica (EER) in raffreddamento a pieno carico, grazie agli alti livelli prestazionali della tecnologia del compressore, all'elevata efficienza degli scambiatori termici e dei ventilatori della sezione esterna.

La macchina verrà collocata in un terrazzo prospiciente il cortile della fontana sul quale attualmente insistono due gruppi frigo AERMEC in disuso.

Il gruppo di pompaggio sarà composto da n.2 elettropompe disposte in parallelo con regolazione di bordo in grado di bilanciarne le ore di funzionamento ed, in caso di eventuale avaria, segnalarne il guasto ed attivare automaticamente la pompa di riserva.

I ventilatori della sezione esterna saranno dotati di diffusori a recupero di energia cinetica in grado di ridurre del 3% l'energia assorbita e minimizzare il livello sonoro fino a -3dB, assicurando, inoltre, una corretta distribuzione dell'aria.

La struttura portante della pompa di calore sarà costituita da profilati in "aluzink" rivettati e verniciati in grado di fornire ottime caratteristiche meccaniche e lunga resistenza alla corrosione, mentre la pannellatura esterna in lamiera d'acciaio sarà trattata con preverniciatura in zinco e magnesio, aumentandone la resistenza alla corrosione e diminuendo, quindi, la necessità di frequenti verniciature.

La pompa sarà inoltre dotata di modulo di comunicazione che consentirà il collegamento seriale ai sistemi di supervisione con protocollo di comunicazione BACnet.

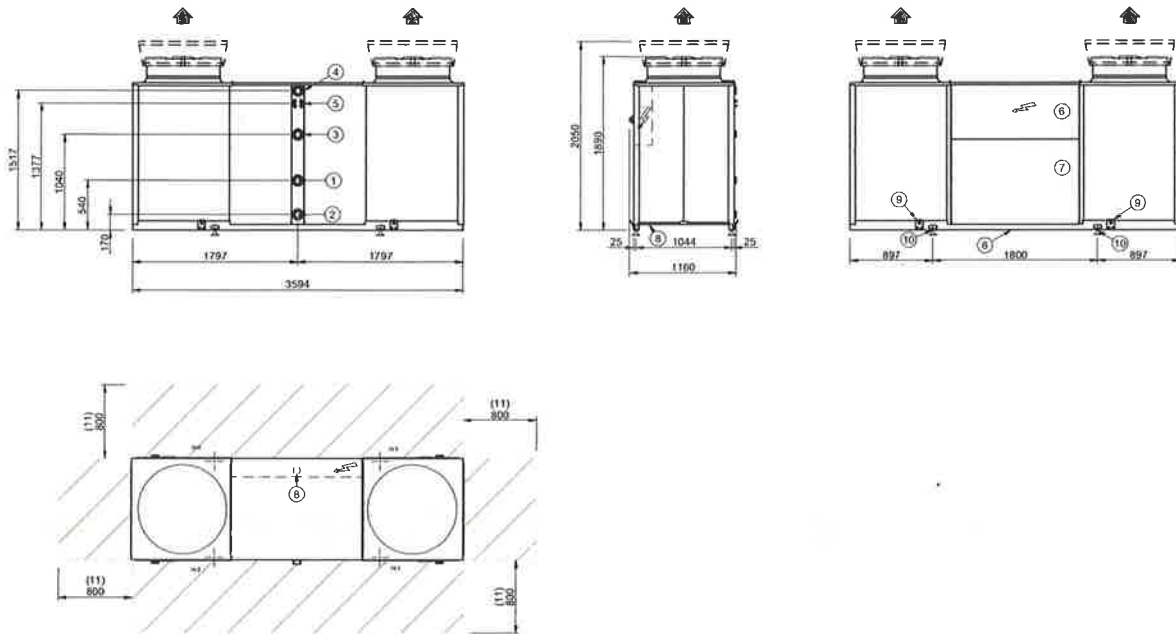


Figura 52 – Disegno dimensionale: Pompa di calore raffreddata ad aria

SISTEMA DI EMISSIONE

I terminali di emissione saranno costituiti da unità ad acqua tipo "cassette" in lamiera zincata, isolate sulle pareti interne con polistirolo espanso ad alta densità e sulle pareti esterne con barriera anticondensa.

Il gruppo motore-ventola presenta ottime prestazioni in termini di emissioni sonore; la ventola è studiata in modo da ottimizzare le prestazioni, utilizzando pale con una particolare sagoma in grado di ridurre le turbolenze incrementando l'efficienza e riducendo la rumorosità.

Lo scarico della condensa sarà garantito da una pompa di scarico di tipo centrifugo.

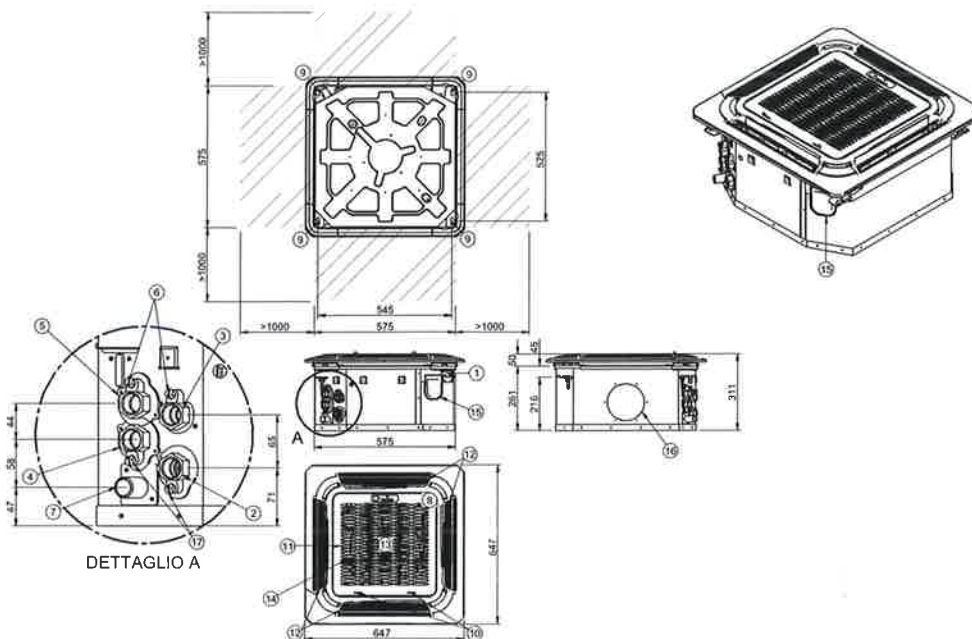


Figura 53 - Disegno dimensionale: Terminale ad acqua tipo "cassette"

4.5 Simulazione dei Consumi Energetici post intervento

Come già evidenziato, il consumo complessivo di energia primaria, costituita dall'energia elettrica acquistata dalla rete in quanto unico vettore energetico impiegato nella struttura, per l'annualità presa come riferimento (gennaio-dicembre 2018) ammonta a **2.030.141,7 kWh**, pari a **380 TEP/anno** (tonnellate di petrolio equivalenti), cui corrispondono emissioni in atmosfera **873 tonCO₂/anno**.

Dall'analisi svolta, si evince che la maggior parte dei consumi è imputabile agli impianti di climatizzazione estiva ed invernale, sia centralizzati che autonomi.

La restante parte dei consumi è attribuita all'illuminazione, alla produzione di ACS, alle attrezzature da ufficio, alla cucina e agli impianti di trasporto.

Lo scopo del presente studio è stato quello di valutare il fabbisogno energetico del sistema edificio-impianto inteso come il raggiungimento di elevato comfort ambientale.

Alla luce delle criticità riscontrate in fase di analisi, sono stati proposti degli interventi mirati aumentare l'efficienza energetica del sistema edificio impianto.

Di seguito se ne riassumono i risultati ottenuti:

Tipologia Intervento	Riduzione dei consumi RELATIVI [%]	Risparmio energia elettrica [kWh/anno]	Risparmio energia primaria [TEP/anno]
Relamping LED interno ed esterno	17	73.171	13,68
Sostituzione Infissi	-	4.907	0,92
Implementazione e gestione sistema monitoraggio	20	346.274	64,75
Sostituzione UTA	15	68.795	12,86
Impianto Solare Termico per ACS	97	44.617	8,34
Centralizzazione Impianti di Climatizzazione	30	12.952	2,42
Impianto FTV Giardino Reale	-	45.700	8,55
Isolamento Termico Solaio Copertura	-	51.354	9,60
TOTALE	-	647.770	121,13

Tabella 24 - Riepilogo in termini energetici degli Interventi migliorativi proposti

4.4.1.1 Specifiche Tecniche

In una prima fase si procederà alla **verifica** dello stato del sistema per rilevare guasti e malfunzionamenti determinati da eventi atmosferici verificatisi lo scorso inverno.

Successivamente si effettuerà l'**integrazione** della pompa di calore geotermica Rhoss e di tutti i dispositivi non ancora monitorati.

Tutte le nuove macchine inserite nel circuito di monitoraggio dovranno essere equipaggiate di dispositivi di termoregolazione in grado di comunicare i dati di esercizio con i sistemi di supervisione.

Potrà essere, inoltre, inserito un sistema di gestione della priorità di funzionamento delle macchine di climatizzazione in modo da incrementare l'efficienza di produzione dell'energia termoriferita richiesta.

Al fine di rendere completamente efficiente il sistema di monitoraggio, si dovrà provvedere alla **corretta gestione** dello stesso, che potrà essere effettuata, anche in remoto, da tecnici specializzati.

4.4.1.2 Vantaggi

- Costante miglioramento della produttività del sistema;
- Maggiore percentuale di recupero dell'energia termica immessa nel sistema;
- Adeguata e puntuale manutenzione;
- Maggiore vita utile delle apparecchiature;
- Settaggio Accensione/Spegnimento dei dispositivi in relazione all'effettivo utilizzo degli spazi;
- Aumento del comfort termo-igrometrico degli spazi di lavoro;
- Monitoraggio dell'utilizzo dei dispositivi in tempo reale.

4.4.1.3 Risparmio Energetico

Il ripristino, l'implementazione e la gestione del sistema di monitoraggio presente, può portare al conseguimento di un risparmio energetico relativo agli impianti di illuminazione e climatizzazione di circa il **20%**, pari a **346.273,75 kWh/anno**.

Nella tabella sottostante si riporta lo stato di fatto e la situazione post intervento in termini di risparmi energetici, ambientali ed economici.

Voce	u.m.	Stato di fatto	Post intervento	Risparmio	%
Consumi annuali climatizzazione e illuminazione	kWh/anno	1.731.368,79	1.385.095,03	346.273,75	20
Emissioni equivalenti di CO2	ton CO2eq	744,49	595,59	148,90	20

Tabella 23 - Consumi elettrici di climatizzazione e illuminazione ante e post intervento e relativo risparmio energetico

4.4 GESTIONE E MONITORAGGIO

Il corretto funzionamento del sistema edificio-impianto, seppur dotato di macchine ad alta efficienza, necessita di un adeguato sistema di gestione e monitoraggio per ottenere effettivi risultati in termini di risparmio energetico.

Una rete ben gestita consente la programmazione, il monitoraggio, il controllo di ambienti e tecnologie, oltre che una adeguata e costante manutenzione: una piattaforma integrata per la creazione di edifici "intelligenti" caratterizzati da elevato risparmio energetico, miglioramento della produttività dei lavoratori e maggiore vita utile delle apparecchiature.

4.4.1 Ripristino, Implementazione e Gestione del BMS

Il Palazzo dei Normanni sede dell'ARS, è dotato di un sistema di monitoraggio del tipo CRESTRON, capace di monitorare in remoto telegestione e controllo degli impianti tecnologici (compresa la dispersione elettrica), di sicurezza, di videosorveglianza e di allarmistica.

Il sistema è in grado di svolgere le funzioni di supervisione generale, di riepilogo delle informazioni utili e di allerta in caso di eventi straordinari, guasti o allarmi, attraverso il controllo dei seguenti sistemi:

- Antintrusione
- Ascensori
- Accessi
- Cancelli
- Rilevazione presenze
- Controllo Badge
- Gestione Videowall
- Energia
- Ups
- Linee elettriche
- Rack
- System
- Climatizzazione
- Gruppi Frigo
- UTA
- Condizionatori di precisione
- Fan Coil
- Sistema Antincendio
- Sistema di diffusione acustica

Da quanto verificato e appreso in fase di studio e sopralluogo, è emerso che il sistema Crestron attualmente è programmato come strumento di monitoraggio delle ore di accensione e spegnimento degli impianti di climatizzazione centralizzati, **ad eccezione della pompa di calore geotermica e parte dell'illuminazione della struttura.**

Questa carenza comporta un **utilizzo parziale** del sistema a disposizione, il quale non essendo in grado di recepire dati e monitorare la pompa di calore geotermica, priva il monitoraggio del circuito di climatizzazione della componente più importante a livello di efficienza energetica.

L'intervento proposto consiste nel **ripristino, implementazione e gestione** in remoto del sistema di monitoraggio.

Nelle aree esterne, il consumo elettrico delle sole lampade a LED ammonta a 15.139,91 kWh/anno, mentre il **consumo elettrico relativo alle altre tipologie di lampade non efficienti dal punto di vista energetico è pari a 60.936,75 kWh/anno.**

4.3.3.2 Vantaggi

- Elevato risparmio energetico a parità di lux generati;
- Alta efficienza (superiore a 100 lm/W) costante durante tutto il ciclo di vita;
- Fascio di luce direzionabile, che riduce la quota di luce dispersa;
- Vita utile fino a 10 volte superiore rispetto alle lampade a fluorescenza (> 50.000 h);
- Sostanziale **riduzione di manutenzione durante l'intero ciclo di vita** (i costi di manutenzione si abbassano dell'80% mantenendo un 10% per gli interventi straordinari o di pulizia delle lenti).

4.3.3.3 Risparmio Energetico

Effettuando il relamping dell'**illuminazione interna**, il consumo elettrico delle lampade che in precedenza erano inefficienti si riduce e risulta pari a 22.034,52 kWh/anno, con un **risparmio conseguito di 39.812,73 kWh/anno.**

Nella tabella sottostante si riporta lo stato di fatto e la situazione post intervento in termini di risparmi energetici ed ambientali.

Voce	u.m.	Stato di fatto	Post intervento	Risparmio	%
Energia elettrica per illuminazione interna	kWh/anno	328.624,9	288.812,17	39.812,73	10
Emissioni equivalenti di CO ₂	ton CO ₂ eq	141,31	124,19	17,12	10

Tabella 21 - Consumi elettrici per l'illuminazione interna ante e post intervento e relativo risparmio energetico



Effettuando il relamping dell'**illuminazione esterna**, il consumo elettrico delle lampade che in precedenza erano inefficienti si riduce e risulta pari a 27.578,67 kWh/anno, con un **risparmio conseguito di 33.358 kWh/anno.**

Nella tabella sottostante si riporta lo stato di fatto e la situazione post intervento risparmi energetici, ambientali ed economici.

Voce	u.m.	Stato di fatto	Post intervento	Risparmio	%
Energia elettrica per illuminazione esterna	kWh/anno	76.076,66	42.718,58	33.358,08	43
Emissioni equivalenti di CO ₂	ton CO ₂ eq	32,71	18,37	14,34	43

Tabella 22 - Consumi elettrici per l'illuminazione esterna ante e post intervento e relativo risparmio energetico

4.3.3 Relamping LED

L'impianto di illuminazione esistente è costituito da diverse tipologie di corpi illuminanti quali piantane, applique, plafoniere a sospensione, fari, proiettori e lampioni.

L'**illuminazione interna** della struttura è affidata per l'82% a lampade LED, per il 14% a lampade a fluorescenza, per il 2% a lampade ad incandescenza e per il 2% a lampade a scarica.

L'**illuminazione esterna** della struttura, regolata mediante interruttori crepuscolari, è invece affidata per il 60% a lampade LED, per il 4% a lampade a fluorescenza, per il 36% a lampade a scarica.

Applicando un fattore di correzione compreso tra 0,2 e 0,7 per tenere conto del fatto che l'accensione delle lampade non è contemporanea nei medesimi ambienti e il loro utilizzo non sempre coincide con le ore di occupazione dei locali, si è calcolato un **consumo annuo complessivo riconducibile all'utilizzo dell'impianto di illuminazione pari a 404.045,12 kWh (corrispondente al 20% circa dei consumi elettrici dell'edificio).**

In particolare, il consumo annuo relativo all'illuminazione interna è pari a 328.624,9 kWh (16%), mentre il consumo annuo relativo all'illuminazione esterna è pari a 76.076,66 kWh (3,8%).

L'intervento proposto consiste nella sostituzione delle lampade a fluorescenza, ad incandescenza e a scarica attualmente installate sia all'interno che all'esterno della struttura con nuove lampade a tecnologia LED.

Nella tecnologia LED (*Light-Emitting Diodes*) la generazione della luce è ottenuta mediante semiconduttori anziché utilizzando un filamento o un gas.

Grazie all'elevato illuminamento caratteristico delle lampade a led, è possibile sostituire con esse anche le lampade fluorescenti (compatte o al neon) con equivalenti a led che consumano molta meno energia conseguendo un rilevante risparmio economico.

L'illuminazione LED è più efficiente dal punto di vista energetico, ha una durata maggiore ed è quindi più sostenibile.

4.3.3.1 Specifiche Tecniche

ILLUMINAZIONE INTERNA

Per quanto riguarda l'**illuminazione interna**, il relamping proposto consiste nella semplice sostituzione delle lampade oramai inefficienti dal punto di vista energetico con le loro omologhe LED, aventi medesime dimensioni e tipologie di attacco, senza interventi di sorta sugli apparecchi esistenti.

La sostituzione dei vecchi corpi illuminanti è prevista soltanto per i fari equipaggiati con lampade a vapori di sodio in virtù della tecnologia completamente differente rispetto a quella LED.

All'interno dello stabile, il consumo elettrico delle sole lampade a LED ammonta a 266.777,65 kWh/anno, mentre il consumo elettrico relativo alle altre tipologie di lampade non efficienti dal punto di vista energetico è pari a 57.118,20 kWh/anno.

ILLUMINAZIONE ESTERNA

Allo stesso modo, per l'**illuminazione esterna**, il relamping proposto consiste nella sostituzione delle lampade oramai inefficienti dal punto di vista energetico con le loro omologhe LED, aventi medesime dimensioni e tipologie di attacco.

La sostituzione dei vecchi corpi illuminanti è prevista soltanto per i fari ed i proiettori equipaggiati con lampade a vapori di sodio in virtù della tecnologia completamente differente rispetto a quella LED.



4.3.2.2 Vantaggi

- Maggiore percentuale di recupero dell'energia termica immessa nel sistema;
- Regolazione degli output in funzione all'effettivo fabbisogno degli ambienti interni;
- Aumento del comfort termo-igrometrico degli spazi di lavoro;
- Minore dispersione termica;
- Minor ingombro.

4.3.2.3 Risparmio Energetico

Il risparmio di energia elettrica annuo stimato si attesta intorno al 30%, per un valore di 12.952,38 kWh/anno.

Nella tabella seguente si riportano i dati concernenti i consumi attuali e post intervento relativi ai condizionatori autonomi sostituiti.

Voce	u.m.	Stato di fatto	Post intervento	Risparmio	%
Consumi annuali per la climatizzazione	kWh/anno	43.174,62	30.222,23	12.952,38	30
Emissioni equivalenti di CO ₂	ton CO ₂ eq	18,56	12,99	5,57	30

Tabella 20 - Consumi elettrici dei climatizzatori ante e post intervento e relativo risparmio energetico

