



***Programma di riqualificazione energetica degli immobili
della PA centrale (PREPAC)***



MINISTERO DELLA DIFESA

**DIREZIONE DEL GENIO MILITARE PER LA MARINA
ROMA**

*Servizio Amministrativo
Via dell'Acqua Traversa, 151 – 00135 ROMA*

**PROGETTO DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE
ENERGETICA DI PALAZZO MARINA**

**Piazza della Marina n. 4
00196 Roma**

**DIAGNOSI ENERGETICA
REV. 1 DEL 28/11/2018**

Ns. Rif.: 17E038

Esco Italia S.r.l. Piazza della Libertà, 9 – 50129 Firenze

Tel. +39 055 2344393 - FAX +39 055 2639736

www.escoitalia.eu - info@escoitalia.eu

Sede Legale: Via Mario Pagano, 41 - 20145 Milano

C.F. e P. Iva 07912930638 - Iscritta al Registro delle Imprese di Milano - R.E.A. n° 1965848

Esco Italia S.r.l. è dotata di sistemi di gestione conformi alle UNI 11352, ISO 9001 e ISO 14001 certificati da Bureau Veritas S.p.A.

PAGINA INTENZIONALMENTE BIANCA

INDICE

1. NOTA INTRODUTTIVA	5
1.1. Normativa di riferimento	5
2. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA	7
2.1. Dati generali.....	7
2.1.1. Dati climatici	8
2.1.2. Caratteristiche della struttura.....	8
2.2. Analisi termografica delle strutture	9
2.3. Descrizione dell'impianto di climatizzazione invernale e dell'impianto di produzione di ACS.....	10
2.4. Analisi termografica dell'impianto di riscaldamento.....	11
2.5. Descrizione dell'impianto di climatizzazione estiva	12
2.6. Metodi di raccolta dati.....	13
2.7. Indicatori energetici generali di calcolo e specifici di confronto.....	13
3. SINTESI DELLA STRUTTURA ENERGETICA DELL'EDIFICIO	14
3.1. Consumi energetici.....	14
3.2. Consumi complessivi per vettore: energia elettrica	14
3.3. Consumi complessivi per vettore: energia termica	16
4. MODELLI ENERGETICI INDICATORI E CONFRONTO	18
4.1. Modelli energetici e indicatori prestazionali	18
4.2. Ripartizione dei consumi secondo i servizi energetici presenti	25
4.3. Confronto degli indicatori energetici e analisi critica dei consumi	26
5. DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA	27
5.1. Interventi effettuati in passato ed in corso d'opera	27
5.1.1. Intervento PREPAC 2017	27

5.2. Individuazione di nuovi possibili interventi	27
5.2.1. Impianto solare termico	27
5.2.2. Impianto fotovoltaico	29
5.2.3. Interventi sull'impianto di distribuzione.....	33
5.2.4. Sostituzione caldaia a gasolio dei Carabinieri	34
5.2.5. Centralizzazione impianto frigorifero	35
5.2.6. Interventi sull'involucro – sostituzione degli infissi	37
 6. CONCLUSIONI	 47

1. NOTA INTRODUTTIVA

Sono riportati in tabella i dati di chi ha redatto la diagnosi energetica.

Redatto da:	
Responsabile dell'Esecuzione della Diagnosi Energetica (REDE)	
Nome e Cognome	Nicola Graniglia
Membro esterno o interno all'azienda	Esterno
Qualifica professionale	Ingegnere
Qualifica energetica (EGE, auditor)	Esperto in Gestione dell'Energia secondo la norma UNI CEI 11339:2009 e lo schema di certificazione elaborato secondo l'art.12, comma 1 del D.Lgs. 102/2014 (documento Accredia n°DC2015SPM132 del 15/05/2015)
Eventuale certificazione posseduta	Certificazioni SECEM n°0123-SC-EGE-2016 Settore civile n°0125-SI-EGE-2016 Settore industriale
Gruppo di Lavoro	
Ing. Pietro Cateni, Ing. Federico Pacitto, Ing. Duccio Tempesti	
Se il soggetto è esterno:	
Organizzazione di appartenenza	Esco Italia S.r.l.

1.1. Normativa di riferimento

RIFERIMENTI LEGISLATIVI

- Legge 10/91: Norme in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.
- D.P.R. 412/93: Regolamento per le norme di progettazione, installazione e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dall'art. 4 comma 4 della legge 10/91
- D.P.R. 551/99: Regolamento recante modifiche al D.P.R. 26/08/1993 n.412
- D.Lgs. 192/05: Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia
- D.Lgs. 311/06: Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia
- D.Lgs. 115/08: Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE
- D.P.R. 59/09: Regolamento di attuazione dell'art. 4, comma1, lettere a) e b) del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico in edilizia
- Direttiva 2010/31/UE: Direttiva del Parlamento Europeo sulla prestazione energetica nell'edilizia che aggiorna, integra e sostituisce la Direttiva 2002/91/CE – D.Lgs. 28/2011: Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE
- Direttiva 2012/27/UE: Direttiva sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE

- D.Lgs. 63/2013: Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale
- D.P.R. 75/2013: Regolamento recante disciplina dei criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti e degli organismi a cui affidare la certificazione energetica degli edifici, a norma dell'articolo 4, comma 1, lettera c), del D.Lgs. 192/05
- Legge 90/2013: Conversione, con modificazioni, del decreto legge 4 giugno 2013, n 63
- D.Lgs. 102/2014: Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE. (14G00113)
- D.M. 26/06/2015: Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici
- D.M. 26/06/2015: Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici
- D.M. 26/06/2015: Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici
- D.M. 16/09/2016: Modalità di attuazione del programma di interventi per il miglioramento della prestazione energetica degli immobili della pubblica amministrazione centrale

RIFERIMENTI NORMATIVI

- UNI/TS 11300-1 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale;
- UNI/TS 11300-2 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, la ventilazione e l'illuminazione;
- UNI/TS 11300-3 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva;
- UNI/TS 11300-4 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria.
- UNI/TS 11300-5 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e dalla quota di energia da fonti rinnovabili
- UNI/TS 11300-6 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili
- UNI EN 15193 Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione
- UNI EN ISO 13790 Calcolo fabbisogno riscaldamento e raffrescamento
- UNI EN 15232 Prestazione energetica degli edifici - Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici
- UNI EN 15241 Calcolo dei consumi dovuti a infiltrazione e ventilazione
- UNI EN 15243 Temperature locali e carichi termici in edifici climatizzati
- UNI CEI EN 11428 Diagnosi Energetiche – Requisiti Generali del servizio di diagnosi energetica
- UNI CEI EN 16247-1 Diagnosi Energetiche – Requisiti Generali
- UNI CEI EN 16247-2 Diagnosi Energetiche – Edifici
- UNI CEI EN 16247-3 Diagnosi Energetiche – Processi

2. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

2.1. Dati generali

Il “Palazzo Marina”, sede ministeriale della Marina Militare Italiana oggetto della presente diagnosi energetica è ubicato a Roma in Piazza della Marina al n. 4. L’opera è tra le più significative dell’architetto Giulio Magni, nipote del Valadier, collaboratore di Giuseppe Sacconi alla realizzazione del Vittoriano. Il progetto, iniziato nel 1912, attinge al repertorio liberty romano, con decisa impronta di “michelangiologismo eclettico” con assonanze proprie del “barocchetto”. Il Palazzo fu inaugurato il 26 ottobre 1928, si estende per un’area complessiva di 31.000 metri quadrati di cui 11.500 coperti e 4.580 a cortili e giardini. Gli edifici principali si sviluppano su sei livelli fuori terra comprendendo le appendici in copertura cui si aggiunge un piano seminterrato con una altezza complessiva massima di 28 metri; gli ambienti ad uso ufficio sono circa 750. L’edificio ha una pianta a forma di trapezio rettangolo con il lato obliquo, prospetto ovest, lungo circa 150 metri parallelo al Lungotevere delle Navi; il prospetto nord si affaccia su via Filangeri, quello sud su via Azuni mentre il lato dove si trova l’ingresso per il pubblico è rivolto a est e si affaccia, come detto, su Piazza della Marina parallelamente alla via Flaminia.



Figura 1 Foto aerea di Palazzo Marina

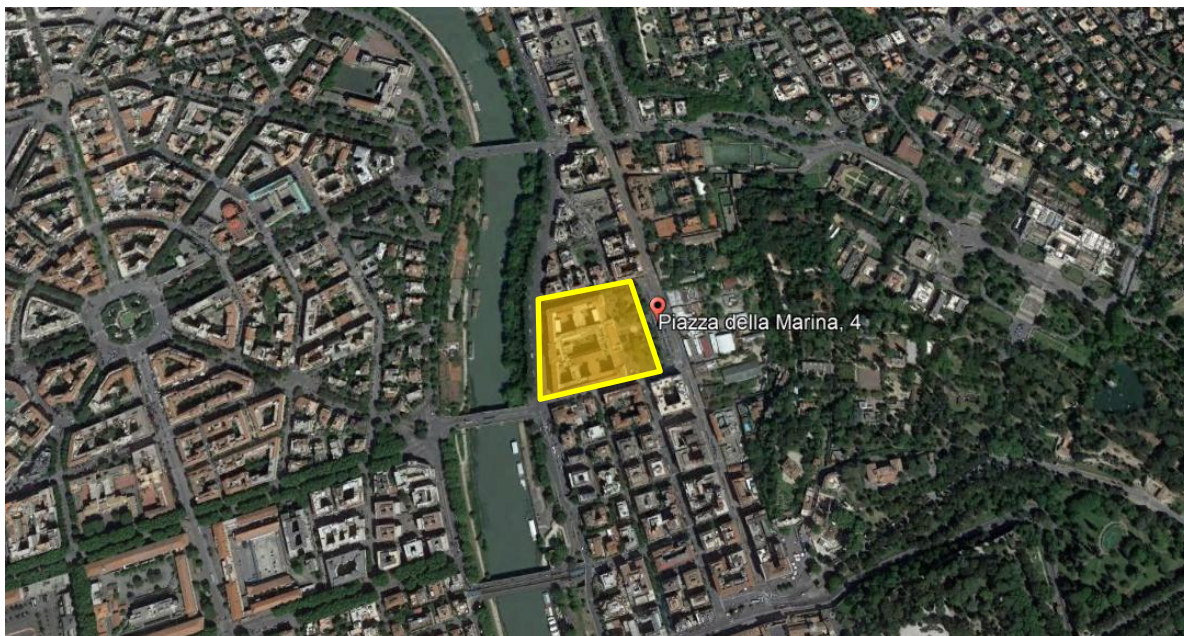


Figura 2 Inquadramento territoriale da foto aerea

2.1.1. Dati climatici

Località	Roma
Latitudine	41°54' 57" Nord
Longitudine	12°28' 20" Est
Gradi giorno	1.415
Zona climatica	D
Periodo convenzionale di riscaldamento	01 Nov – 15 Apr (massimo 12 ore giornaliere)

2.1.2. Caratteristiche della struttura

La struttura dell'edificio è in muratura portante con pareti esterne del piano terra che hanno uno spessore medio di 1,1 m, lo spessore delle pareti perimetrali si riduce ai piani più alti fino a 0,7-0,8 m agli ultimi piani.

All'interno del fabbricato erano presenti in origine quattro cortili secondari ed un cortile d'onore, nei cortili denominati Cortile I e Cortile III sono stati realizzati intorno agli anni '70 due corpi di fabbrica con struttura in acciaio addossato alla struttura in muratura dei lati dell'edificio paralleli rispettivamente a via Flaminia ed al Lungo Tevere delle Navi, i due corpi di fabbrica raggiungono la stessa altezza delle pareti cui sono addossati ma hanno tamponamenti di spessore molto inferiore, dieci centimetri a partire dal piano primo. Nel Cortile II è presente un ulteriore corpo di fabbrica su un unico piano realizzato in un secondo momento, dove sono state ubicate la mensa e la cucina. Sempre negli anni '60-'70 è stato realizzato un nuovo fabbricato che divide in due il Cortile IV. La struttura è in acciaio e si eleva su 8 piani fuori terra raggiungendo la stessa altezza degli edifici preesistenti cui è collegata.

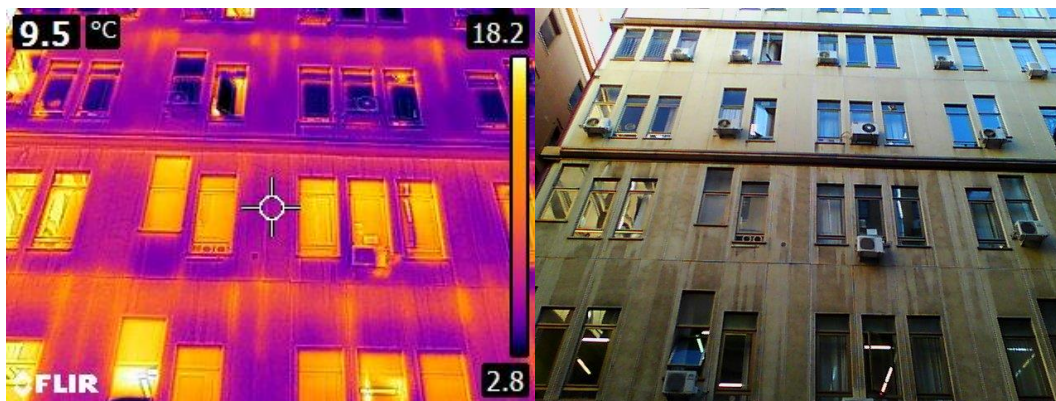
Sono presenti sette vani scala che collegano i vari livelli dell'edificio e sette ascensori, sul lato lungotevere è presente un ulteriore vano scala con funzione di scala d'onore.

Tutti gli elementi finestrati hanno vetro singolo, gli infissi sono in legno, si segnala il particolare pregio quelli che si affacciano sul cortile d'onore, a eccezione di quelli dei corpi di fabbrica aggiunti negli anni '70 che sono in alluminio.

La copertura è di tipo piano nei corpi di fabbrica nuovi mentre la parte originaria è per metà coperta da un lastrico solare e per metà da un tetto inclinato in coppi e tegole.

2.2. Analisi termografica delle strutture

Nelle immagini seguenti sono riportate alcune termografie delle nuove strutture interne, definite ali, del Palazzo della Marina. Tali strutture sono state indicate dalla Committenza come aree di futuro smantellamento e sostituzione edilizia, in quanto contenenti amianto nei solai e nelle pareti. L'analisi termografica sarà di seguito descritta foto per foto.



Come si può notare, nonostante l'interferenza delle lampade interne, la struttura presenta una trasmittanza abbastanza omogenea con una temperatura di parete di circa 9 °C.

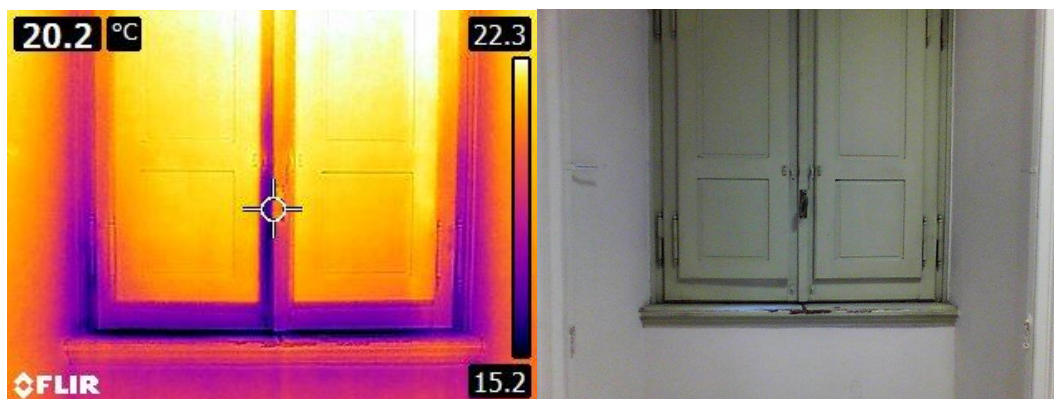


In questo caso si notano alcune pareti con temperatura maggiore (12-15 °C), a dimostrazione che tali pareti hanno minor resistenza termica. La temperatura di parete maggiore corrisponde infatti ad una minore differenza di temperatura tra esterno ed interno.



Nella parete in oggetto si noti l'omogeneità di distribuzione della temperatura di parete. La parete appartiene al corpo storico del Palazzo della Marina, e quindi in muratura portante.

Analizzando i componenti finestrati, la seguente immagine mostra il ponte termico tra finestra e muratura. Questa situazione è analoga per tutte le finestre dell'edificio.



2.3. Descrizione dell'impianto di climatizzazione invernale e dell'impianto di produzione di ACS

L'impianto di produzione di acqua calda sanitaria è costituito da boiler posizionati nei bagni; i boiler hanno la capacità di accumulo di 80 litri e sono alimentati elettricamente assorbendo mediamente una potenza di 1 kW_e ciascuno. Sopra la mensa è installato un preparatore accumulatore di acqua calda sanitaria COTERM da 385 litri con bruciatore con potenza al focolare 23,7 kW e potenza termica resa 19,9 kW.

L'impianto di riscaldamento è centralizzato ad acqua calda ed il fluido termovettore è distribuito ad anello a 13 sottocentrali di distribuzione, ciascuna dotata di gruppo pompe che invia il fluido ai vari corpi scaldanti, non dotati di valvole termostatiche o di termostati di zona. La temperatura di mandata di ciascuna sottocentrale è regolata tramite regolatore climatico e valvola miscelatrice a tre vie. La distribuzione verticale è a colonne, e su ciascuna colonna sono alimentati un singolo o una coppia di radiatori in corrispondenza di ciascun piano.

La centrale termica è costituita da 4 caldaie di cui 3 di marca Baltur mod. STARTRE 1400 da 1.400 kW/cad. e una caldaia sempre Baltur mod. STARTRE 620 da 620 kW.

La zona dei Carabinieri è attualmente riscaldata sia dall'impianto di riscaldamento principale (che la notte viene spento) che da una caldaia a gasolio ormai obsoleta, installata in un locale coperto nel Cortile IV.



Figura 3 Caldaia Baltur Startre 1400

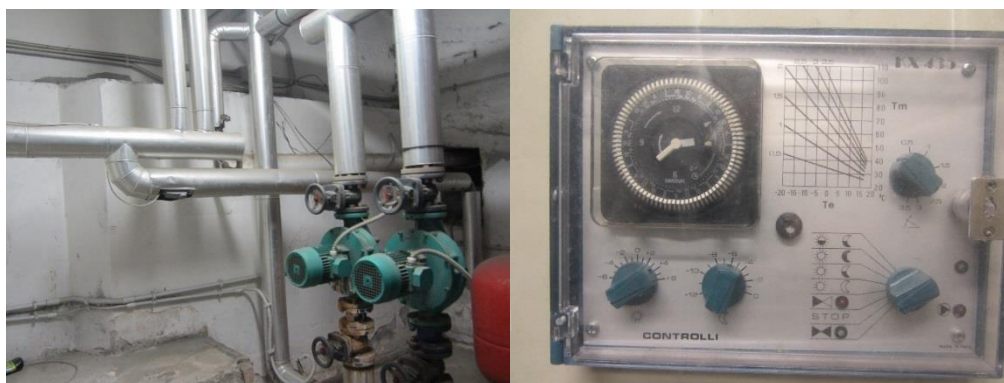
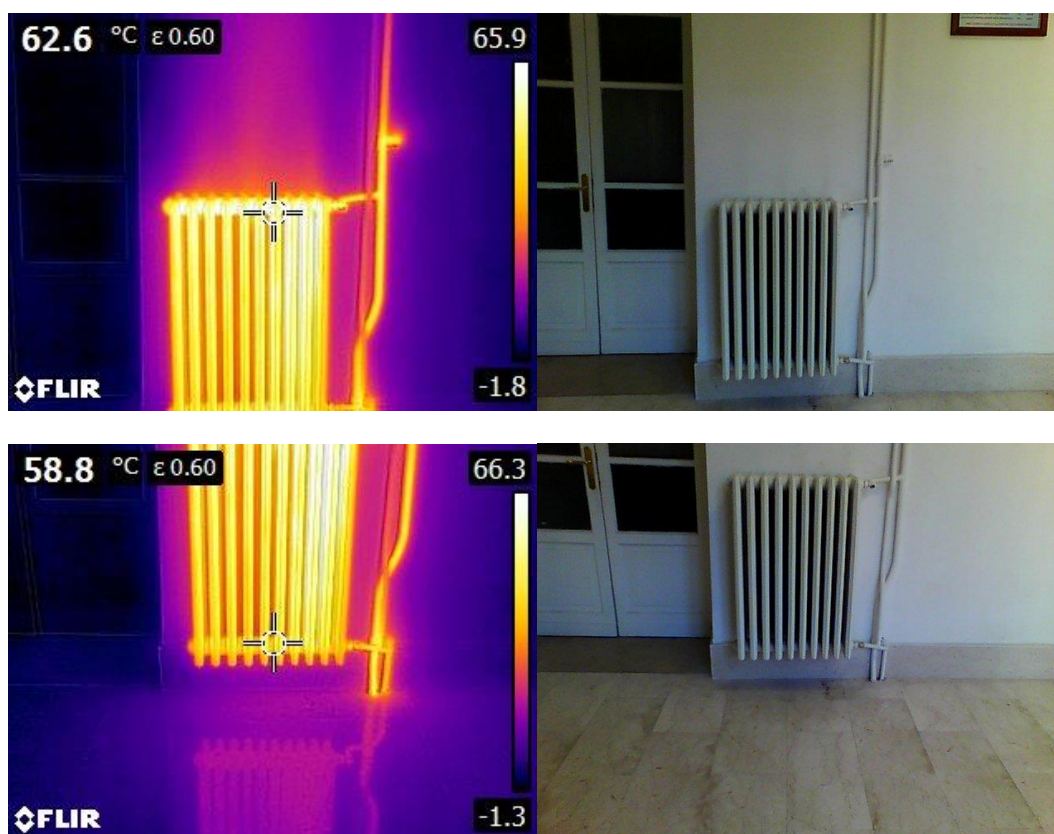


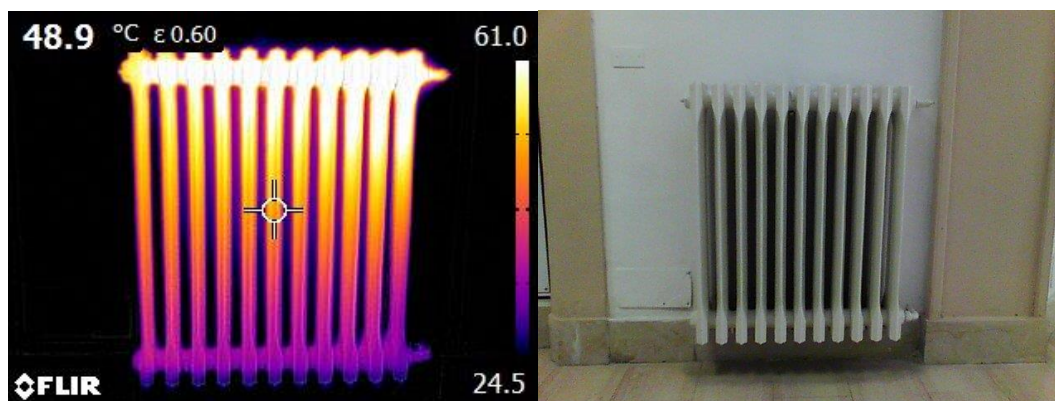
Figura 4 Sottocentrale termica e regolatore climatico

2.4. Analisi termografica dell'impianto di riscaldamento

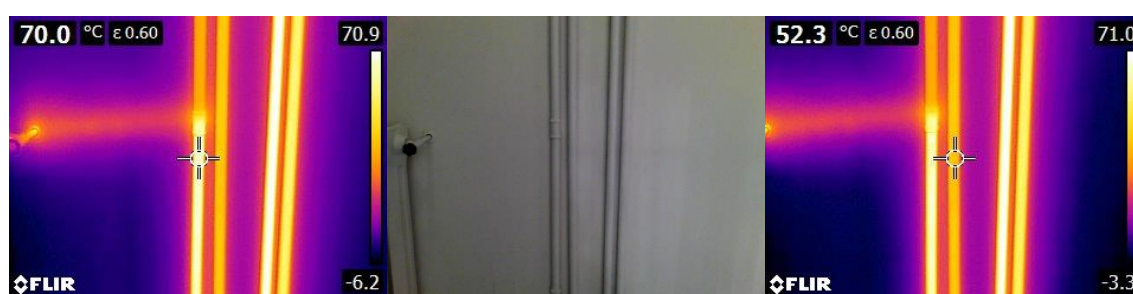
Le seguenti immagini riportano alcune termografie dell'impianto di riscaldamento; da esse è possibile ottenere interessanti informazioni sullo stato del sistema di distribuzione del fluido termovettore e sui radiatori di emissione del calore.



Le immagini relative ad un singolo radiatore mostrano come il salto di temperatura dell'acqua sia molto ridotto (circa 3 °C), a dimostrazione di un eccesso di portata.



In questa immagine si noti invece il maggior salto di temperatura dell'acqua all'interno del radiatore (circa 30 °C), a dimostrazione di una minore portata di fluido termovettore.



Le immagini mostrano la temperatura di mandata (70°C) e di ritorno (52°) della termografia al piano secondo di Palazzo Marina. Come si può notare, la differenza di temperatura è circa 20 °C, mentre le tubazioni sono correnti in ambiente senza coibentazione, quindi concorrono sì al riscaldamento degli ambienti, ma senza alcuna possibilità di regolazione e controllo.

2.5. Descrizione dell'impianto di climatizzazione estiva

La climatizzazione estiva avviene prevalentemente mediante condizionatori mono o dual split posizionati nei locali adibiti a uffici, con motocondensante installate sulla parete esterna (si veda le immagini seguenti).





Figura 5 Impianti di condizionamento a monosplit installati nella facciata sul LungoTevere e nel fabbricato interno

La seguente tabella riporta invece il censimento dei condizionatori.

Potenza frigorifera		LIVELLO									Potenza frigorifera installata
BTU	kW	P-1	Po	P+1	P+2	P+3	P+4	P+5	P+6	Totale	kW
7.000	2,1	0	5	1	4	2	6	4	4	26	53
9.000	2,6	2	30	17	20	33	31	29	31	193	509
12.000	3,5	8	38	61	36	76	83	43	28	373	1312
18.000	5,3	3	12	26	3	31	15	18	3	111	586
24.000	7,0	1	5	11	0	20	2	0	0	39	274

Inoltre sono presenti, distribuiti sui vari piani, ulteriori 359 unità assimilabili a modelli da 9.000 Btu/h.

La potenza frigorifera totale installata è pari a 3.681 kW.

2.6. Metodi di raccolta dati

Si riportano in tabella i metodi di raccolta dati utilizzati per il sito in esame, suddivisi in misure in continuo e dati derivati da calcolo.

Misure in continuo
Consumi anni 2013 - 2014 - 2015 - 2016 - 2017
Misure relative ad un breve periodo
Non eseguite
Dati derivati da calcolo
Modello di consumo elettrico e termico dell'edificio con orari e coefficienti di carico

2.7. Indicatori energetici generali di calcolo e specifici di confronto

Gli indicatori energetici sono stati estratti dallo studio ENEA “Caratterizzazione dei consumi energetici nazionali delle strutture ad uso ufficio” (E. Santini, S. Elia, G. Fasano, 2009).

3. SINTESI DELLA STRUTTURA ENERGETICA DELL'EDIFICIO

3.1. Consumi energetici

Di seguito riportiamo i vettori energetici consumati nel sito per gli anni 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017 per l'energia elettrica e 2015, 2016 e 2017 per il gas; sono riportati inoltre i consumi di gasolio per gli anni 2013 e 2014 per poter quantificare la variazione di consumi energetici al seguito della sostituzione dei generatori di calore della centrale termica avvenuta nel 2015 con la contemporanea variazione dell'alimentazione da gasolio a gas metano. I consumi di seguito riportati sono stati forniti dalla società di Servizio Energia per la parte termica e dall'estratto delle bollette relativo al POD IT002E3302584A fornito dalla Direzione Generale di Commissariato e di Servizi Generali del Ministero della Difesa (COMMISERVIZI).

Tipologia	Consumo anno 2013	Consumo anno 2014	Consumo anno 2015	Consumo anno 2016	Consumo anno 2017
Energia elettrica [kWh]	4.640.782	4.579.025	4.632.876	4.593.948	4.404.004
Gas metano [Sm ³]	-	-	128.036	192.169	158.844
Gasolio [kg]	273.000	245.000	1.500	2.900	3.800

Tabella 1 Acquisti vettori energetici

Di seguito riportiamo la media degli ultimi tre anni (2015, 2016 e 2017) dei vettori energetici acquistati per valutare l'incidenza degli stessi sul consumo di energia primaria. I consumi di gasolio rimanenti sono quelli dovuti alla caldaia che riscalda i locali ad uso dell'Arma dei Carabinieri negli orari di spegnimento della centrale termica principale.

Tipologia	Quantità	TEP	%
Energia elettrica	4.543.609 kWh	850	86,38
Gas	159.683 Sm ³	132	13,41
Gasolio	2.323 kg	2	0,21
<i>Totale</i>	-	<i>984</i>	<i>100</i>

Tabella 2 Media dei consumi energetici degli ultimi tre anni

L'analisi di dettaglio si ferma tipicamente quando i consumi delle aree funzionali individuate (attività principali, servizi ausiliari e servizi generali) consentono di coprire una percentuale superiore al 95% dei consumi per singolo vettore.

3.2. Consumi complessivi per vettore: energia elettrica

L'analisi dei consumi è stata condotta sulla base della documentazione fornita. I consumi vengono contabilizzati attraverso contatori generali, le letture avvengono da parte degli enti erogatori dell'energia elettrica e dalla società di Servizio Energia.

Si riportano di seguito i prospetti dei consumi di energia attiva riferiti al 2014, 2015, 2016 e 2017 (per il quale si hanno tutte le bollette), nelle fasce orarie F1, F2 e F3, essendo:

- F1: ore di punta (peak) dal lunedì al venerdì dalle ore 8:00 alle ore 19:00
- F2: ore intermedie (mid-level) dal lunedì al venerdì dalle ore 7:00 alle ore 8:00 e dalle ore 19:00 alle ore 23:00. Sabato dalle ore 7:00 alle ore 23:00
- F3: ore fuori punta (off-peak) domenica e festivi

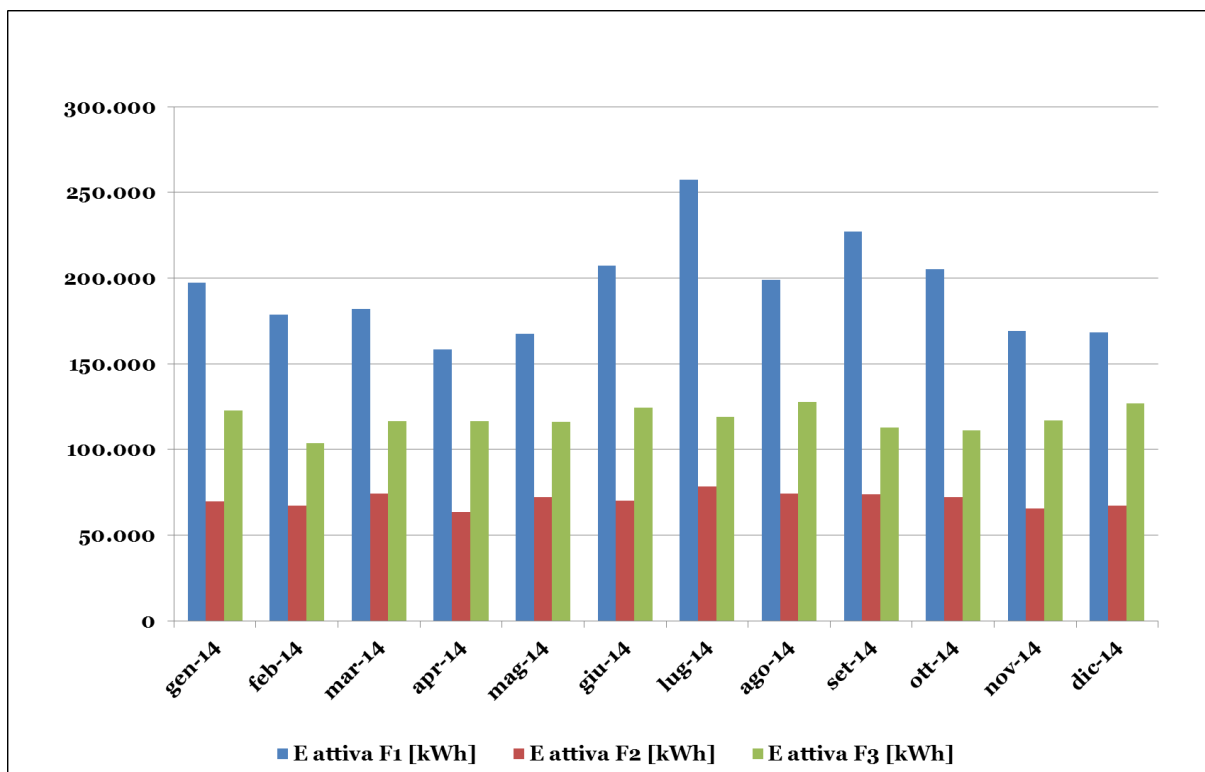


Figura 6 Energia elettrica consumata nel 2014

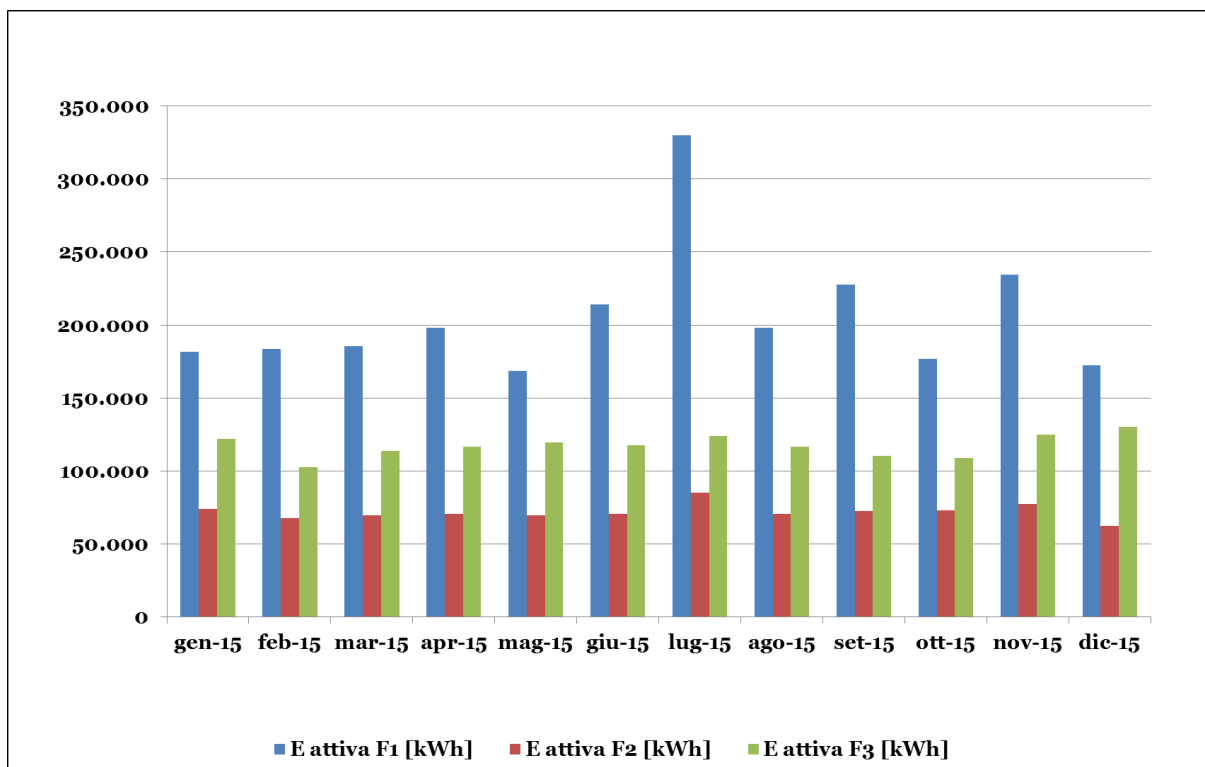


Figura 7 Energia elettrica consumata nel 2015

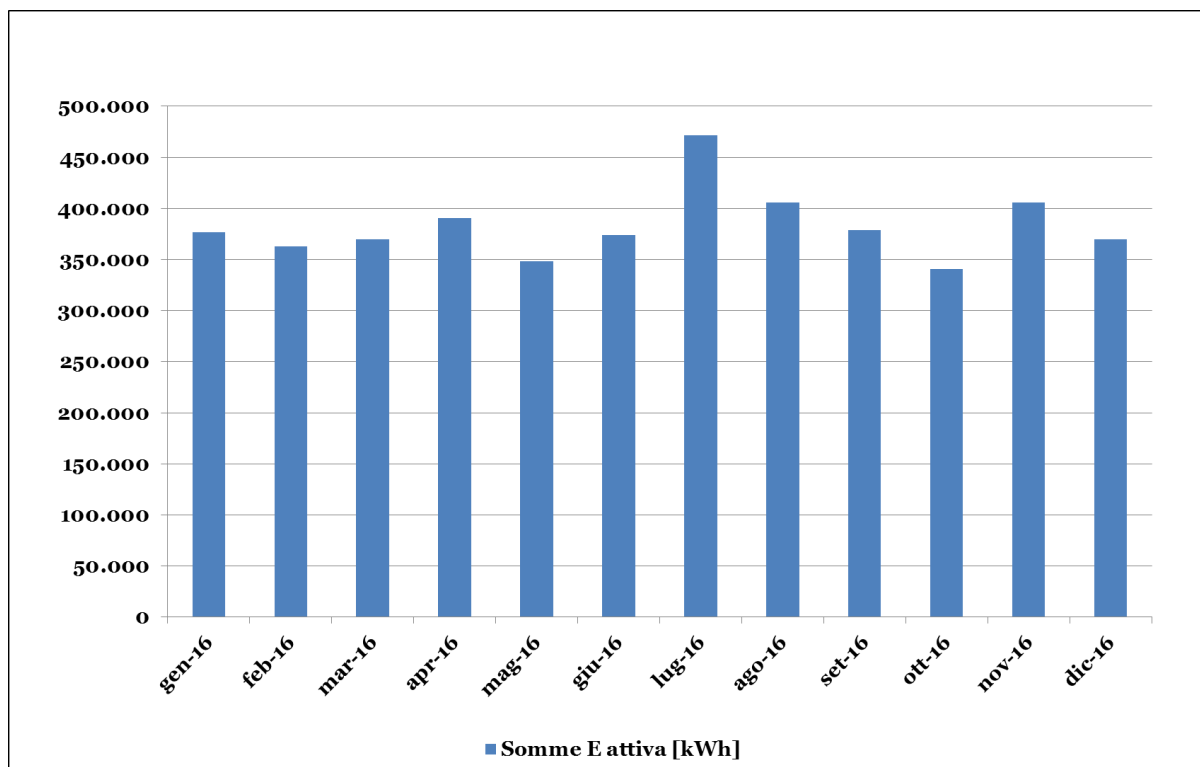


Figura 8 Energia elettrica consumata nel 2016

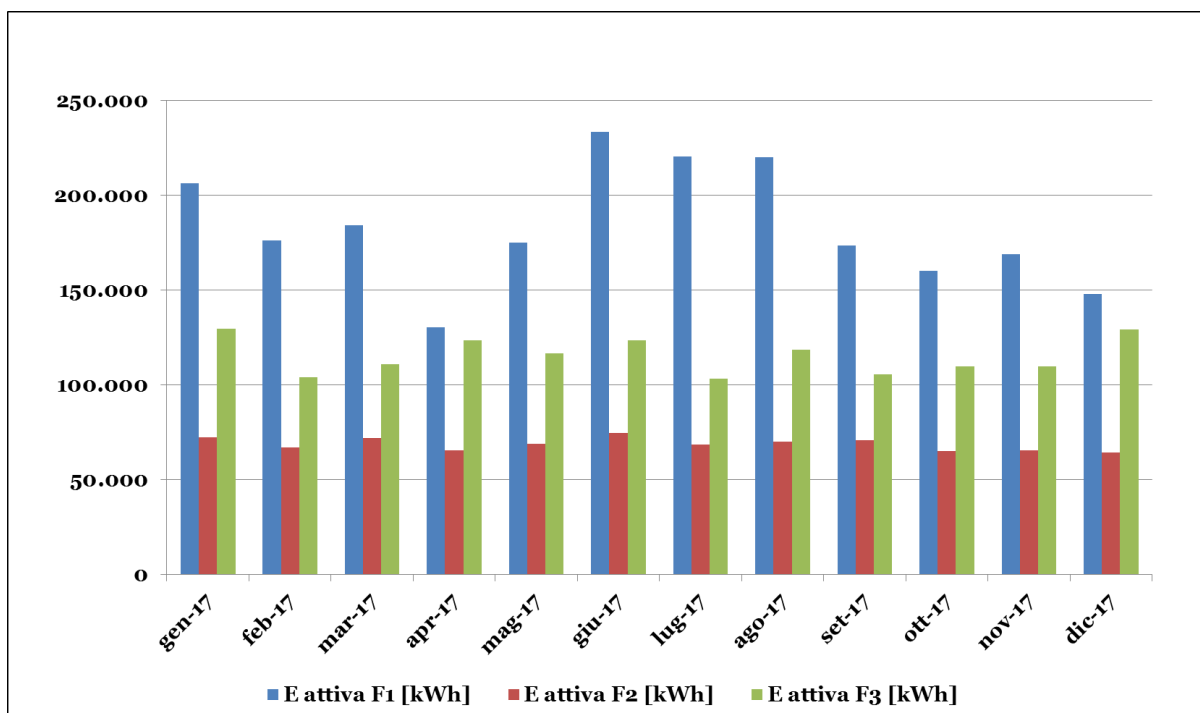


Figura 9 Energia elettrica consumata nel 2017

3.3. Consumi complessivi per vettore: energia termica

L'analisi dei consumi del gas metano utilizzato per la produzione di energia termica è stata condotta sulla base della documentazione fornita. I dati qui di seguito riportati non provengono dall'analisi delle fatture ma dai dati forniti dalla società che ha un contratto di servizio energia in vigore dall'anno 2015.

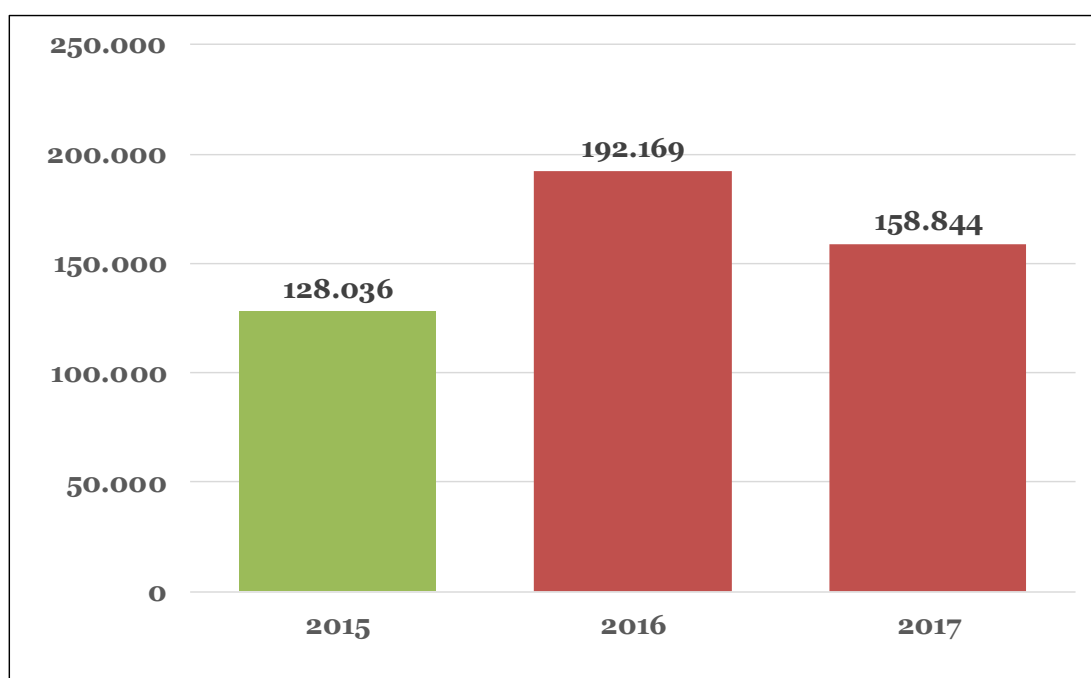


Figura 10 Andamento dei consumi di gas metano in Sm³ negli anni 2015, 2016 e 2017

Il gas naturale qui riportato è utilizzato esclusivamente per il riscaldamento.

Per quanto riguarda i consumi di gas metano per la mensa è presente un ulteriore contatore che permette di differenziare i consumi di quest'ultima rispetto a quelli della centrale termica.

4. MODELLI ENERGETICI INDICATORI E CONFRONTO

4.1. Modelli energetici e indicatori prestazionali

Il complesso di attività svolte all'interno della struttura può essere suddiviso in attività principali, ausiliari e servizi generali come segue:

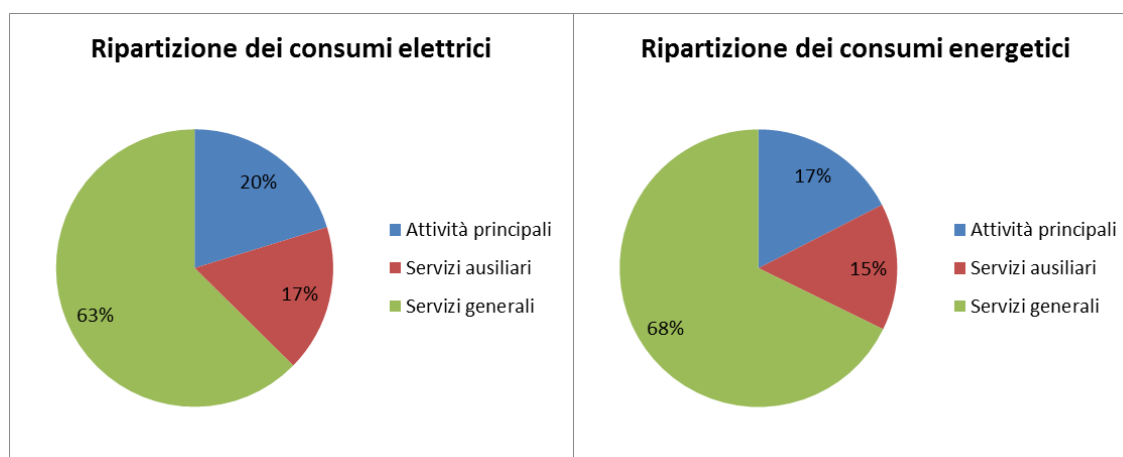


Figura 11 Suddivisione in aree di attività

Si indica in tabella il confronto fra i consumi effettivi, così come calcolati sulla base dei dati forniti, e quelli operativi, provenienti dall'analisi dei centri di costo. La confrontabilità si determina quando lo scarto percentuale fra i valori da modello e dai dati forniti è inferiore al 5%.

Centro di costo	Modello vettore energia elettrica	Modello vettore gas naturale	Modello vettore Gasolio	Totali da modello			Totali da contatori e fatture		Scarto (< 5 %)
	MWh/a	10 ³ Sm ³ CH ₄ /a	t/anno	tep/a	Indice tep/a/m ²	%	tep/a	Indice tep/a/m ²	%
Attività principali	920	0		172		17%			
Servizi ausiliari	779	0		146		15%			
Servizi generali	2.845	162	2	668		68%			
Totale	4.545	162	2	986	0,01437	100%	984	0,01455	0,194

Tabella 3 Suddivisione dei consumi per centro di costo



Modello elettrico

Nelle tabelle successive sono sviluppati i modelli energetici dell'azienda oggetto della diagnosi. Per la modellazione sono stati usati i seguenti fattori di aggiustamento:

- Fattore di carico: rappresenta la frazione media di potenza assorbita dalla macchina durante la fase di lavorazione rispetto a quella massima nominale.

MODELLO ELETTRICO									
Servizi energetici previsti	Piano	Lavorazione	Apparecchiatura	N.	kW	h/anno	Fattore di carico	kWh/a	%
Attività principali ("aree funzionali", "lavorazioni" o "reparti")									
Altre utenze elettriche	Tutti	Uffici	Pc e stampanti	1800	0,4	2.500	0,5	900.000	19,80
	Piano terra	Tipografia non classificata	Stampanti	1	40	800	0,6	19.200	0,42
		Tipografia classificata	Stampanti	1	10	200	0,6	1.200	0,03
		Subtotale						920.400	20,25
Servizi ausiliari ed accessori									
Climatizzazione invernale	Centrale termica Principale	Pompe circuito primario riscaldamento	Elettropompa Lowara FCTS4 125 - 160/30/P	1	3	1.980	0,9	5.346	0,12
			Elettropompa Lowara FCTE4 80 - 125/11/P	1	1,1	1.980	0,9	1.960	0,04
			Elettropompa Lowara NSCS 100 - 250/110W45VCC4	1	11	1.980	0,9	19.602	0,43
			Elettropompa Lowara FCE 4100 - 160/15/P	1	4,5	1.980	0,9	8.019	0,18
		Pompe di circolazione circuito secondario	Elettropompa Wilo IPN 50/200	3	1,1	1.980	0,9	5.881	0,13
			Elettropompa Wilo IPN 65/200	8	2,2	1.980	0,9	31.363	0,69
			Elettropompa Wilo IPN 100/180	1	2,2	1.980	0,9	3.920	0,09
			Elettropompa Wilo	1	1,5	1.980	0,9	2.673	0,06
		Pompe anticondensa	Elettropompa Lowara FCE4 65 - 125/05/A	4	4,5	1.980	0,9	32.076	0,71
		Bruciatore di gas metano	Bruciatore Baltur TBG 150 ME	3	7	1.980	0,65	27.027	0,59
			Bruciatore Baltur TBG 85 ME	1	1,2	1.980	0,65	1.544	0,03
		Altre utenze elettriche	Tutti	Centrale telefonica	Apparecchiature varie	1	18	8.760	0,7
Tutti	CED		Apparecchiature varie	1	80	8.760	0,75	525.600	11,56
Piano Seminterrato	Falegnameria		Sega circolare	1	15	250	1	3.750	0,08
			Cesoia a ghigliottina	1					
			Trapano a colonna	2					
			Fresatrice	1					
			Tornio parallelo	2					
			Molatrice	1					
	Subtotale						779.138	17,14	

Servizi generali (c.d. "utilities")

Illuminazione	Piano terra	Illuminazione interna	Plafoniera 1x18W	8	0,0216	1.741	1	301	0,01
			Plafoniera 2x18W	3	0,0432	1.741	1	226	0,00
			Plafoniera 4x18W	111	0,0864	1.741	1	16.697	0,37
			Plafoniera 1x36W	7	0,0432	1.741	1	526	0,01
			Plafoniera 2x36W	251	0,0864	1.741	1	37.756	0,83
			Plafoniera 3x36W	15	0,1290	1.741	1	3.369	0,07
			Plafoniera 4x36W	16	0,1720	1.741	1	4.791	0,11
			Plafoniera 1x58W	76	0,0696	1.741	1	9.209	0,20
			Plafoniera 2x58W	18	0,1390	1.741	1	4.356	0,10
			Plafoniera 3x58W	8	0,2080	1.741	1	2.897	0,06
			Plafoniera 4x58W	1	0,2780	1.741	1	484	0,01
			Lampada a fluorescenza da 100W E27	19	0,0100	1.741	1	331	0,01
			Lampada a fluorescenza da 15W	26	0,0150	1.741	1	679	0,01
			Lampada a fluorescenza da 20W E27	77	0,0200	1.741	1	2.681	0,06
			Lampada a fluorescenza da 36W E27	4	0,0360	1.741	1	251	0,01
			Lampada a incandescenza da 75W E27	1	0,0750	1.741	1	131	0,00
	Piano primo	Illuminazione interna	Plafoniera 4x18W	75	0,0864	1.741	1	11.282	0,25
			Plafoniera 1x36W	5	0,0432	1.741	1	376	0,01
			Plafoniera 2x36W	246	0,0864	1.741	1	37.004	0,81
			Plafoniera 3x36W	35	0,129	1.741	1	7.861	0,17
			Plafoniera 4x36W	10	0,172	1.741	1	2.995	0,07
			Plafoniera 1x58W	197	0,0696	1.741	1	23.871	0,53
			Plafoniera 2x58W	16	0,139	1.741	1	3.872	0,09
			Plafoniera 3x58W	2	0,208	1.741	1	724	0,02
			Lampada a fluorescenza da 15W E14	12	0,015	1.741	1	313	0,01
			Lampada a fluorescenza da 20W E14	31	0,02	1.741	1	1.079	0,02
			Lampada a fluorescenza da 20W E27	21	0,02	1.741	1	731	0,02
			Lampada alogena da 45W	1	0,045	1.741	1	78	0,00
	Piano secondo	Illuminazione interna	Plafoniera 1x18W	5	0,0216	1.741	1	188	0,00
			Plafoniera 2x18W	6	0,0432	1.741	1	451	0,01
			Plafoniera 4x18W	92	0,0864	1.741	1	13.839	0,30
			Plafoniera 1x36W	2	0,0432	1.741	1	150	0,00
			Plafoniera 2x36W	147	0,0864	1.741	1	22.112	0,49
			Plafoniera 3x36W	46	0,129	1.741	1	10.331	0,23
			Plafoniera 4x36W	16	0,172	1.741	1	4.791	0,11
			Plafoniera 1x58W	350	0,0696	1.741	1	42.411	0,93
			Plafoniera 2x58W	14	0,139	1.741	1	3.388	0,07
			Lampada a fluorescenza da 15W E14	1	0,015	1.741	1	26	0,00
			Lampada a fluorescenza da 15W	8	0,015	1.741	1	209	0,00
			Lampada a fluorescenza da 20W E14	38	0,02	1.741	1	1.323	0,03
			Lampada a fluorescenza da 20W E27	12	0,02	1.741	1	418	0,01
			Lampada a incandescenza da 100W E27	7	0,1	1.741	1	1.219	0,03
	Piano terzo	Illuminazione interna	Plafoniera 4x18W	61	0,0864	1.741	1	9.176	0,20

			Plafoniera 6x18W	6	0,129	1.741	1	1.348	0,03
			Plafoniera 1x36W	44	0,0432	1.741	1	3.309	0,07
			Plafoniera 2x36W	68	0,0864	1.741	1	10.229	0,23
			Plafoniera 3x36W	8	0,129	1.741	1	1.797	0,04
			Plafoniera 4x36W	2	0,172	1.741	1	599	0,01
			Plafoniera 1x58W	210	0,0696	1.741	1	25.446	0,56
			Plafoniera 2x58W	5	0,139	1.741	1	1.210	0,03
			Plafoniera 3x58W	5	0,208	1.741	1	1.811	0,04
			Lampada a fluorescenza da 15W E14	78	0,015	1.741	1	2.037	0,04
			Lampada a fluorescenza da 15W	136	0,015	1.741	1	3.552	0,08
			Lampada a fluorescenza da 20W E14	86	0,02	1.741	1	2.995	0,07
			Lampada a fluorescenza da 20W E27	213	0,02	1.741	1	7.417	0,16
			Lampada alogena da 15W	8	0,015	1.741	1	209	0,00
			Lampada alogena da 18W	26	0,018	1.741	1	815	0,02
	Piano quarto	Illuminazione interna	Plafoniera 2x18W	3	0,0432	1.741	1	226	0,00
			Plafoniera 4x18W	72	0,0864	1.741	1	10.830	0,24
			Plafoniera 6x18W	6	0,129	1.741	1	1.348	0,03
			Plafoniera 1x36W	41	0,0431	1.741	1	3.077	0,07
			Plafoniera 2x36W	204	0,0864	1.741	1	30.686	0,68
			Plafoniera 3x36W	47	0,129	1.741	1	10.556	0,23
			Plafoniera 4x36W	1	0,172	1.741	1	299	0,01
			Plafoniera 1x58W	20	0,0696	1.741	1	2.423	0,05
			Plafoniera 2x58W	15	0,139	1.741	1	3.630	0,08
			Plafoniera 4x58W	1	0,278	1.741	1	484	0,01
			Lampada a fluorescenza da 10W	144	0,01	1.741	1	2.507	0,06
			Lampada a fluorescenza da 15W E14	4	0,015	1.741	1	104	0,00
			Lampada a fluorescenza da 20W E27	12	0,02	1.741	1	418	0,01
			Lampada alogena da 45W	17	0,045	1.741	1	1.332	0,03
	Piano quinto	Illuminazione interna	Plafoniera 4x18W	157	0,0864	1.741	1	23.616	0,52
			Plafoniera 6x18W	2	0,129	1.741	1	449	0,01
			Plafoniera 1x36W	32	0,0432	1.741	1	2.407	0,05
			Plafoniera 2x36W	282	0,0864	1.741	1	42.419	0,93
			Plafoniera 3x36W	40	0,129	1.741	1	8.984	0,20
			Plafoniera 4x36W	3	0,172	1.741	1	898	0,02
			Plafoniera 1x58W	50	0,0696	1.741	1	6.059	0,13
			Plafoniera 3x58W	1	0,208	1.741	1	362	0,01
			Lampada a fluorescenza da 15W E14	42	0,015	1.741	1	1.097	0,02
			Lampada a fluorescenza da 15W	9	0,015	1.741	1	235	0,01
			Lampada a fluorescenza da 20W E14	4	0,02	1.741	1	139	0,00
			Lampada a fluorescenza da 20W E27	39	0,02	1.741	1	1.358	0,03
			Lampada alogena da 45W	3	0,045	1.741	1	235	0,01
	Piano sesto	Illuminazione interna	Plafoniera 4x18W	121	0,0864	1.741	1	18.201	0,40
			Plafoniera 2x36W	4	0,0864	1.741	1	602	0,01
	Scale	Illuminazione interna	Plafoniera 2x18W	5	0,0432	8.760	1	1.892	0,04
			Plafoniera 4x18W	5	0,0864	8.760	1	3.784	0,08

	Corridoi	Illuminazione interna	Plafoniera 1x36W	40	0,0432	8.760	1	15.137	0,33
			Plafoniera 2x36W	6	0,0864	8.760	1	4.541	0,10
			Lampada a fluorescenza da 15W	23	0,015	8.760	1	3.022	0,07
			Plafoniera 2x18W	1	0,0432	8.760	1	378	0,01
			Plafoniera 4x18W	511	0,0864	8.760	1	386.758	8,51
			Plafoniera 1x36W	32	0,036	8.760	1	10.092	0,22
			Plafoniera 2x36W	21	0,0864	8.760	1	15.894	0,35
			Lampada a fluorescenza da 15W E14	16	0,015	8.760	1	2.102	0,05
			Lampada a fluorescenza da 15W	282	0,015	8.760	1	37.055	0,82
			Lampada a fluorescenza da 20W E27	49	0,02	8.760	1	8.585	0,19
Climatizzazione estiva	Piano seminterrato	Condizionatori	Split da 9000 BTU	2	1,315	990	0,8	2.083	0,05
			Split da 12000 BTU	8	1,755	990	0,8	11.120	0,24
			Split da 18000 BTU	3	2,64	990	0,8	6.273	0,14
			Split da 24000 BTU	1	3,515	990	0,8	2.784	0,06
	Piano terra	Condizionatori	Split da 7000 BTU	5	1,025	990	0,8	4.059	0,09
			Split da 9000 BTU	30	1,315	990	0,8	31.244	0,69
			Split da 12000 BTU	38	1,755	990	0,8	52.818	1,16
			Split da 18000 BTU	12	2,64	990	0,8	25.091	0,55
			Split da 24000 BTU	5	3,515	990	0,8	13.919	0,31
	Piano primo	Condizionatori	Split da 7000 BTU	1	1,025	990	0,8	812	0,02
			Split da 9000 BTU	17	1,315	990	0,8	17.705	0,39
			Split da 12000 BTU	61	1,755	990	0,8	84.788	1,87
			Split da 18000 BTU	26	2,64	990	0,8	54.363	1,20
			Split da 24000 BTU	11	3,515	990	0,8	30.623	0,67
	Piano secondo	Condizionatori	Split da 7000 BTU	4	1,025	990	0,8	3.247	0,07
			Split da 9000 BTU	20	1,315	990	0,8	20.830	0,46
			Split da 12000 BTU	36	1,755	990	0,8	50.039	1,10
			Split da 18000 BTU	3	2,64	990	0,8	6.273	0,14
	Piano terzo	Condizionatori	Split da 7000 BTU	2	1,025	990	0,8	1.624	0,04
			Split da 9000 BTU	33	1,315	990	0,8	34.369	0,76
			Split da 12000 BTU	76	1,755	990	0,8	105.637	2,32
			Split da 18000 BTU	31	2,64	990	0,8	64.817	1,43
			Split da 24000 BTU	20	3,515	990	0,8	55.678	1,23
	Piano quarto	Condizionatori	Split da 7000 BTU	6	1,025	990	0,8	4.871	0,11
			Split da 9000 BTU	31	1,315	990	0,8	32.286	0,71
			Split da 12000 BTU	83	1,755	990	0,8	115.367	2,54
			Split da 18000 BTU	15	2,64	990	0,8	31.363	0,69
			Split da 24000 BTU	2	3,515	990	0,8	5.568	0,12
	Piano quinto	Condizionatori	Split da 7000 BTU	4	1,025	990	0,8	3.247	0,07
			Split da 9000 BTU	29	1,315	990	0,8	30.203	0,66
			Split da 12000 BTU	43	1,755	990	0,8	59.768	1,32
			Split da 18000 BTU	18	2,64	990	0,8	37.636	0,83
	Piano sesto	Condizionatori	Split da 7000 BTU	4	1,025	990	0,8	3.247	0,07
			Split da 9000 BTU	31	1,315	990	0,8	32.286	0,71
			Split da 12000 BTU	28	1,755	990	0,8	38.919	0,86

			Split da 18000 BTU	3	2,64	990	0,8	6.273	0,14
	Intero edificio	Condizionatori UNISERVIZI	Split da 9000 BTU	359	1,315	990	0,8	373.891	8,23
Produzione di ACS	Tutti	Acqua calda sanitaria	Boiler elettrici da 80 litri	44	1	8.760	0,5	192.720	4,24
Altre utenze elettriche	Piano terra	Mensa	Cella frigo positiva	3	37	3.200	0,7	82.880	1,82
			Cella frigo negativa	2					
			Forni	3					
			Brasiere	4					
			Friggitrice	1					
			Frigoriferi	5					
			Lava pentole	1					
			Estrattore	1					
Ascensori	Tutti	Trasporto	Ascensori	7	7	3.650	0,15	26.828	0,59
Altre utenze elettriche	Piano terra	Bar	Macchina del caffè	2	35	2.500	0,45	39.375	0,87
			Piastra	2					
			Frigoriferi	2					
	Piano terra	Banca	Attrezzature informatiche	1	7	2.500	0,5	8.750	0,19
	Piano terra	Barbiere	Asciugacapelli	2	1,2	2.000	0,5	2.400	0,05
Ventilazione	Piano terra	Tipografia	UTA	1	10	3.000	0,85	25.500	0,56
		Subtotale						2.845.467	62,61
Consumi totali da modello									
				TOTALE ANNUO =				4.545.005	100
Consumi totali da bolletta media anno 2015 - 2016 - 2017									
			TOTALE [kWh] =	4.543.609	SCARTO PERCENTUALE MODELLO-BOLLETTA [%] =			0,03	

Tabella 4 Modello vettore energia elettrica

MODELLO TERMICO - GAS NATURALE												
Fase di lavorazione	Aree	Apparecchiatura	N.	Potenza [kW=kJ/s]	PCI METANO [kJ/Sm³]	Sm³/h	mese/a	giorno/mese	h/giorno	Fattore di carico	Smc/a	%
Servizi generali (c.d. "utilities")												
Centrale termica	Riscaldamento Intero edificio	Caldaia Baltur Startre 1400	3	1.400	34.000	148	5,5	30	12	0,16	140.883	87,14
		Caldaia Baltur Startre 620	1	620	34.000	66	5,5	30	12	0,16	20.797	12,86
Subtotale											161.680	100

Consumi totali da modello												
									TOTALE ANNUO	161.680	100	

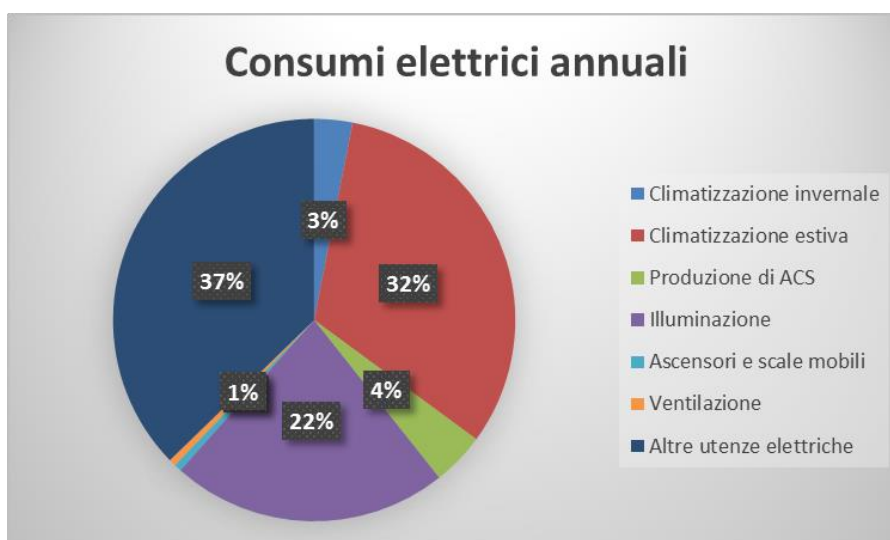
Consumi totali da bolletta media anno 2015 - 2016 - 2017												
					TOTALE [Sm³]	159.683			SCARTO PERCENTUALE MODELLO-BOLLETTA [%]	1,25		

Tabella 5
 Modello vettore termico

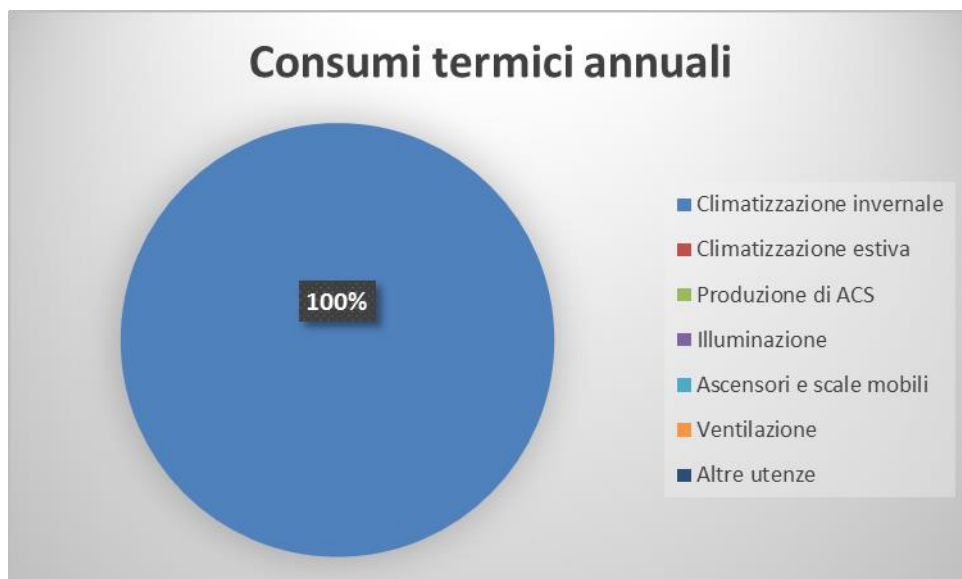
4.2. Ripartizione dei consumi secondo i servizi energetici presenti

Qui di seguito si riporta la ripartizione dei consumi elettrici e termici per ciascun servizio energetico. Come criterio di ripartizione si è fatto riferimento all'analisi dei carichi presenti attraverso lo studio dello stato di fatto.

Descrizione	Consumi [kWh]	%
Climatizzazione invernale	139.412	3,07%
Climatizzazione estiva	1.455.118	32,02%
Produzione di ACS	192.720	4,24%
Illuminazione	1.011.897	22,26%
Ascensori e scale mobili	26.828	0,59%
Ventilazione	25.500	0,56%
Altre utenze elettriche	1.693.531	37,26%
Totale	4.545.005	100%



Descrizione	Consumi di gas [Sm ³]	Consumi di gasolio [kg]	%
Climatizzazione invernale	159.683	2.323	100,00%
Climatizzazione estiva	0	0	0
Produzione di ACS	0	0	0
Illuminazione	0	0	0
Ascensori e scale mobili	0	0	0
Ventilazione	0	0	0
Altre utenze	0	0	0
Totale	159.683	2.323	100%



4.3. Confronto degli indicatori energetici e analisi critica dei consumi

Per ogni indicatore energetico individuato si riporta la tabella riassuntiva di verifica ovvero di confronto fra i valori limite di riferimento e quelli di calcolo. Come anticipato, sono stati utilizzati gli indici benchmark energetici dello studio ENEA, pertanto si assumono come indici di riferimento quelli ottenuti sulla base della media dei tre anni.

CONSUMI TERMICI			
Consumo termico (metano più gasolio) [kWh/a]	Superficie [m ²]	Indice [kWt/m ²]	Indice rif. [kWh/m ²]
1.560.514	68.595	23	86
Indice < Indice rif.			VERIFICATO

CONSUMI ELETTRICI			
Consumo elettrico [kWh/a]	Superficie [m ²]	Indice [kWh/m ²]	Indice rif. [kWh/m ²]
4.543.609	68.595	66	125
Indice < Indice rif.			VERIFICATO

Tabella 6 Confronto fra i valori limite di riferimento e quelli calcolati

5. DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

5.1. Interventi effettuati in passato ed in corso d'opera

La centrale termica principale è stata oggetto di ammodernamento da parte della ditta con la quale è stato stipulato il contratto di Servizio Energia che è intervenuta sostituendo tutte le caldaie della centrale termica. Per questo motivo, non sono proposti interventi di riqualificazione della centrale termica, mentre sono segnalati possibili interventi sulle sottocentrali di distribuzione, non interessate dall'opera di ammodernamento.

5.1.1. Intervento PREPAC 2017

Per il Palazzo della Marina è stato presentato un progetto di efficientamento energetico dell'impianto di illuminazione datato 12 luglio 2017 per il quale è stata ottenuta l'ammissione al Programma del PREPAC 2017. L'intervento consiste nella sostituzione degli attuali corpi illuminanti con tecnologia a Led per il quale è stato previsto il seguente scenario:

	ex ante	ex post	% di risparmio
Consumi illuminazione [kWh]	1.113.952	530.683	52,36%

Tabella 7 Scenario previsto dal PREPAC 2017 per il Palazzo della Marina

5.2. Individuazione di nuovi possibili interventi

Per ogni intervento è stata eseguita un'analisi dettagliata di seguito riportata. Il risparmio energetico è stato calcolato applicando le percentuali di risparmio, derivanti dalla simulazione mediante il programma di calcolo Edilclima, ai consumi reali dell'immobile oggetto di intervento.

5.2.1. Impianto solare termico

L'uso di acqua calda sanitaria all'interno del Palazzo della Marina è prevalentemente dovuto al fabbisogno per i lavelli dei bagni, i locali doccia sono pochi e non incidono sul consumo per la produzione di ACS. I locali adibiti a bagno sono allineati in corrispondenza delle colonne di scarico dell'edificio, l'acqua calda sanitaria è prodotta attraverso boiler elettrici di potenza 1,0 kW ciascuno per la produzione di acqua calda ad uso sanitario. Al fine di determinare il fabbisogno si è fatto riferimento al prospetto 12 delle UNI/TS 11300-2 che prevede un fabbisogno giornaliero di acqua calda riferita al metro quadrato di ufficio pari a 0,2 litri giornalieri, si ha quindi un fabbisogno di 15 metri cubi giornalieri alla temperatura di 40°C.



Figura 12 Boiler elettrico per acqua calda sanitaria

Si propone quindi l'installazione in corrispondenza di ciascuna colonna dei bagni di collettori solari termici ad alto rendimento per la produzione di acqua calda sanitaria del tipo piano a circolazione naturale con accumulatore/bollitore smaltato ad intercapedine con isolamento in poliuretano ed anodo di magnesio. Si prevede l'installazione di 4 pannelli e due accumuli da 300 litri in corrispondenza di ciascuna colonna dei bagni per un totale di 32 pannelli per complessivi 64 m², il tutto installato su apposite staffe con pannello inclinato di 30° rispetto all'orizzontale in modo da massimizzare il rendimento annuo e mantenere il pannello non visibile per un osservatore al livello del suolo. Si prevede l'installazione di una tubazione di adduzione e di una di ricircolo da calare nei cavedi a sviluppo verticale individuati in corrispondenza dei bagni. In corrispondenza di ciascun accumulo è previsto uno stacco dell'acqua proveniente dai pannelli. Se la temperatura dell'acqua prodotta dai collettori sarà sufficientemente alta, l'acqua sarà inviata all'utilizzo previa miscelazione termostatica in caso di temperatura troppo elevata, altrimenti sarà inviata al boiler elettrico.



Figura 13 Collettore solare termico

La tabella seguente riporta le prestazioni energetiche complessive attese per i 32 collettori solari termici da installare.

Energia solare incidente	121.719	kWh/anno
Energia utile dei collettori solari	86.392	kWh/anno
Copertura produzione annuale ACS	54%	
Coefficiente di utilizzo	100%	
Efficienza media dei collettori	71%	

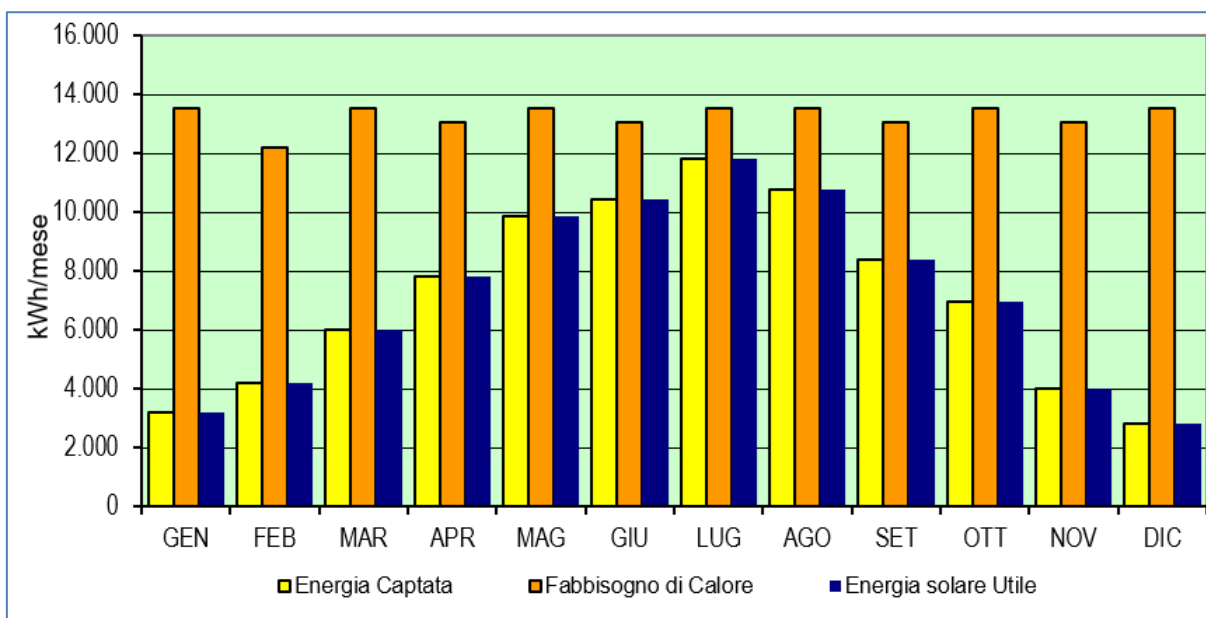


Figura 14 Diagramma del fabbisogno di calore per la produzione di acqua calda sanitaria e dell'energia solare prodotta dai pannelli solari termici

L'effettivo risparmio energetico dell'intervento proposto è stato calcolato tramite software Edilclima e tiene conto della stagionalità dei consumi, che ovviamente si riducono nel periodo estivo. Il risparmio annuo di energia elettrica per i boiler elettrici è pari a 86.392 kWh, equivalenti a 16,16 tep/anno, corrispondente ad un risparmio economico di 13.823,00 €/anno. Ipotizzando un costo degli otto impianti pari a 119.476,00 € comprensivo di progettazione, direzione lavori, oneri per la sicurezza fornitura e posa in opera, emerge un tempo di ritorno dell'investimento di circa 8,6 anni e un VAN a 20 anni di 47.576 €, considerando un tasso di attualizzazione del 5%.

Per l'intervento proposto è possibile accedere all'incentivo previsto dal Conto Termico 2.0 (D.M. 16/02/2016). Si calcola un incentivo di circa 3.562,00 €/a per 5 anni.

5.2.2. Impianto fotovoltaico

Si propone la realizzazione di un impianto fotovoltaico la cui produzione sia interamente destinata all'autoconsumo, di potenza di 140 kW_p che coprirebbe circa il 5,2% del fabbisogno elettrico annuo dell'edificio ottenibile a seguito della realizzazione degli altri interventi di riqualificazione energetica. L'impianto verrà installato sulla copertura del Palazzo Marina con pannelli orientati a sud sfruttando le aree con minore ombreggiamento, come indicato nella seguente foto aerea.



Figura 15 Data Sheet moduli fotovoltaici

È stata prevista l'installazione del supporto dei pannelli solari con una bassa inclinazione rispetto al piano orizzontale in modo da annullare l'impatto visivo dagli edifici limitrofi e soprattutto da aumentare la potenza installabile in quanto viene limitata la distanza tra le file di pannelli per evitare l'ombreggiamento reciproco.



Figura 16 Esempio di installazione di pannelli su tetto piano con zavorra di cemento senza forature del manto di copertura

Si propone di installare i moduli fotovoltaici di potenza pari a 250 W composti da 60 celle solari in silicio policristallino, con alto grado di efficienza, con le caratteristiche tecniche descritte nella scheda tecnica riportata nella figura seguente.

Moduli fotovoltaici ¹⁾				
Nome del prodotto		MPE 245 PS 60 EA	MPE 250 PS 60 EA	MPE 255 PS 60 EA
N° art. Schüco		274 672	274 673	274 674
Tipo di cella		Policristallina, 3 busbar		
Numero delle celle/Disposizione delle celle		60 / 6 × 10		
Dimensione delle celle	mm	156 × 156		
Grado di rendimento del modulo	%	15,05	15,36	15,67
Dati elettrici in condizioni standard ²⁾				
Potenza nominale (P_{npp}) ³⁾	W _p	245	250	255
Tolleranza di potenza (ΔP_{npp})	W _p	+5/-0		
Tensione nominale (U_{npp}) ³⁾	V	30,2	30,4	30,7
Corrente nominale (I_{npp}) ³⁾	A	8,18	8,28	8,38
Tensione a vuoto (U_{oc}) ³⁾	V	37,20	37,48	37,77
Corrente di corto circuito (I_{sc}) ³⁾	A	8,62	8,71	8,80
Coefficiente di temperatura α (P_{npp})	% / °C	-0,42		
Coefficiente di temperatura β (I_{sc})	% / °C	+0,06		
Coefficiente di temperatura γ (U_{oc})	% / °C	-0,32		
Temperatura nominale operativa delle celle (NOCT) ⁴⁾	°C	46 ± 2		
Tensione max. ammessa dal sistema	V	1000		
Corrente inversa massima	A	20		
Parametri meccanici				
Telaio		Anodizzato, argento (tipo RAL 7035)		
Vetro frontale		Vetro di sicurezza temprato (ESG) 3,2 mm		
Peso		19 kg		
Dimensioni (B × H × S)		986 × 1651 × 46 mm		
Lunghezza cavo		1000 mm		
Sistema di collegamento		Connettore Huber + Suhner (H+S)		
Scatola di giunzione		IP67, 3 diodi		
Unità di imballo		1 modulo		
Staffe Schüco		Tipo 47 o Tipo 38 o Tipo 41		
Certificazioni e garanzie ⁵⁾				
Standard prodotto		IEC 61215, EN 61730		
Garanzia prodotto		10 anni		
Garanzia di rendimento del 90 % $P_{npp\ min}$		12 anni		
Garanzia di rendimento dell'80 % $P_{npp\ min}$		25 anni		

Figura 17 Data Sheet moduli fotovoltaici

La tabella seguente riporta l'analisi tecnica ed economica dell'intervento. Ipotizzando un costo dell'impianto di 244.080,00 €, comprensivo di progettazione, direzione lavori, oneri per la sicurezza, fornitura e posa in opera, emerge un tempo di ritorno semplice dell'investimento di circa 9 anni. Per la produzione annua di energia da fotovoltaico si è fatto riferimento alla stima di rendimento del programma PVGIS release 5 riferito alla località Roma con una inclinazione dei pannelli di 10°.

Consumo medio annuo di riferimento ex ante	kWh	4.543.609
Consumo medio annuo di riferimento ex post	kWh	3.186.619
Energia elettrica prodotta annualmente	kWh	168.000
% di energia coperta da FTV	%	5,2
Produzione media annua di energia elettrica	kWh/kWh _p	1.200,00
Potenza impianto fotovoltaico	kW	140,00
Numero pannelli	n.	560,00
Superficie pannello	m ²	1,65
Superficie necessaria	m ²	2.100,00
Autoconsumo	%	100%
Risparmio economico	euro/anno	26.883,00
Investimento	euro	240.080,00
PBT semplice	anni	9,1

Tabella 8 Analisi costi - benefici impianto fotovoltaico

Il consumo medio annuo di riferimento ex post utilizzato per la valutazione considera i risparmi ottenibili dall'intervento di riqualificazione dell'impianto di illuminazione presentato al PREPAC 2017 e dagli altri interventi di riqualificazione previsti nel presente documento.

La seguente figura riporta la disposizione dei pannelli solari termici e fotovoltaici in copertura.



Figura 18 Disposizione sulla copertura dei pannelli solari termici (in rosso) e fotovoltaici (in blu)

5.2.3. Interventi sull'impianto di distribuzione

Gli squilibri di temperatura dovuti alla differente esposizione delle pareti possono essere attenuati negli ambienti riscaldati dai radiatori **con l'installazione di valvole termostatiche** e detentori, questo intervento ha anche il beneficio di favorire il bilanciamento dell'impianto e di permettere una semplice regolazione della temperatura nei singoli locali, una distribuzione inadeguata delle portate del fluido destinato alla climatizzazione aumenta in maniera considerevole il consumo energetico e riduce al tempo stesso il comfort ambientale. Questa operazione di per sé non troppo onerosa dovrebbe comunque essere associata ad una pulizia chimica dell'impianto ed all'installazione di pompe elettroniche con inverter per ridurre i consumi e prevenire fenomeni di rumorosità dell'impianto. L'installazione di pompe elettroniche con inverter associata alla parzializzazione dell'impianto attraverso l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori o valvole di bypass motorizzate sui ventilconvettori riduce gli assorbimenti elettrici delle pompe stesse di circa il 30%.

Per un corretto funzionamento delle valvole i comandi termostatici vanno installati in posizione orizzontale e rispettando il senso di flusso indicato dalla freccia sul corpo valvola; l'elemento sensibile dei comandi termostatici non deve essere installato in nicchie, cassonetti, dietro tendaggi, all'esposizione diretta dei raggi solari oppure sotto mensole molto sporgenti che ne falserebbero le rilevazioni. In questi casi o quando non è possibile l'installazione orizzontale, è indispensabile utilizzare il comando termostatico con sensore a distanza. Per le valvole termostatiche installate in locali aperti al pubblico è possibile montare un apposito guscio antifurto e antimanomissione fornito dalle principali case costruttrici delle valvole. Sarà necessaria una corretta pulizia dell'impianto per evitare che sporco e fanghi presenti nelle tubazioni e nei corpi scaldanti impediscano il corretto funzionamento delle nuove valvole.

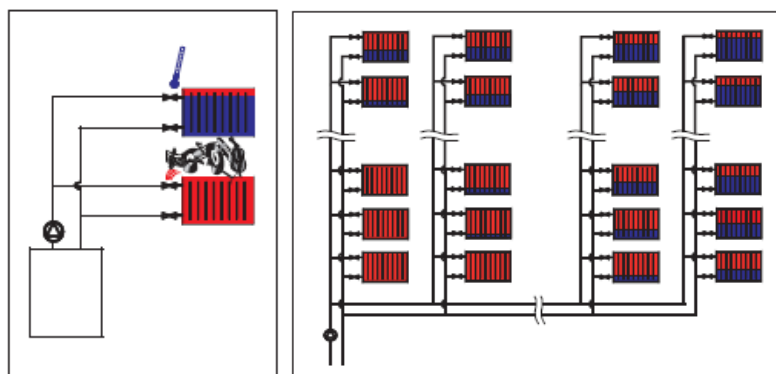


Figura 19 Impianto non bilanciato con non perfetta distribuzione del calore e rischio di rumorosità in vicinanza della centrale termica

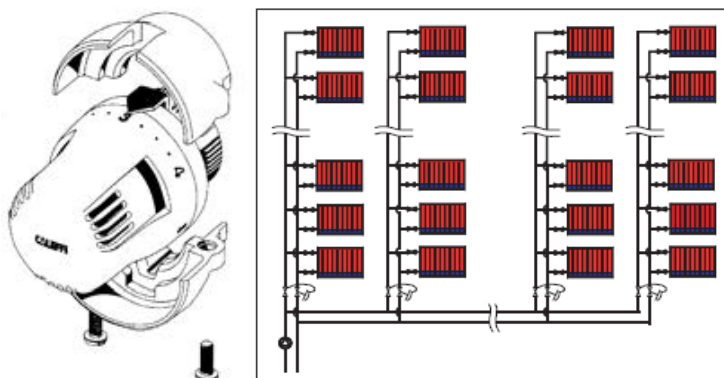


Figura 20 Impianto bilanciato con distribuzione del fluido termovettore uniforme in tutti i corpi scaldanti (in locali aperti al pubblico è consigliabile proteggere le valvole termostatiche con speciali gusci antimanomissione)

Il costo stimato per la fornitura e posa in opera delle valvole termostatiche e dei detentori su tutti i corpi scaldanti, la pulizia dell'impianto, e la sostituzione dei circolatori delle

sottocentrali termiche con pompe ad inverter sul circuito di distribuzione è pari a 205.452 €. Il costo totale tiene conto anche della progettazione, direzione lavori e oneri per la sicurezza.

Il risparmio di energia primaria è stato calcolato pari a 57.486 metri cubi di metano all'anno e di 94.521 kWh_e di energia elettrica (complessivamente 65,10 tep/a). Il risparmio economico annuo ammonta a 66.861 €, per un tempo di ritorno dell'investimento di circa 3,07 anni.

5.2.4. Sostituzione caldaia a gasolio dei Carabinieri

La zona occupata da uffici e alloggi dell'Arma dei Carabinieri è attualmente riscaldata sia dall'impianto principale (che nel periodo notturno viene spento) che da una caldaia a gasolio ormai obsoleta, installata in un locale coperto nel Cortile IV. Si propone la sua sostituzione con una caldaia a condensazione a gas di potenza 115 kW con regolazione climatica, che servirà a coprire per intero il fabbisogno di questa parte di fabbricato. Per quanto riguarda l'impianto di distribuzione e di emissione di calore, saranno installate valvole termostatiche e detentori su tutti i radiatori e verrà effettuata una efficace pulizia dei radiatori stessi.

L'intervento di sostituzione del generatore di calore esistente con una caldaia a condensazione abbinato all'intervento descritto successivamente di installazione di valvole termostatiche e pompe con inverter, è incentivato dal Conto Termico 2.0.

La tecnologia della condensazione consente di recuperare parte dell'energia termica presente nei gas esausti, che andrebbe altrimenti persa con l'evacuazione in atmosfera, attraverso appunto la loro condensazione e il recupero del calore ceduto dall'acqua durante il passaggio dallo stato di gas allo stato liquido. Le caldaie a condensazione possono raggiungere valori di rendimento superiori al 100%, ad esempio 106% o 107% soprattutto se in presenza di valvole termostatiche sui radiatori e di una regolazione climatica della temperatura di mandata della caldaia. Tra le modifiche in centrale in caso di installazione di una caldaia a condensazione deve essere previsto un sistema di smaltimento della condensa, debolmente acida. La canna fumaria delle caldaie a condensazione può essere realizzata in materiale plastico ed avendo un diametro notevolmente inferiore alla canna fumaria attuale in acciaio, potrà essere facilmente intubata all'interno di quest'ultima data la linearità della installazione come visibile nelle seguenti figure.



Figura 21 sviluppo canna fumaria attuale



Figura 22 attuale caldaia a gasolio

In impianti alimentati a gas metano o G.P.L i rendimenti raggiungibili sono molto più elevati rispetto agli impianti alimentati a gasolio (dove sono richieste temperature di ritorno del fluido vettore più basse, sotto i 46°C), inoltre le condense della combustione del gasolio sono notevolmente acide per cui richiedono costi superiori per la loro neutralizzazione,

l'intervento prevede quindi il passaggio ad una alimentazione a gas metano collegandosi alla linea che attualmente arriva ai locali della mensa. La regolazione in centrale termica sarà di tipo climatico con la sonda esterna che dialogherà con il termostato in ambiente.

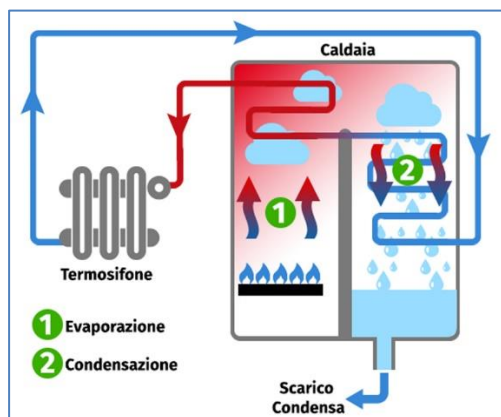


Figura 23 schema caldaia a condensazione

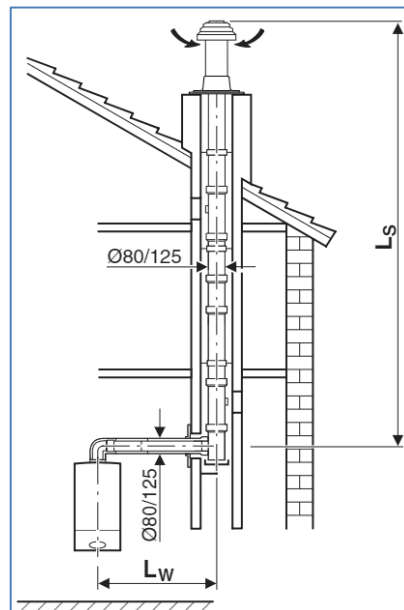


Figura 24 sviluppo canna fumaria intubata

Il costo stimato degli interventi di installazione della nuova caldaia, della nuova alimentazione a metano dei generatori di calore, del nuovo circolatore a giri variabili, della regolazione climatica e dell'intubamento della canna fumaria con nuovo condotto in PVC fino a tetto è pari a 28.194,00 €. L'investimento è comprensivo di progettazione, direzione lavori, oneri per la sicurezza, fornitura e posa in opera.

Il risparmio di gasolio è pari a 2.323 kg all'anno. Complessivamente l'intervento consente un risparmio energetico in termine di energia primaria di 0,44 tep/a. Il risparmio economico annuo ammonta a 700,00 €, inoltre l'intervento è incentivabile dal Conto Termico 2.0 per un incentivo pari a 10.000,00 €. Considerando l'incentivo, l'intervento ha un tempo di ritorno dell'investimento di circa 26 anni.

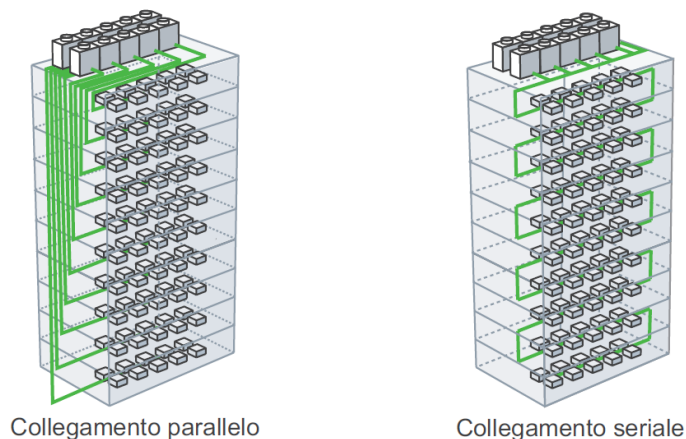
5.2.5. Centralizzazione impianto frigorifero

Palazzo Marina è caratterizzato dalla presenza di un elevato numero di impianti con motocondensante esterna installati in facciata. È indubbio che dal punto di vista estetico l'attuale configurazione abbia un impatto negativo sul pregio dell'edificio, dato che le varie facciate sono pesantemente modificate dalla presenza di queste unità esterne. Inoltre, anche dal punto di vista energetico, l'attuale configurazione risulta assai mediocre, con alcune unità che presentano rendimenti (EER) estremamente bassi data la vetustà e la posizione di installazione. L'attuale impianto presenta elevati costi di gestione, non solo per la manutenzione ordinaria, ma soprattutto per la sostituzione delle macchine non funzionanti.

L'idea progettuale è quindi quella di creare singole centrali frigorifere a servizio di specifiche zone, in modo da centralizzare l'impianto. Una tale soluzione centralizzata permetterebbe di monitorare i consumi energetici per il raffrescamento e di ottimizzare nel tempo il funzionamento degli impianti, riducendo inoltre i costi degli interventi di manutenzione.

Generalmente, nel caso di impianti molto estesi, si è sempre prediletto gli impianti ad acqua refrigerata per l'intrinseca difficoltà degli impianti a compressione di "spingere" il fluido refrigerante per circuiti di tubazione molto estesi. L'avvento dei moderni sistemi VRV ha però permesso di realizzare impianti estesi con sistemi a compressione semplice e rendimenti elevati. Quindi, per la centralizzazione dell'impianto di condizionamento estiva si è scelta la tecnologia VRV del tipo aria/aria. L'intervento prevede la sostituzione di tutti gli split interni

con split idonei al collegamento con il sistema VRV proposto, oltre all'installazione del circuito di distribuzione del fluido refrigerante dalle unità esterne alle singole unità a servizio degli uffici, la scelta più opportuna tra distribuzione in serie o in parallelo potrà essere definita in sede di progetto definitivo.



I compressori, tutti con controllo a inverter, consentono di regolare costantemente il volume del refrigerante. In questo modo la capacità corrisponde perfettamente al carico termico richiesto in ogni ambiente, evitando sprechi di energia. Inoltre, i compressori a inverter permettono un controllo preciso della temperatura del refrigerante, adattando automaticamente il sistema VRV alle necessità dell'edificio e al clima riducendo di conseguenza i costi di esercizio fino al 28%. L'assenza di compressori con comando ON/OFF significa poter eliminare correnti di spunto elevate, sempre più limitate dai gestori delle reti e dai fornitori di energia. Grazie alla costruzione leggera e all'assenza di vibrazioni delle unità esterne, i pavimenti non necessitano di rinforzo.

L'obiettivo dell'intervento è la sostituzione degli split installati, che ammontano a circa 1.100 unità (si veda il paragrafo 2.5).

Non essendo pensabile di poter alimentare tutti gli split con un unico impianto VRV, si è diviso l'impianto in varie zone di competenza, ciascuna alimentata da una macchina da 112 kW frigoriferi per un totale di 24 macchine, l'esatta ubicazione delle macchine esterne sarà definita in sede di progetto definitivo. Dal punto di vista dell'installazione, le unità esterne a servizio del corpo centrale e dei piani superiori saranno installate in copertura, mentre gli impianti a servizio dei piani inferiori potrebbero trovar posto nei vari cortili interni, ad esclusione ovviamente del cortile d'onore.

Per quanto riguarda le unità interne è stata prevista la loro installazione in corrispondenza delle porte con il passaggio delle tubazioni di adduzione nel controsoffitto dei corridoi, essendo il controsoffitto comunque molto alto, più alto dell'altezza di installazione delle unità interne di condizionamento è stata prevista l'installazione di una piccola pompa per innalzare la condensa alla quota del controsoffitto per poi essere canalizzata verso le tubazioni di scarico delle acque grigie dei bagni.

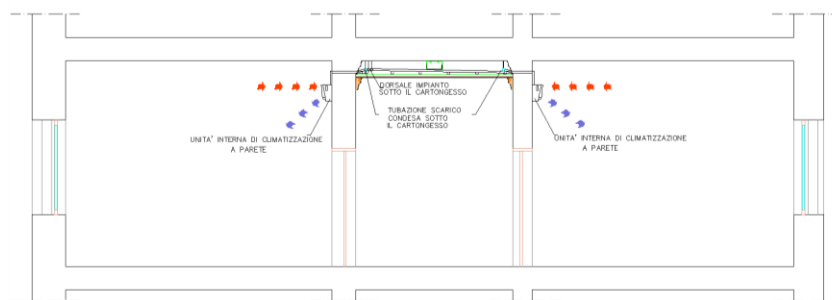


Figura 25 sezione corridoio con passaggi tubazioni refrigerante e tubazioni di scarico condensa

Per valutare il vantaggio energetico e di conseguenza il risparmio economico fornito dalla soluzione proposta, è necessario prima valutare le caratteristiche delle macchine frigorifere in uso. Come esposto nel precedente paragrafo, l'EER medio delle macchine attualmente in uso può essere ipotizzato pari a 2,0.

Le prestazioni stagionali delle macchine VRV proposte si attestano su valori di 6,87. Per quanto riguarda l'EER da scheda tecnica è pari a 3,6. In questo calcolo si è stimato che la macchina lavori in media nelle condizioni di progetto, trascurando quindi i casi di condizioni esterne estreme. La seguente tabella riporta il confronto tra il consumo calcolato nelle condizioni attuali ed il consumo post intervento.

Va evidenziato che il nuovo sistema di condizionamento sarà interfacciabile con un sistema di controllo remoto del tipo BACS, che permetterà una gestione efficiente dell'impianto, in particolare durante i periodi di mezza stagione.

TIPO DI IMPIANTO	ATTUALE	POST-INTERVENTO
EER	2,0	3,6
Consumo annuo per condizionamento [MWh _e]	1.455	815

Tabella 9 Confronto di consumo annuo di energia elettrica

Una stima preliminare del costo dell'intervento, inclusi gli oneri di progettazione, direzione lavori ed installazione, è pari a 2.372.483,00 euro. Nell'analisi economica non è stato considerato il risparmio legato ai mancati costi di manutenzione ordinaria e straordinaria degli split che verranno eliminati nelle zone oggetto dell'intervento. In base ai risultati esposti nella seguente tabella, l'installazione di un impianto centralizzato VRV allo scopo della climatizzazione estiva presenta un tempo di ritorno di circa 23 anni.

Costo dell'intervento	2.372.483,00	€
Risparmio economico	102.440,00	€/anno
Tempo di ritorno semplice	23	anni

Tabella 10 Bilancio economico

5.2.6. Interventi sull'involucro – sostituzione degli infissi

Attualmente, gli infissi dell'edificio sono per lo più con vetro singolo; tali infissi hanno una trasmittanza termica molto scadente, nell'ordine di 4,5-5 W/m²K.

È stata prevista la sostituzione di tutti gli infissi attuali. I singoli vetri attuali hanno una trasmittanza $U_g = 4,9$ W/m²K con trasmittanza complessiva stimabile degli infissi $U_{w,e} = 4,7$ W/m²K. È stato ipotizzato di installare un vetro 4-12-4 con intercapedine in gas Argon con $U_g = 1,30$ W/m²K e trasmittanza del nuovo infisso $U_{w,e} = 1,37$ W/m²K in modo che l'intervento sia idoneo anche ad accedere agli incentivi previsti dal Conto Termico 2.0. Al fine della determinazione della effettiva superficie finestrata è stato effettuato il rilievo di tutti gli infissi in base ai prospetti forniti.

Nello studio dell'intervento si è tenuto conto del pregio delle finestre esistenti mantenendo la finitura a legno; stante la ripetitività dei serramenti, si è considerato comunque più conveniente la sostituzione dell'intero infisso con nuovi infissi in legno lamellare riprendendo la colorazione degli attuali.



Figura 26 nuovo infisso in legno lamellare con vetro camera

Nella tabella sottostante si riportano i valori delle trasmittanze dei principali elementi di involucro di progetto confrontati con quelli allo stato di fatto ed imposti dalla normativa vigente. I valori di trasmittanza sia nello stato attuale che in quello di progetto sono stati ottenuti tramite il software “Edilclima”, che consente di calcolare le prestazioni energetiche degli edifici in conformità alle specifiche tecniche UNI/TS 11300 (climatizzazione invernale ed estiva, acqua calda sanitaria, illuminazione, ventilazione, trasporto di persone o cose).

STRATIGRAFIE			TRASMITTANZA U_w [W/m ² K]	
Elemento	Descrizione	NORMATIVA (DM 26.06.15 tab. 1 App. A)	STATO DI FATTO	PROGETTO
Infissi	Sostituzione infisso in legno e vetro singolo con infissi in legno lamellare a doppio vetro con gas Argon nell'intercapedine	2,10	4,80	1,37

Tabella 11 Trasmittanza termica

Il costo complessivo dell'intervento è stimabile in 3.010.216,00 €. L'intervento permetterà una riduzione dei consumi per la climatizzazione invernale stimabili in 45.031 Sm³/anno equivalenti ad un risparmio economico dovuto ai minori consumi di € 40.528,00 con un tempo di ritorno semplice dei costi dell'intervento di 74 anni; l'investimento può usufruire di un incentivo in Conto Termico fino ad un massimale di 100.000,00 € di contributo, che come si può notare dal costo dell'intervento non influenzerebbe molto il tempo di ritorno.

Nelle pagine seguenti si riportano le planimetrie con l'indicazione delle finestre oggetto di intervento.

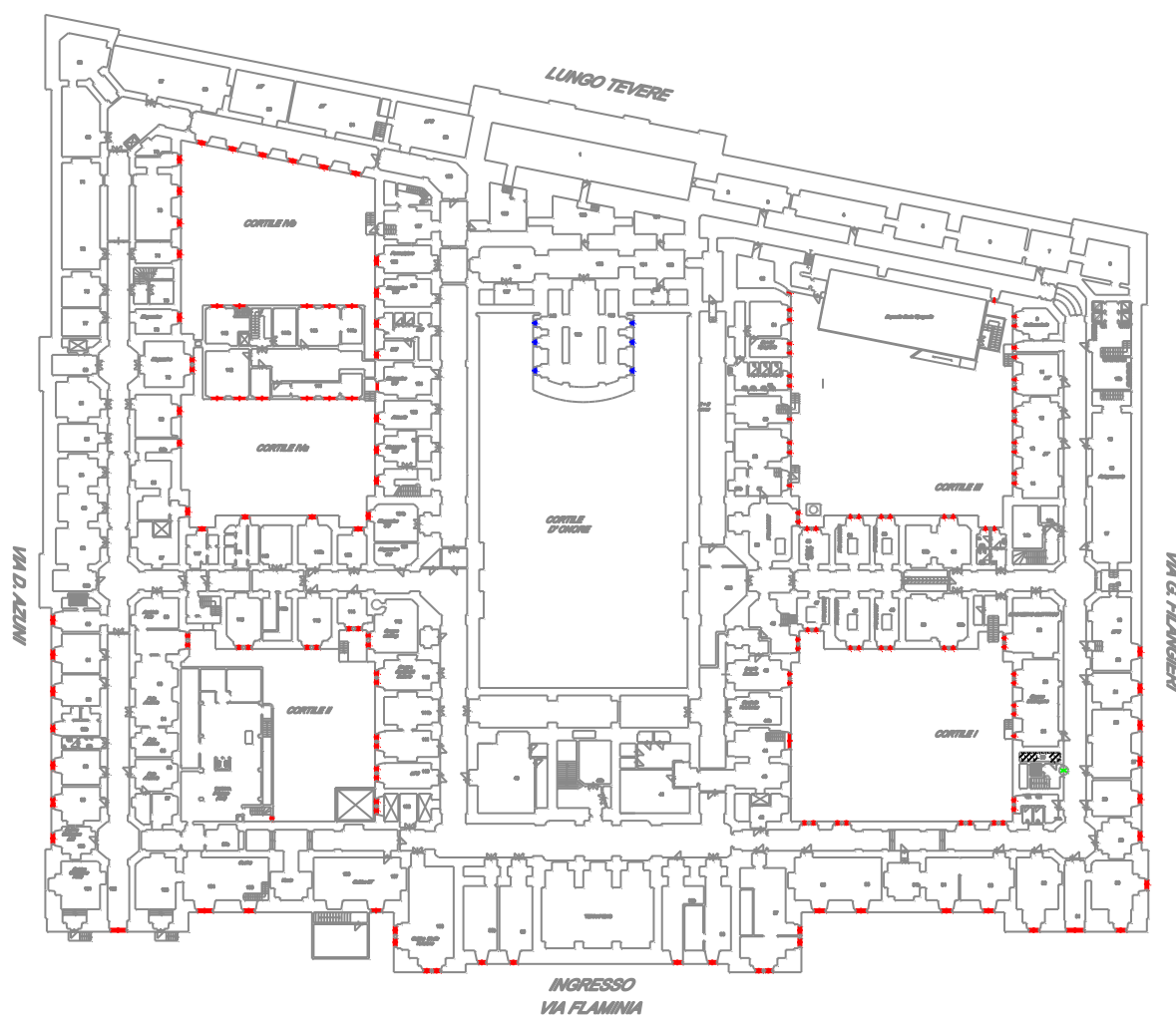


Figura 27 Sostituzione infissi piano interrato

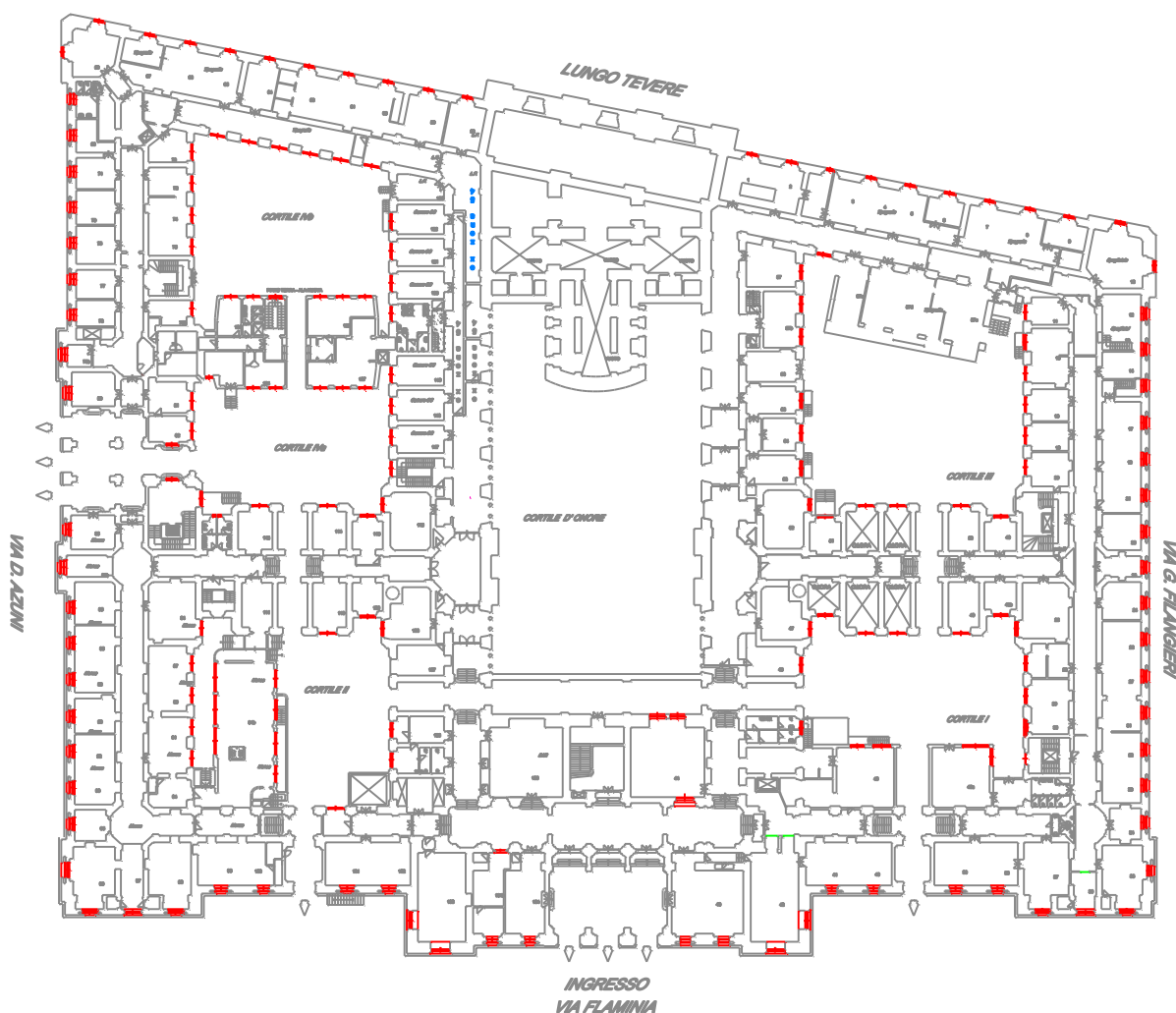


Figura 28 Sostituzione infissi piano terra

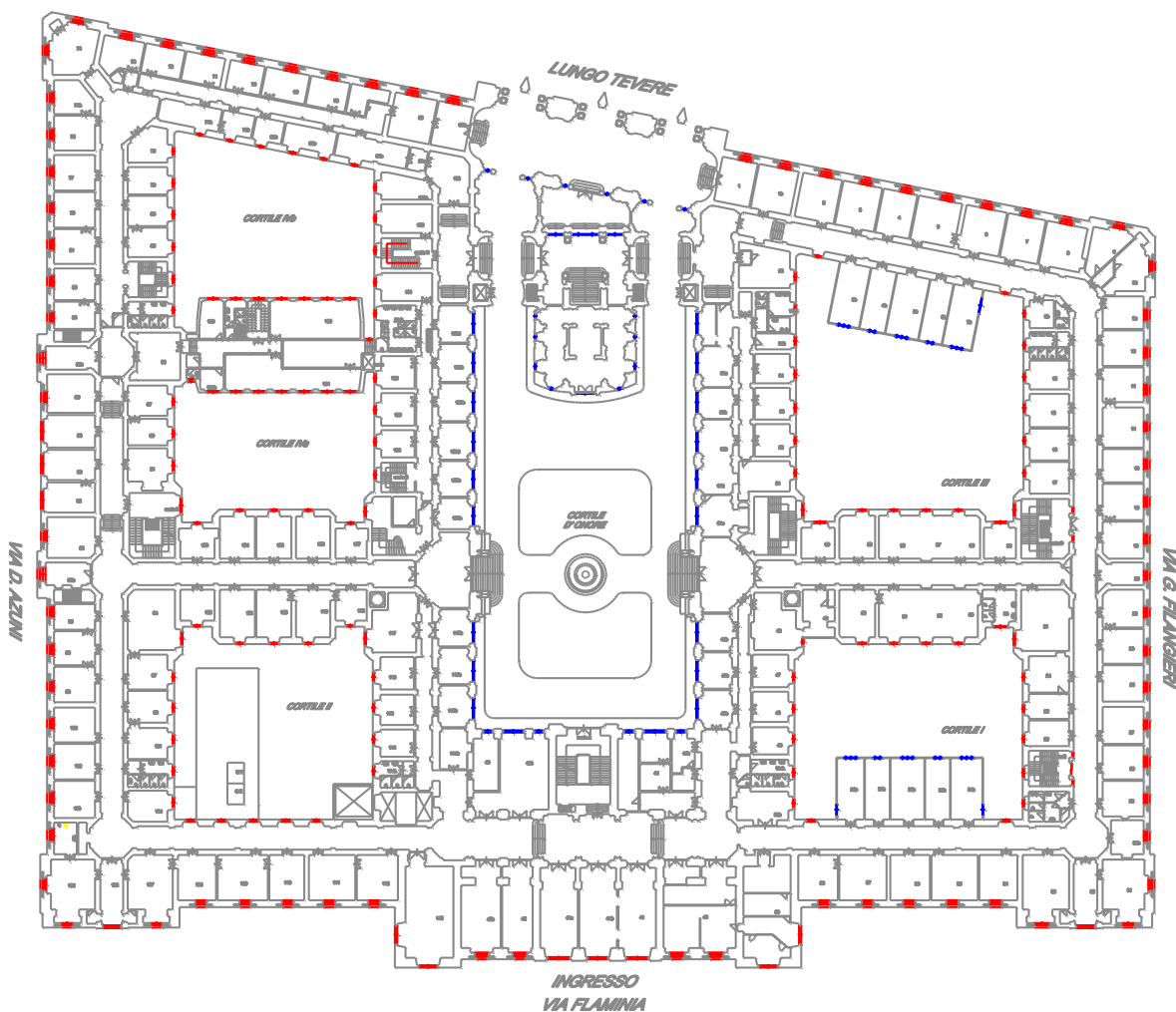


Figura 29 Sostituzione infissi piano primo

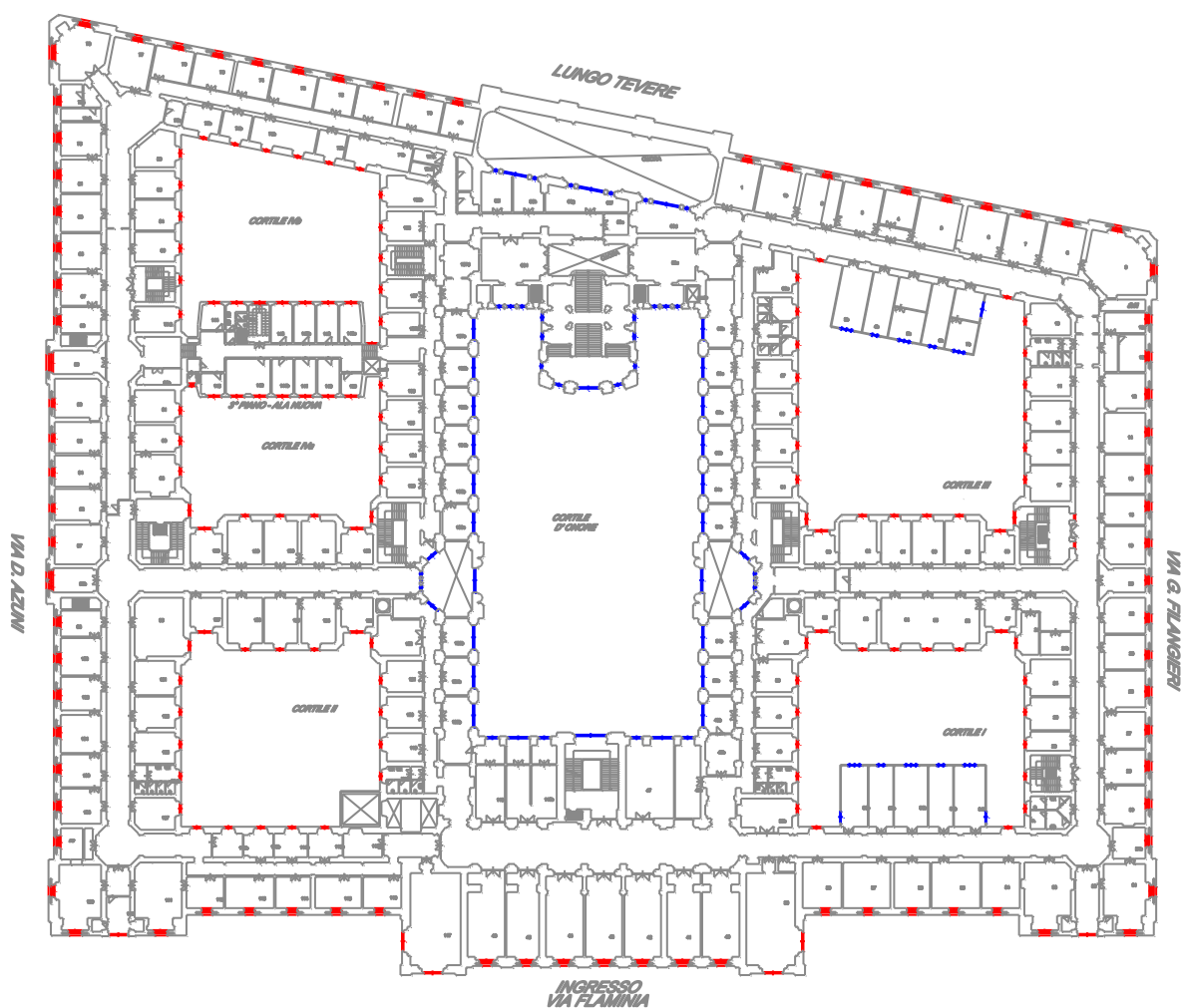


Figura 30 Sostituzione infissi piano secondo

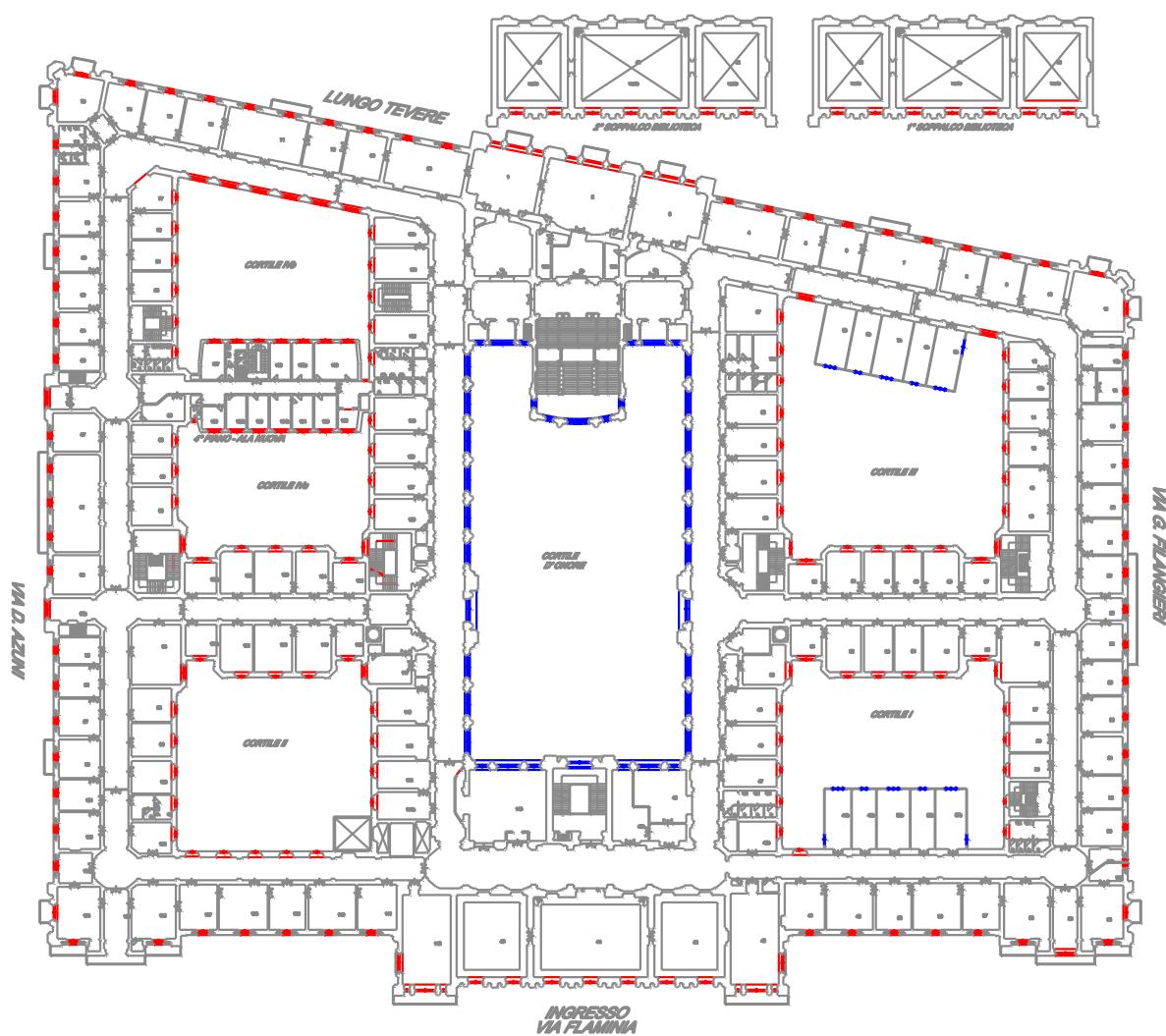


Figura 31 Sostituzione infissi piano terzo

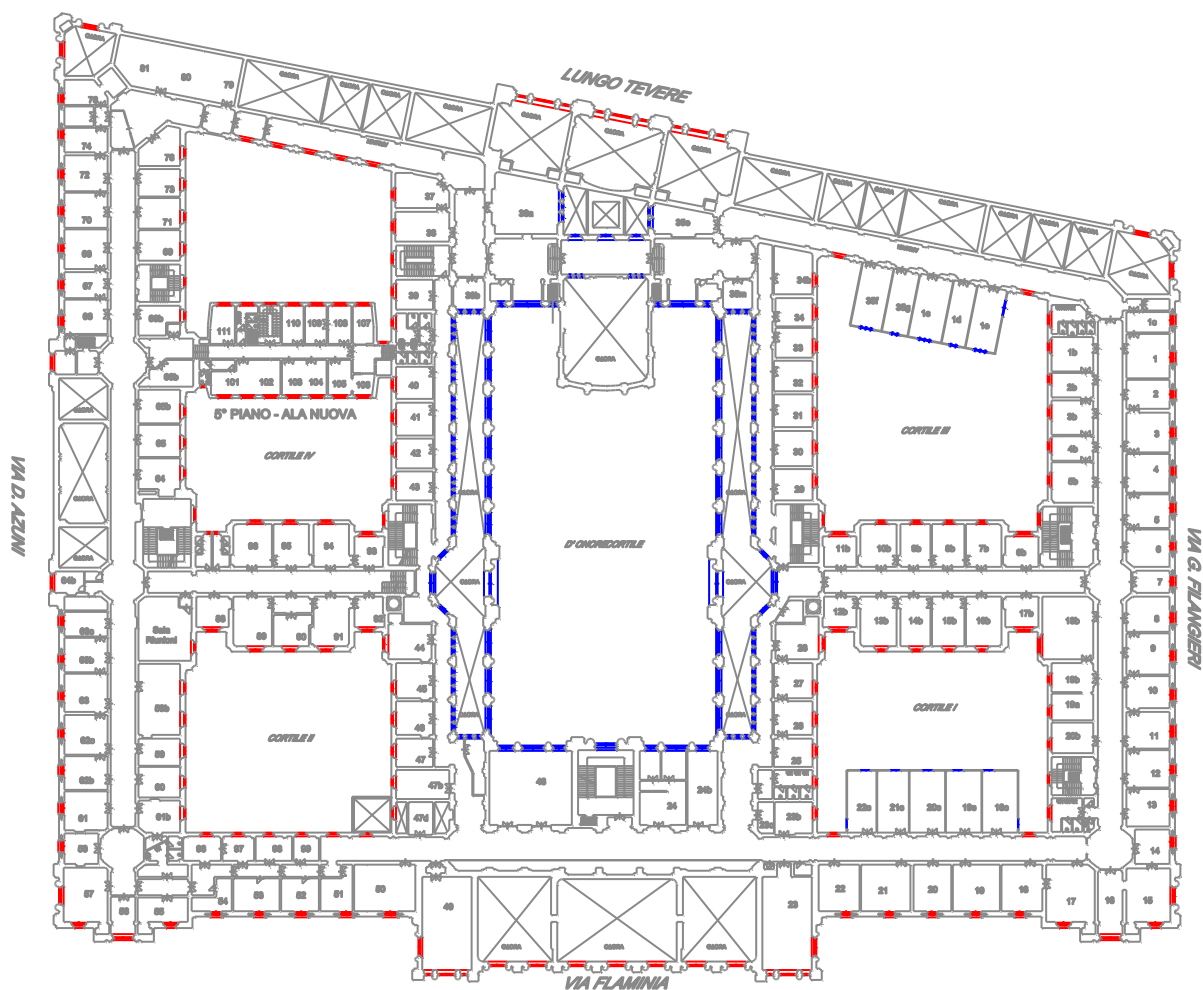


Figura 32 Sostituzione infissi piano quarto

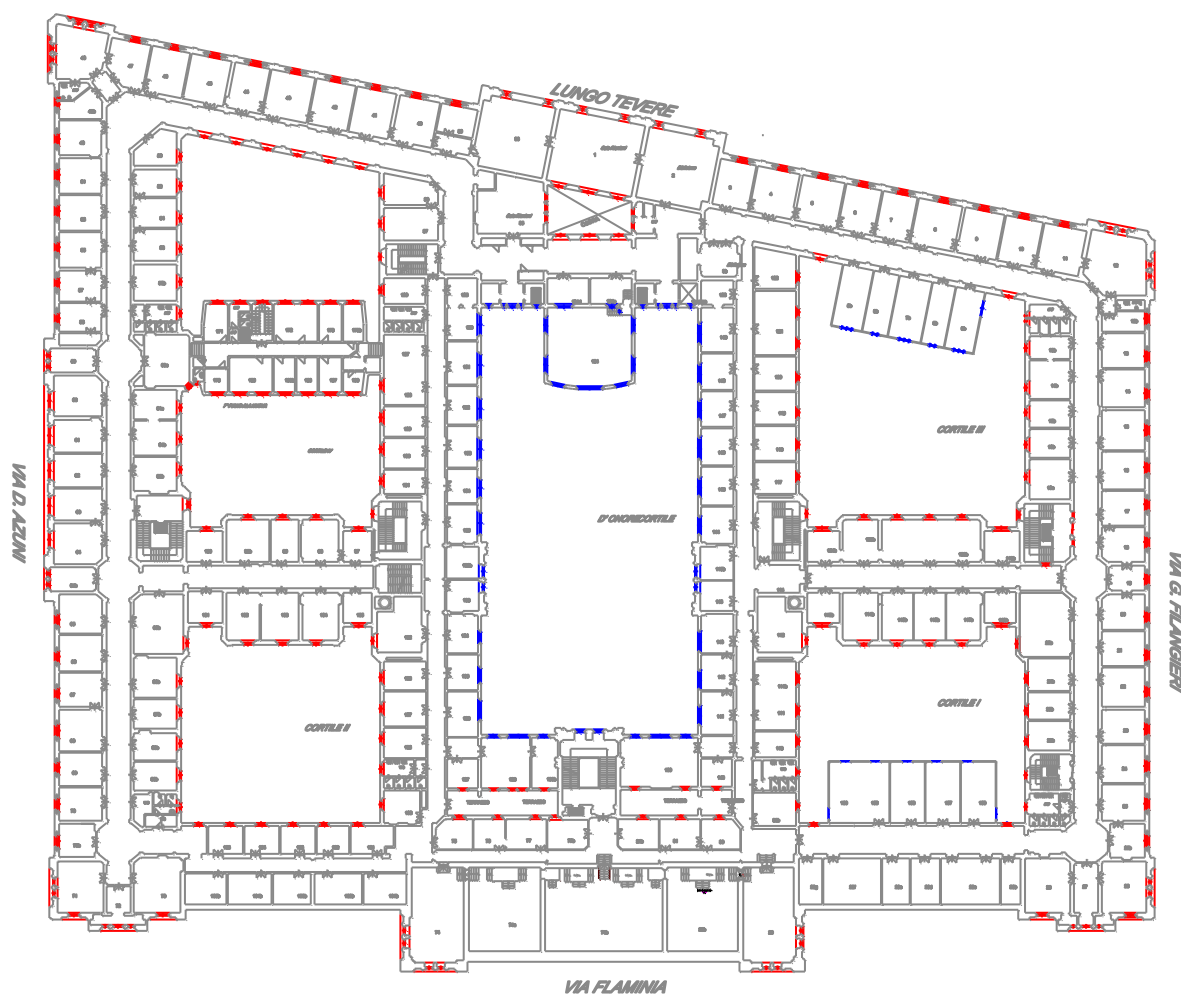


Figura 33 Sostituzione infissi piano quinto



6. CONCLUSIONI

Di seguito sono riportati gli interventi proposti ordinati secondo il parametro VAN/I decrescente. Laddove ottenibili, nelle valutazioni non sono stati considerati gli incentivi del Conto Termico 2.0, comunque riportati nei capitoli precedenti per gli specifici interventi. Il calcolo del VAN è riferito al ventesimo anno assumendo un tasso di attualizzazione del 5%.

Intervento	Investimento [€]	Risparmio energetico [tep/anno]	Risparmio [€/anno]	TIR [%]	VAN [€]	VAN/I
BILANCIAMENTO IMPIANTO	205.452,00	65,10	66.861	26%	602.581	2,93
SOLARE TERMICO	119.476,00	16,16	13.823	4%	47.576	0,4
IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 140 kW _p	244.080,00	31,42	26.883	4%	80.810	0,33
CALDAIA CARABINIERI	28.194,00	0,44	700	-11%	-19.736	-0,70
CENTRALIZZAZIONE RAFFRESCAMENTO	2.372.483,00	119,73	102.440	-7%	-1.134.459	-0,48
SOSTITUZIONE INFISSI	3.010.216,00	37,15	40.528	-15%	-2.520.428	-0,84

Tabella 12 Riepilogo interventi di efficientamento

Intervento	Investimento [€]	Risparmio energetico [tep/anno]	Risparmio [€/anno]	TIR [%]	VAN [€]	VAN/I
INTERVENTO COMPLESSIVO	5.979.901,00	260,98	241.253	-7%	-3.064.281	-0,51

Tabella 13 Riepilogo intervento complessivo

Nelle simulazioni per la valutazione dei risparmi energetici, singoli e complessivi, ottenibili dalla realizzazione degli interventi proposti si è considerato come già effettuato l'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti attuali con tecnologia LED, come previsto dal progetto approvato nel programma PREPAC 2017.

Si segnala, inoltre, che:

- il risparmio in termini di energia primaria dell'intervento complessivo simulato non è la somma dei risparmi dei singoli interventi in quanto non è valido il principio di sovrapposizione degli effetti;
- gli investimenti includono una stima degli oneri di progettazione, direzione lavori e sicurezza.

Firenze, 28 novembre 2018


Esco Italia S.r.l.
 Piazza della Libertà, 9 - 50129 Firenze
 Tel. 055 2344393 - Fax 055 2639736
 P.IVA/C.F. 07912930638
