

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Energetica

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare



Tesi di Laurea Magistrale

Diagnosi energetica di un Presidio Ospedaliero:

*Valutazione sull'utilizzo della cogenerazione per
il P.O. Martini di Torino*

Relatore:

Prof. Marco Masoero

Correlatore:

Ing. Jacopo Toniolo

Candidato:

Parola Fabio

Luglio 2018

INDICE

Sommario	1
Capitolo 1 - Introduzione	2
1.1 Cenni sui consumi nel settore sanitario	2
1.2 Il contesto regionale	3
Capitolo 2 – Il campo normativo	8
2.1 L’ambiente ospedaliero	8
2.1.1 Le condizioni termo-igrometriche	9
2.1.2 Requisiti per l’illuminazione	12
2.1.3 Requisiti per l’acqua calda sanitaria (ACS)	14
2.2 La diagnosi energetica	15
2.2.1 I requisiti per la diagnosi energetica	16
2.2.2 Elementi del processo di Energy audit	17
2.2.2.1 Contatto Preliminare	17
2.2.2.2 Incontro di avvio (o incontro preliminare)	18
2.2.2.3 Raccolta Dati	19
2.2.2.4 Attività in campo	19
2.2.2.5 Analisi	20
2.2.2.6 Rapporto	21
2.2.2.7 Incontro Finale	23
Capitolo 3 - Il Presidio Ospedaliero Martini	24
3.1 descrizione dell’edificio	24
3.2 Fruizione ed utilizzo della struttura	32
3.3 Caratteristiche impiantistiche della struttura	35
3.3.1 La centrale elettrica	35
3.3.2 Centrale termica	36
3.3.3 Impianti di ventilazione	39
3.3.4 Impianti di refrigerazione, riscaldamento e raffrescamento	41
3.3.5 Sistemi di illuminazione	45
3.3.6 Impianti elevatori	46
Capitolo 4 - Analisi energetica	47
4.1 Energia elettrica	47
4.1.2 Raccolta bollette	48

4.1.3 Consumi orari	53
4.1.4 Ripartizione dei consumi elettrici.....	59
4.1.4.1 Fabbisogno per Condizionamento	60
4.1.4.2 Fabbisogno Unità di trattamento aria.....	64
4.1.4.3 Fabbisogno per l'illuminazione.....	66
4.1.4.4 Fabbisogno terminali.....	67
4.1.4.5 Fabbisogno degli apparecchi elettromedicali	68
4.1.4.6 Fabbisogno dei componenti ausiliari.....	71
4.1.5 Riepilogo e suddivisione dei consumi elettrici	73
4.2 Energia termica.....	76
4.2.1 Raccolta bollette.....	77
4.2.2 Consumi orari e fabbisogni termici	85
4.2.2.1 Dettaglio sui consumi del teleriscaldamento	97
4.2.3 Riepilogo e suddivisione dei fabbisogni termici	104
4.3 Consumi idrici	106
4.4 Confronto e indici di Benchmark.....	108
4.5 Confronto spese	111
Capitolo 5 - Valutazione sull'utilizzo della Cogenerazione e misure di efficientamento.....	112
5.1 La cogenerazione	112
5.2 Motore a Combustione Interna (M.C.I.).....	116
5.3 Studio di fattibilità di un motore cogenerativo all'interno del presidio Martini.....	118
5.3.1 Dimensionamento	119
5.3.2 Analisi economica.....	125
5.3.2.1 Costo di Investimento	126
5.3.2.2 Costi di manutenzione	127
5.3.2.3 Costi dell'energia elettrica	127
5.3.2.4 Costo dell'energia termica	131
5.3.2.5 Analisi economica.....	134
5.3.3 Payback Period e valutazioni finali	141
5.4 Installazione di VSD sugli ausiliari di pompaggio.....	142
Conclusioni	145
BIBLIOGRAFIA.....	147
RINGRAZIAMENTI	149

Indice delle figure

Figura 1.2.1 Livelli di età convenzionale dei presidi ospedalieri - media regionale.....	3
Figura 1.2.2 Situazione attuale degli ospedali piemontesi.....	4
Figura 1.2.3 Confronto consumi / spesa energia termica	6
Figura 2.2.1 Processo di diagnosi energetica da norma UNI CEI/TR 11428.....	23
Figura 3.1.1 Vista aerea del presidio Martini	24
Figura 3.1.2 Suddivisione per zone del P.O. Martini	25
Figura 3.1.3 Pianta del primo piano del P.O. Martini.....	29
Figura 3.3.1 Foto delle caldaie a gas metano nella centrale termica.....	37
Figura 3.3.2 Scambiatore primario con la rete del teleriscaldamento	38
Figura 4.1.1 Schematizzazione semplificativa del flusso energia elettrica	47
Figura 4.1.2 Andamento dei consumi di energia elettrica 2015, P.O. Martini.....	50
Figura 4.1.3 Andamento dei consumi di energia elettrica 2016, P.O. Martini.....	51
Figura 4.1.4 Andamento dei consumi di energia elettrica 2017, P.O. Martini.....	52
Figura 4.1.5 Confronto consumi mensili nel triennio, P.O. Martini	52
Figura 4.1.6 Consumi orari scala totale	54
Figura 4.1.7 Consumi orari scala sui minimi	55
Figura 4.1.8 Consumi orari scala sui massimi	56
Figura 4.1.9 Settimana tipo energia elettrica.....	57
Figura 4.1.11 Giorno feriale tipo energia elettrica	58
Figura 4.1.10 Giorno feriale tipo energia elettrica	58
Figura 4.1.12 Energia elettrica in funzione della T media esterna.....	60
Figura 4.1.13 Suddivisione consumi con quota condizionamento.....	61
Figura 4.1.14 Differenza di consumo elettrico tra i giorni festivi e feriali.....	69
Figura 4.1.15 Ripartizione finale dei consumi elettrici, P.O. Martini	74
Figura 4.2.1 Flussi dell'energia termica nel P.O. Martini.....	76
Figura 4.2.2 Confronto consumi Smc 2016 e 2017	80
Figura 4.2.3 Andamento dei consumi per l'anno 2017	80
Figura 4.2.4 Andamento consumi TLR rispetto alla T media esterna, anno 2015, P.O. Martini	81
Figura 4.2.5 Andamento consumi TLR rispetto alla T media esterna, anno 2016, P.O. Martini	82
Figura 4.2.6 Andamento consumi TLR rispetto alla T media esterna, anno 2017, P.O. Martini	83
Figura 4.2.7 Confronto consumi TLR nel triennio, P.O. Martini	84
Figura 4.2.8 Andamento consumo mensile medio del triennio, P.O. Martini	84
Figura 4.2.9 Confronto tra i consumi giornalieri feriali e festivi	85
Figura 4.2.11 Curve giornaliere di consumo ottobre 2017 - dicembre 2017, P.O. Martini	86
Figura 4.2.10 Curve giornaliere di consumo ottobre 2016 - gennaio 2017, P.O. Martini.....	86
Figura 4.2.12 Suddivisione degli usi finali di energia termica da gas metano, 2017	88
Figura 4.2.13 Consumi teleriscaldamento 2015.....	89
Figura 4.2.15 Consumi teleriscaldamento 2017.....	90

Figura 4.2.14 Consumi teleriscaldamento 2016.....	90
Figura 4.2.16 Consumi orari scala totale	92
Figura 4.2.17 Consumi orari scala su minimi.....	93
Figura 4.2.18 Consumi orari scala su massimi.....	94
Figura 4.2.19 Suddivisione grafica dei consumi da TLR.....	96
Figura 4.2.20 Quote mensili suddivise per uso finale	97
Figura 4.2.21 Confronto tra i consumi giornalieri per i giorni festivi e feriali, P.O. Martini.....	98
Figura 4.2.24 Confronto tra i consumi giornalieri per i giorni festivi e feriali, scambiatore 117 P.O. Martini.....	99
Figura 4.2.23 Confronto tra i consumi giornalieri per i giorni festivi e feriali, scambiatore 116 P.O. Martini.....	99
Figura 4.2.22 Confronto tra i consumi giornalieri per i giorni festivi e feriali, scambiatore 115 P.O. Martini.....	99
Figura 4.2.25 Firma energetica per i consumi giornaliera da TLR, P.O. Martini	100
Figura 4.2.26 Settimana tipo consumi da teleriscaldamento	101
Figura 4.2.27 Giorno feriale tipo consumi da teleriscaldamento.....	102
Figura 4.2.28 Giorno festivo tipo consumi da teleriscaldamento.....	102
Figura 4.2.29 Richiesta termica media per un giorno invernale	103
Figura 4.2.30 Ripartizione dei consumi di energia termica sugli usi finali	106
Figura 4.4.1 Tep al metro quadro per i presidi ospedalieri del Piemonte, IRESS 2017.....	110
Figura 4.4.2 Consumo specifico di energia elettrica per posto letto, ospedali piemontesi...	110
Figura 5.1.1 Rendimenti a confronto tra cogenerazione e produzione separata.....	113
Figura 5.2.1 - Confronto tra motori primi sul piano Potenze elettrica - rendimento elettrico (Institute of Combustion Technology).....	117
Figura 5.3.1 Settimana tipo invernale, carico elettrico e termico.....	120
Figura 5.3.2 Potenze nominali del cogeneratore, settimana tipo invernale.....	121
Figura 5.3.4 Motore MAN E3262 LE 232	122
Figura 5.3.3 Estratto della scheda tecnica del motore MAN	122
Figura 5.3.5 Potenze nominali del cogeneratore, settimana tipo primaverile	123
Figura 5.3.7 Potenze nominali del cogeneratore, settimana tipo estiva	124
Figura 5.3.7 Potenze nominali del cogeneratore, settimana tipo autunnale	125
Figura 5.3.8 Andamento del VAN negli anni, caso1	138
Figura 5.3.9 Andamento del VAN negli anni, caso 2	140
Figura 5.3.10 Confronto tra i due casi	140
Figura 5.3.11 Emissioni percentuali del cogeneratore, da scheda tecnica	141
Figura 5.4.1 Curva dei costi in funzione della taglia dell'inverter	143

Indice delle tabelle

Tabella 1.2.1 Consumi medi annui dei P.O della Regione Piemonte	5
Tabella 1. 2 .2 Costi per l'approvvigionamento energetico	5
Tabella 1.2.3 Riassunto degli indici	7
Tabella 2.1.1 Fattori di ricambio dell'aria, Circolare 13011 del 22/11/1974	9
Tabella 2.1.2 Portata d'aria esterna minima UNI 10339	10
Tabella 2.1.3 Massima velocità dell'aria, UNI 10399	10
Tabella 2.1.4 Classi di efficienza dei filtri, UNI 10339.....	10
Tabella 2.1.5 Requisiti minimi prescritti dal DPR 14/01/97	11
Tabella 2.1.6 Condizioni termoigrometriche per le sale operatorie, UNI 11425	11
Tabella 2.1.7 Requisiti per l'illuminazione, UNI 12464.....	13
Tabella 2.1.8 Valori dei parametri a e Nu, UNI/TS 11300-2	15
Tabella 3.1.1 Superfici dei singoli padiglioni	28
Tabella 3.1.2 Suddivisione superfici per piano.....	29
Tabella 3.2.1 Riassunto di dati tecnici sulla fruizione della struttura	32
Tabella 3.3.1 Caratteristiche dei generatori funzionanti	37
Tabella 3.3.3 Elenco delle Unità di trattamento aria	39
Tabella 3.3.4 Elenco dei Gruppi Frigoriferi presenti.....	43
Tabella 3.3.5 Elenco degli impianti Split.....	44
Tabella 3.3.6 Censimento dei corpi illuminanti.....	45
Tabella 3.3.7 Elenco degli organi elevatori.....	46
Tabella 4.1.1 Consumi elettrici 2015, P.O. Martini	49
Tabella 4.1.2 Consumi elettrici 2016, P.O. Martini	50
Tabella 4.1.3 Consumi elettrici 2017, P.O. Martini	51
Tabella 4.1.4 Confronto consumi e spesa Energia Elettrica nel triennio, P.O. Martini.....	53
Tabella 4.1.5 Quota anno per anno dei consumi elettrici per condizionamento, P.O. Martini	61
Tabella 4.1.6 Consumo annuo calcolato per i gruppi frigoriferi, P.O. Martini	62
Tabella 4.1.7 Consumo annuo calcolato per gli impianti split, P.O. Martini.....	63
Tabella 4.1.8 Consumo annuo calcolato per le Unità di trattamento aria, P.O. Martini	65
Tabella 4.1.9 Riassunto ore equivalenti usate per il calcolo del fabbisogno da illuminazione	66
Tabella 4.1.10 Consumo annuo calcolato per illuminazione, P.O. Martini.....	67
Tabella 4.1.11 Consumo annuo calcolato per i terminali, P.O. Martini	68
Tabella 4.1.12 Differenza consumi elettrici tra giorni feriali e festivi calcolata sul totale annuale	69
Tabella 4.1.13 Differenza consumi elettrici tra giorni feriali e festivi calcolata su base mensile, anno 2017	70
Tabella 4.1.14 Differenza consumi elettrici tra giorni feriali e festivi su base mensile, riepilogo triennale	70
Tabella 4.1.15 Consumo annuo calcolato per gli ausiliari, P.O. Martini	72
Tabella 4.1.16 Riassunto dei consumi annui totali nel triennio, P.O. Martini	73
Tabella 4.1.17 Riepilogo consumi elettrici annui e in percentuale sulla media.....	73
Tabella 4.2.1 Bolletta gas metano, anno 2015, P.O. Martini	77

Tabella 4.2.2 Bolletta gas metano, anno 2016, P.O. Martini	78
Tabella 4.2.3 Bolletta gas metano, anno 2017, P.O. Martini	79
Tabella 4.2.4 Bollette teleriscaldamento, anno 2015, P.O. Martini.....	81
Tabella 4.2.5 Bollette teleriscaldamento, anno 2016, P.O. Martini.....	82
Tabella 4.2.6 Bollette teleriscaldamento, anno 2017, P.O. Martini.....	83
Tabella 4.2.7 Suddivisione usi finali caldaie a gas naturale, P.O. Martini	87
Tabella 4.2.8. Suddivisione dei consumi termici da teleriscaldamento	96
Tabella 4.2.9 Suddivisione dei fabbisogni di energia termica sugli usi finali	105
Tabella 4.3.1 Bollette acqua 2015, P.O. Martini.....	107
Tabella 4.3.2 Bollette acqua 2016, P.O. Martini.....	107
Tabella 4.3.3 Bollette acqua 2017, P.O. Martini.....	107
Tabella 4.4.1 Dati del P.O. Martini	108
Tabella 4.4.2 Riassunto consumi di energia primaria per Energia Elettrica.....	108
Tabella 4.4.3 Riassunto consumi di energia primaria per Gas Metano	108
Tabella 4.4.4 Riassunto consumi di energia primaria per il teleriscaldamento	108
Tabella 4.4.5 Indicatori energetici da Energia Elettrica.....	109
Tabella 4.4.6 Indicatori energetici da Gas Metano	109
Tabella 4.4.7 Indicatori energetici da Teleriscaldamento	109
Tabella 5.3.1 Riassunto dei costi di investimento iniziali	126
Tabella 5.3.2 Calcolo dell'energia da acquistare, caso 1	128
Tabella 5.3.3 Calcolo dell'energia da acquistare, caso 2	128
Tabella 5.3.4 Componenti fisse della bolletta elettrica, valori 2017.....	129
Tabella 5.3.5 Costo dell'energia elettrica da acquistare	130
Tabella 5.3.6 Prezzi delle accise, 2017	130
Tabella 5.3.7 Accise calcolate nei due casi	131
Tabella 5.3.8 Spesa di gas metano post cogenerazione, Caso 1	132
Tabella 5.3.9 Spesa di gas metano post cogenerazione, Caso 2	132
Tabella 5.3.10 Riassunto dei valori delle accise per il gas naturale	133
Tabella 5.3.11 Tabella riassuntiva dei costi per le accise all'anno nei due casi	133
Tabella 5.3.12 Flussi di cassa per la valutazione economica.....	134
Tabella 5.3.13 Flussi di cassa per il caso 1	137
Tabella 5.3.14 Valore attuale netto calcolato negli anni, caso 1	137
Tabella 5.3.15 Flussi di cassa per il caso 2	138
Tabella 5.3.16 Valore attuale netto calcolato negli anni, caso 2	139
Tabella 4.5.1 Risultati simulazione con Inverter	144
Tabella 4.5.2 Risultati confronto regolazione on-off con regolazione Inverter	144

Sommario

Il seguente lavoro di tesi si pone all'interno di un progetto di collaborazione tra il Politecnico di Torino e l'Azienda Sanitaria Locale Città di Torino ed ha come obiettivo primario quello di fornire strumenti necessari per interventi di efficientamento energetico nelle diverse strutture sanitarie e ospedaliere.

Il crescente interesse rispetto al tema ha portato infatti la direzione sanitaria della nuova A.S.L. (unione della vecchia A.S.L. TO-1 e A.S.L. TO-2) a nominare volontariamente un *Energy Manager* per proporre e sviluppare un nuovo modello di approccio nell'analisi dei consumi e nel miglioramento di realtà edilizie e tecnologiche oramai vetuste.

Il nostro gruppo di lavoro, formato da quattro tesisti e laureandi in Ingegneria Energetica e Nucleare, ha concentrato le proprie attenzioni su due strutture in particolare, e in questo caso specifico nel Presidio Ospedaliero Martini di Torino.

Il lavoro comune svolto ha portato a una massiccia raccolta dati e a un riordino complessivo del materiale necessario alla redazione di una diagnosi energetica, partendo dalle realtà strutturali e impiantistiche, dalla raccolta delle bollette energetiche degli ultimi tre anni, dalle funzioni e fruizioni delle strutture, fino ad arrivare a sopralluoghi tecnici e questionari con la direzione sanitaria.

Questa trattazione offre un quadro approfondito della situazione energetica dell'ospedale Martini sito in Via Tofane a Torino, analizzando a fondo i consumi termici ed elettrici, lo stato di fatto strutturale ed impiantistico, offrendo infine delle proposte di efficientamento.

Capitolo 1 - Introduzione

1.1 Cenni sui consumi nel settore sanitario

Negli ultimi decenni la società moderna pone crescente interesse alla cosiddetta “questione energetica”, argomento di dibattito che interessa il sistema economico, l’evoluzione tecnologica e la situazione ambientale in termini di inquinamento e di surriscaldamento globale.

La sempre più crescente domanda energetica pone infatti delle questioni cruciali per quanto riguarda i consumi, i costi e le emissioni derivanti dall’utilizzo dei diversi vettori energetici, spostando inevitabilmente l’attenzione sul tema dell’efficientamento energetico.

L’utilizzo totale di energia nel nostro paese riferibile al settore dell’edilizia è di circa il 35%, e di questo una quota rilevante è associata agli edifici pubblici di cui molte strutture sanitarie e ospedaliere.

Mediamente negli ospedali si osserva un consumo di tre volte superiore a quelli relativi al settore residenziale, a parità di condizioni climatiche. L’ospedale è infatti una struttura molto complessa, non solamente per le dimensioni e le diverse tecnologie che convivono al suo interno, ma soprattutto per il fatto che è l’unico edificio pubblico che deve mantenere un servizio costante tutti i giorni dell’anno, 24 ore su 24. In particolare, l’energia viene utilizzata per il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione e l’illuminazione degli ambienti, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la produzione di vapore per la sterilizzazione e per l’umidificazione, per i dispositivi terapeutici e diagnostici, per i trasporti interni, per le utenze ecc.

L’energia è uno degli elementi fondamentali per le funzionalità delle strutture sanitarie e le diverse fonti convergono ed interagiscono tra di loro per garantire ai degenti, ai dipendenti e all’utenza in generale, un servizio sicuro, confortevole e continuo.

Nonostante ciò risulta uno dei contesti in cui esiste il margine più ampio di difficoltà per l'attuazione di strategie energetiche efficienti per due ragioni:

- Spesso gli edifici presentano strutture non moderne e nel corso degli anni si susseguono migliorie tecnologiche per far fronte al continuo e crescente utilizzo delle strutture e per adeguarsi alle nuove normative.
- L'attenzione data nei confronti della problematica energetica è sostanzialmente bassa per via della poca sensibilità al tema ma soprattutto poiché l'incidenza dei costi per i consumi energetici non è preponderante se confrontato con i costi totali di gestione delle strutture.

1.2 Il contesto regionale

Alcuni studi condotti dall'IRES¹ Piemonte, Istituto di Ricerche Economico Sociali del Piemonte, hanno analizzato a fondo la situazione generale del patrimonio sanitario, al fine di valutare le politiche di investimento e la definizione di opportune strategie di intervento. Le attività di monitoraggio sono state svolte sia per analizzare il contesto edilizio e strutturale, sia per analizzare i consumi energetici degli ospedali.

Per la regione Piemonte vi è un generale peggioramento delle condizioni strutturali dei presidi ospedalieri. L'obsolescenza delle strutture, in un valore percentuale in cui al 100% corrisponde la circostanza peggiore, si attesta al 2017 al 70.4%, mentre la qualità delle strutture è scesa dal 77.4% al 74.4%

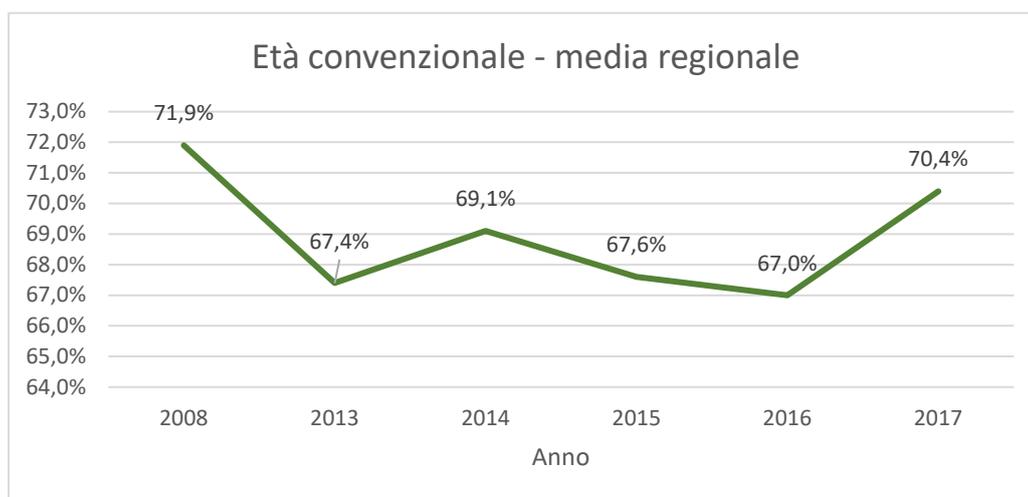


Figura 1.2.1 Livelli di età convenzionale dei presidi ospedalieri - media regionale

¹ IRES Qualificazione edilizia e funzionale degli ospedali pubblici regionali – Report Annuale 2017

Questa analisi evidenzia che il nostro patrimonio edilizio si avvia verso la sua fase tardiva e che di conseguenza le politiche di intervento devono tenere conto della vetustà delle strutture. Il Presidio Martini tuttavia ha delle strutture edilizie coerenti con le tipologie di funzioni svolte e che quindi permette una giustificata attenzione agli interventi di efficientamento energetico.

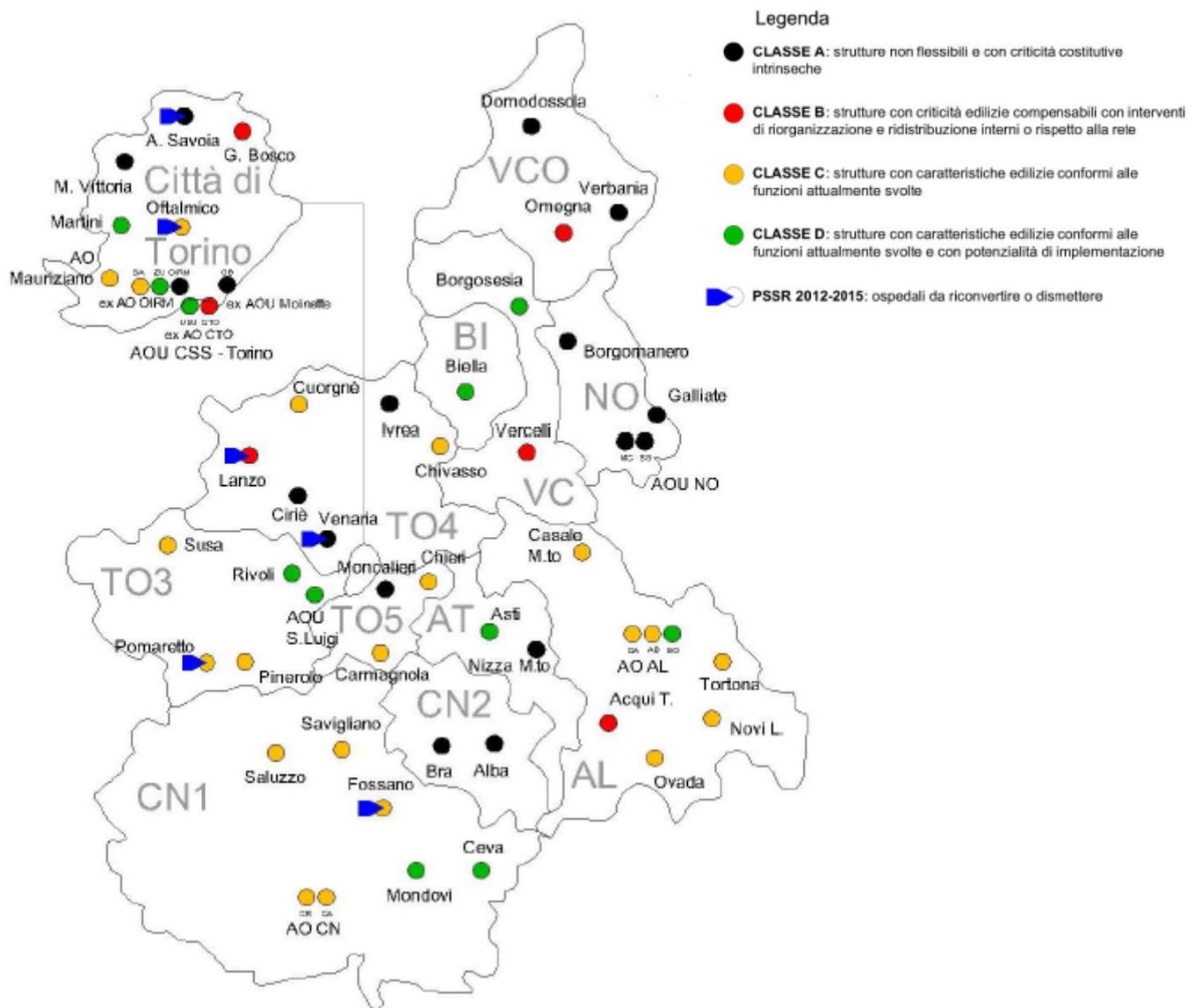


Figura 1.2.2 Situazione attuale degli ospedali piemontesi

Da un secondo rapporto dell'IRES ² invece viene rilevato per l'anno 2016 un consumo complessivo di energia primaria per le Strutture Sanitarie piemontesi di 129.5 kTep suddivisi in 62.7 kTep di energia elettrica e 66.8 kTep di energia termica.

I consumi in termini di Tep (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) negli ultimi 6 anni, come mostrato in tabella, è in leggera crescita, ma attesta sempre un equilibrio percentuale tra l'utilizzo di energia termica ed elettrica; in tabella 1.2.2 vengono riassunti i costi per l'approvvigionamento di energia.

Tabella 1.2.1 Consumi medi annui dei P.O della Regione Piemonte

	Energia Elettrica [Tep]	Energia Termica [Tep]	TOT [Tep]	% EE	% ET
2010	49.650	56.339	105.989	47%	53%
2011	54.019	54.295	108.314	50%	50%
2012	58.032	57.939	115.971	50%	50%
2013	55.126	56.606	111.732	49%	51%
2014	54.045	50.676	104.721	52%	48%
2015	57.536	55.120	112.656	51%	49%
2016	56.802	57.154	113.956	50%	50%
Media	55.030	55.447	110.477	50%	50%

Tabella 1. 2 .2 Costi per l'approvvigionamento energetico

	Energia Elettrica [€]	Energia Termica [€]	TOT [€]
2010	€ 30.617.263,00	€ 38.863.569,00	€ 69.480.832,00
2011	€ 34.110.712,00	€ 40.525.319,00	€ 74.636.031,00
2012	€ 47.327.137,00	€ 50.402.969,00	€ 97.730.106,00
2013	€ 48.044.675,00	€ 49.420.011,00	€ 97.464.686,00
2014	€ 46.786.558,00	€ 39.684.148,00	€ 86.470.706,00
2015	€ 45.489.397,00	€ 35.121.162,00	€ 80.610.559,00
2016	€ 42.297.572,00	€ 33.676.449,00	€ 75.974.021,00
Media	€ 42.096.187,71	€ 41.099.089,57	€ 83.195.277,29

² Ricognizione sui consumi e sulla spesa dei vettori energetici del patrimonio edilizio sanitario – Report 2017

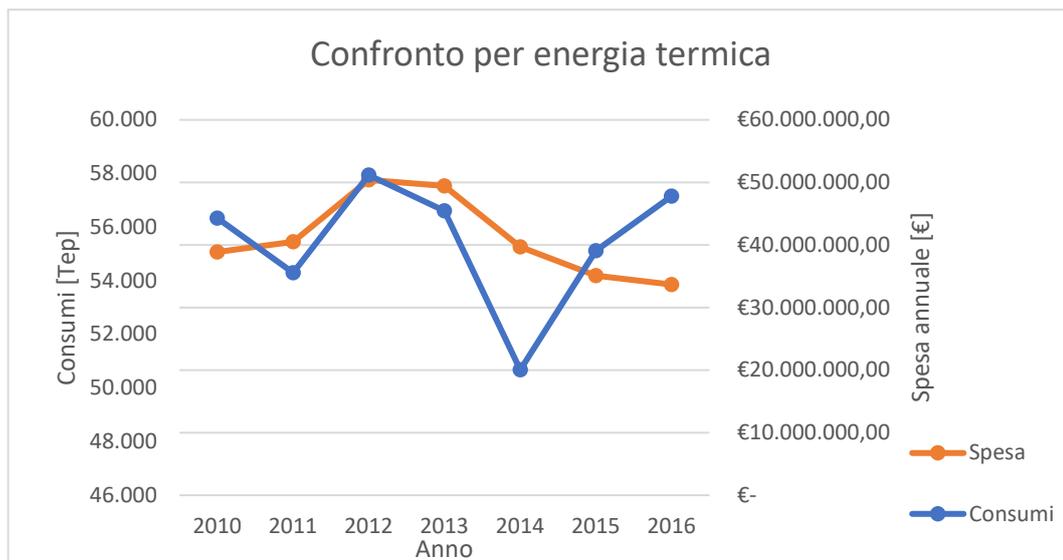


Figura 1.2.3 Confronto consumi / spesa energia termica

Da un rapido confronto tra i consumi di energia termica e i relativi costi associati, si nota un distacco più accentuato negli ultimi anni; questo trend è giustificato dal recente accesso dei presidi ospedalieri alle accise agevolate e alla defiscalizzazione per l'approvvigionamento del gas metano, possibile dall'estate del 2014 ³.

L'analisi continua con la valutazione di alcuni parametri di confronto tra i vari presidi ospedalieri del territorio, ponendo in relazione i relativi consumi con alcuni parametri oggettivi. Questo quadro generale permette di collocare la posizione del presidio in caso studio rispetto al resto degli ospedali, e di conoscere alcuni parametri di massima.

Nello specifico vengono confrontati e successivamente riassunti in tabella 1.3 i seguenti parametri:

- Consumi energetici su unità di superficie lorda $[\frac{Tep}{m^2}]$
- Energia termica rapportata ai metri quadri e ai Gradi Giorno $[\frac{kWh}{m^2 GG}]$
- Energia elettrica rapportata i metri quadri $[\frac{kWh}{m^2}]$
- Spesa unitaria per la fornitura di energia elettrica $[\frac{€}{kWh}]$
- Spesa unitaria per la fornitura di gas metano $[\frac{€}{Sm^3}]$
- Spesa unitaria per la fornitura di energia termica da teleriscaldamento $[\frac{€}{MWh}]$

³ Nota del 30 Luglio 2014 – Agenzia delle Dogane

Tabella 1.2.3 Riassunto degli indici

Ospedale Martini			
Consumi energetici su unità di superficie	0,035	Tep/m ²	bassa classe energetica
En. Termica rapportata ai metri quadri e ai GG	0,06	kWh/m ² GG	bassa classe energetica
En Elettrica rapportata ai metri quadri	125	kWh/m ² GG	media classe energetica
Spesa per fornitura en elettrica	0,18	€/kWh	Sopra la media (0.16)
Spesa per fornitura gas metano	0,44	€/ Sm ³	Nella media (0,43)
Spesa per fornitura en termica da teleriscaldamento	82	€/Mwh	Sopra la media (70)

Questa prima comparazione con le altre realtà del Piemonte anticipa in parte quello che sarà verificato con la diagnosi; l'ospedale Martini ha un buon rendimento di utilizzo dell'energia, ma potenzialmente il risparmio è elevato.

Capitolo 2 – Il campo normativo

2.1 L'ambiente ospedaliero

Nel settore sanitario esistono diverse norme e leggi che regolano i criteri e i vincoli per la progettazione delle strutture e degli impianti, in particolar modo quelli che puntano ad assicurare il comfort termoigrometrico ai fruitori delle strutture; per quanto riguarda il condizionamento dei locali, i parametri presi in considerazione sono la temperatura interna, l'umidità relativa e le concentrazioni di inquinanti, regolati tramite il controllo dei ricambi aria e del filtraggio. In questo specifico settore risulta importante una conoscenza di base e una verifica accurata delle normative vigenti, sia per quanto riguarda le prestazioni minime da garantire, sia per la redazione successiva della diagnosi energetica.

Per definire i fabbisogni termici e le condizioni necessarie in un complesso ospedaliero, è fondamentale suddividere in aree funzionali, zone le cui caratteristiche sono simili dal punto di vista impiantistico, strutturale, occupazionale e quindi con simili richieste energetiche.

Per il territorio italiano, con riferimento alle condizioni di benessere all'interno delle strutture sanitarie sono da considerare le direttive e normative:

- Circolare 22/11/1974 n.13100 del Ministero dei Lavori Pubblici⁴
- UNI 10339⁵
- UNI/TS 11300-2⁶
- UNI 11425⁷
- UNI 9182⁸
- UNI EN 12464-1⁹

⁴ Circolare 22/11/1974 n.13011 del Ministero dei Lavori Pubblici "Requisiti fisico-tecnici per le costruzioni edilizie ospedaliere. Proprietà termiche, igrometriche, di ventilazione e di illuminazione".

⁵ UNI 10339 del 1995 "Impianti aeraulici ai fini di benessere".

⁶ UNI/TS 11300-2 del 2014, "Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria".

⁷ UNI 11425 del 2011 "Impianti di ventilazione e condizionamento controllata per il blocco operatorio".

⁸ UNI 9182, "Impianti di alimentazione e distribuzione di acqua fredda e calda - progettazione, installazione e collaudo".

⁹ UNI EN 12464-1 del 2011, "Luce e illuminazione. Illuminazione nei posti di lavoro. Parte1: Posti di lavoro interni".

2.1.1 Le condizioni termo-igrometriche

La normativa di riferimento per la definizione delle condizioni di qualità dell'aria all'interno degli ambienti è la circolare 13011 del 22/77/1974; dal testo si può ricavare che:

- In tutti i reparti ospedalieri, servizi compresi, dovrà essere garantita, nel periodo invernale, una temperatura degli ambienti di 20°C +/- 2°C;
- nelle camere di degenza, nei locali ad uso collettivo e anche nei disimpegni inoltre dovrà essere assicurato, nel periodo invernale, un valore di umidità relativa dell'ambiente pari al 40% con tolleranza di +/- 5%;
- i valori del fattore di ricambio d'aria per i diversi locali dovranno essere quelli indicati tabella 2.1.1, assicurati da un sistema di ventilazione e filtrazione adatto, che garantisca una velocità dell'aria inferiore a 0,15 m/s negli ambienti. Nei vani dei servizi igienico-sanitari siano privi di finestra, e quindi dotati di impianto di ventilazione forzata, dovrà essere garantita la continuità di funzionamento dell'impianto stesso;

Tabella 2.1.1 Fattori di ricambio dell'aria, Circolare 13011 del 22/11/1974

Zona	Fattore di ricambio aria
Degenze in genere	2 vol/ora
Degenze bambini	3 vol/ora
Reparti diagnostica	6 vol/ora
Reparti speciali	6 vol/ora
Isolamento	12 vol/ora
Servizi igienici	10 vol/ora
Soggiorni	30 m3/ora per persona (minimo)

- Nei blocchi operatori sale travaglio, rianimazione, parti prematuri, lattanti, terapia intensiva, centro dialisi, centrale di sterilizzazione e laboratorio di analisi, dovrà esserci un impianto di condizionamento senza ricircolo atto ad assicurare che sia in estate che in inverno, i valori prescritti di temperatura interna, umidità relativa e velocità dell'aria siano rispettati, o in ogni caso conformi a quelli imposti dalla UNI 10339.

I parametri di ventilazione minimi previsti dalla normativa UNI 10399 e i valori massimo di velocità dell'aria ammissibili sono riportati nelle tabelle 2.1.2 e 2.1.3:

Tabella 2.1.2 Portata d'aria esterna minima UNI 10339

Zona	Portata d'aria esterna minima
Degenze	11 litri/s per persona
Corsie	11 litri/s per persona
Camere sterili	11 litri/s per persona
Camere per infettivi	Specificata in base alle esigenze
Sale mediche/soggiorni	8.5 litri/s per persona
Terapie fisiche	11 litri/s per persona
Sale operatorie/sale parto	Specificata in base alle esigenze
Servizi igienici	Estrazione di 8 volumi/ora

Tabella 2.1.3 Massima velocità dell'aria, UNI 10399

Zona	Riscaldamento[m/s]	Raffrescamento [m/s]
Degenze, corsie, camere sterili, infettivi, visite mediche e soggiorni	0.05-0.1	0.05-0.15
Maternità, anestesia, radiazioni, prematuri e sale operatorie	0.05-0.1	0.05-0.15
Terapie fisiche	0.1-0.2	0.15-0.25

Nella medesima normativa vengono anche riportate le classi dei filtri e l'efficienza di filtrazione suddivise nuovamente per categorie di edifici e zone:

Tabella 2.1.4 Classi di efficienza dei filtri, UNI 10339

Zona	Classe di filtri (min-max)	Efficienza di filtrazione
Degenze	6-8	M+A
Corsie	6-8	M+A
Camere sterili e infettivi	10-11	M+A+AS
Maternità, anestesia e radiazioni	10-11	M+A+AS
Prematuri e sale operatorie	11-12	M+A+AS
Visite mediche	6-8	M+A
Soggiorni e terapie fisiche	6-8	M+A

Il Decreto del Presidente della Repubblica del 1997 definisce inoltre i requisiti minimi da rispettare all'interno di una struttura sanitaria suddivisi in funzione delle destinazioni d'uso; nella fattispecie il complesso sanitario viene diviso in 13 ambienti funzionali, ciascuno con le sue caratteristiche.

Tabella 2.1.5 Requisiti minimi prescritti dal DPR 14/01/97

Ambiente funzionale	Temperatura [°C] (inverno-estate)	Umidità relativa [%] (inverno-estate)	Ricambi aria esterna [vol/h]
Pronto Soccorso	n.p.	n.p.	n.p.
Area degenza	n.p.	n.p.	n.p.
Reparto operatorio	20-24	40-60	15
Blocco parto	20-24	30-60	6
Rianimazione/terapia intensiva	20-24	40-60	6
Medicina nucleare	n.p.	n.p.	n.p.
Radioterapia	n.p.	n.p.	n.p.
Day Hospital	n.p.	n.p.	n.p.
Day Surgery	n.p.	n.p.	n.p.
Gestione farmaci	20-26	50±5	2
Servizio sterilizzazione	20-27	40-60	15
Servizio disinfezione	20-27	40-60	15
Servizio mortuario	18	60±5	15

La normativa UNI 11425 del 2011 invece fornisce le indicazioni per la corretta progettazione, installazione e messa in marcia degli impianti e dei componenti che concorrono al controllo della contaminazione ambientale e al mantenimento delle corrette condizioni termoigrometriche nei reparti in cui viene svolta attività chirurgica. Tali prescrizioni sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 2.1.6 Condizioni termoigrometriche per le sale operatorie, UNI 11425

Ambienti	Temperatura [°C]		U.R. [%]		Sovrappressione rispetto all'esterno [Pa]	Aria esterna [vol/h]	Aria di ricircolo [-]	Classi di pulizia secondo UNI EN ISO 14644-1	Livello filtrazione finale	Livello di pressione sonora [dBA]
	Inverno	Estate	Inverno	Estate						
Sale Operatorie a elevatissima qualità dell'aria	≥22	≤24	≥40	≤60	15 (1)	15	SI (2)	ISO5	H14	45 (3)
Sale operatorie a elevata qualità dell'aria					15 (1)	15	SI (2)	ISO7	H14	45 (3)
Sale operatorie a qualità dell'aria standard					15 (1)	15	- (4)	ISO8	H14	45 (3)
Depositi sterili	≥22	≤26	≥40	≤60	15	≥2 (5)	- (4)	-	H14	45

Preparazioni e operandi					10	≥2 (5)	- (4)	-	≥H12	-
Preparazioni e personale					10	≥2 (5)	- (4)	-	≥H12	-
Risveglio operandi					10	≥2 (5)	- (4)	-	≥H12	-
Corridoio pulito/sterile					10	≥2 (5)	- (4)	-	≥H12	-
Spazi filtro operandi					5	≥2 (5)	- (4)	-	≥F9	-
Spazio filtro personale					5	≥2 (5)	- (4)	-	≥F9	-
Substerilizzazione					10	≥2 (5)	- (4)	-	≥H12	-
Depositi puliti	≥18	≤26	≥40	≤60	10	≥2 (5)	- (4)	-	≥H12	-
Depositi sporchi					5	≥2 (5)	NO	-	≥HF9	-
<p>(1) Le sale operatorie ad uso di pazienti infetti, sono in depressione rispetto ai locali limitrofi</p> <p>(2) Si faccia riferimento agli esempi in appendice D</p> <p>(3) Nel caso di ristrutturazioni in cui sia necessario realizzare sale operatorie in classe IOS5 utilizzando sistemi di ricircolo in ambiente, si può al massimo raggiungere i 48 dB(A₉); tale scelta deve essere motivata nei documenti di progetto</p> <p>(4) Secondo la necessità di pulizia dell'aria nonché dal controllo</p> <p>(5) Valore minimo da assumere in assenza di altri valori che stabiliti in funzione delle esigenze specifiche di affollamento, delle sorgenti di contaminanti e basata sull'analisi del rischio</p> <p>in grigio: Valori imposti dalla legislazione vigente (Decreto del presidente della repubblica del 14/1/1997)</p>										

2.1.2 Requisiti per l'illuminazione

Nelle strutture ospedaliere è importante garantire un adeguato livello di illuminazione e di comfort luminoso agli utenti. Per il campo ospedaliero la normativa di riferimento è la UNI EN 12464 del 2011 che fornisce specifiche tecniche per l'illuminazione nei posti di lavoro, oltre che sempre dalla circolare 13011.

La UNI EN 12464-1 del 2011 definisce i requisiti di illuminazione, uniformità e grado di abbagliamento nelle diverse zone di lavoro; tali prescrizioni sono riassunte in tabella 2.1.7

Tabella 2.1.7 Requisiti per l'illuminazione, UNI 12464

Locali di uso generale				
Tipo di interno, compito o attività	Em [lx]	UGR _L	R _a	Note
Sale attesa	200	22	80	illuminamento a livello di pavimento
Corridoi: durante il giorno	200	22	80	
Corridoi: durante la notte	50	22	80	
Day room	200	22	80	
Locali per il personale				
Tipo di interno, compito o attività	Em [lx]	UGR _L	R _a	Note
Ufficio personale	500	19	80	
Stanza personale	300	19	80	
Corsie, reparti maternità				
Tipo di interno, compito o attività	Em [lx]	UGR _L	R _a	Note
Illuminazione generale	100	19	80	illuminamento a livello pavimento
Illuminazione di lettura	300	19	80	
Visita semplice	300	19	80	
Visita e trattamento	1000	19	80	
Luce notturna, luce sorveglianza	5	-	80	
Bagni, toilette per pazienti	200	22	80	
Locali diagnostici				
Tipo di interno, compito o attività	Em [lx]	UGR _L	R _a	Note
Illuminazione generale	500	19	90	
Visite e trattamento	1000	19	90	
Locali per visite oculistiche				
Tipo di interno, compito o attività	Em [lx]	UGR _L	R _a	Note
Illuminazione generale	300	19	90	
Visita esterna dell'occhio	1000	-	90	
Test di lettura e visione colori	500	19	90	
Locali per visite otorinolaringoiatriche				
Tipo di interno, compito o attività	Em [lx]	UGR _L	R _a	Note
Illuminazione generale	300	19	80	
Visita orecchio	1000	-	90	
Locali analisi				
Tipo di interno, compito o attività	Em [lx]	UGR _L	R _a	Note
Illuminazione generale	300	19	80	
Analisi con amplificatore di immagini e sistemi televisivi	50	19	80	
Sale parto				
Tipo di interno, compito o attività	Em [lx]	UGR _L	R _a	Note
Illuminazione generale	300	19	80	
Visita e trattamento	1000	19	80	
Locali di cura				
Tipo di interno, compito o attività	Em [lx]	UGR _L	R _a	Note
Dialisi	500	19	80	Raccomandato l'uso di apparecchi con regolazione del flusso luminoso
Dermatologia	500	19	80	
Endoscopia	300	19	80	
Ingessatura	500	19	80	
Bagni medicali	300	19	80	
Massaggio e radioterapia	300	19	80	
Sale operatorie				
Tipo di interno, compito o attività	Em [lx]	UGR _L	R _a	Note
Locale pre-operatorio e risveglio	500	19	90	
Sala operatoria	1000	19	90	
Area operatoria	Da 10000 a 100000 lx			
Rianimazione e cure intensive				
Tipo di interno, compito o attività	Em [lx]	UGR _L	R _a	Note
Illuminazione generale	100	19	90	illuminamento a livello pavimento
Visita semplice	300	19	90	illuminamento a livello pavimento
Visita e trattamento	1000	19	90	illuminamento a livello pavimento
Ingessatura	20	19	90	

Odontoiatria				
Tipo di interno, compito o attività	Em [lx]	UGR _L	R _a	Note
Illuminazione generale	500	19	90	
Sul paziente	1000	-	90	Esente da abbagliamento
Area operatoria	5000	-	90	Valori superiori a 5000 lx quando richiesto
Confronto con colore dei denti	5000	-	90	T _{CP} ≥ 6000 K
Laboratori e farmacie				
Tipo di interno, compito o attività	Em [lx]	UGR _L	R _a	Note
Illuminazione generale	500	19	80	
Ispezione colori	1000	19	90	T _{CP} ≥ 6000 K
Locali di decontaminazione				
Tipo di interno, compito o attività	Em [lx]	UGR _L	R _a	Note
Locali di sterilizzazione	300	22	80	
Locali disinfestazione	300	22	90	
Locali per autopsia e camera mortuaria				
Tipo di interno, compito o attività	Em [lx]	UGR _L	R _a	Note
Illuminazione generale	500	19	90	
Tavolo per autopsia e dissezione	5000	-	90	Valori superiori a 5000 lx quando richiesto

La circolare 13011, invece, definisce i livelli minimi di illuminazione minimi per assicurare negli ambienti di degenza e diagnostica un adeguato livello di illuminazione, con specifico riferimento all'illuminazione artificiale; i suddetti livelli sono:

- 300 LUX sul piano di lavoro di osservazione medica (Escluso il piano operatorio)
- 200 LUX sul piano di lavoro negli spazi di lettura, laboratori, uffici
- 100 LUX misurati su un piano ideale posto a 0.60m dal pavimento negli spazi per riunioni, ginnastica ecc.
- 80 LUX misurati su un piano ideale posto a 1.00m dal pavimento nei corridoi, nelle scale, nei servizi igienici, negli atrii e negli spogliatoi

Inoltre, per evitare i fenomeni dell'abbagliamento, nella normativa è specificato di come non ci debbano essere nel campo visivo degli oggetti la cui luminanza sia 20 volte maggiore rispetto ai valori medi.

2.1.3 Requisiti per l'acqua calda sanitaria (ACS)

Un parametro importante nel contesto ospedaliero è il volume di acqua calda sanitaria utile allo svolgimento delle attività della struttura. Questo valore è normato dalla UNI/TS 11300-2 che offre degli indici in funzione della tipologia di attività.

Per gli edifici non residenziali, il volume di acqua calda richiesta è calcolato come:

$$\dot{V}_w = a \cdot N_u \left[\frac{l}{day} \right]$$

Con:

- a = fabbisogno specifico giornaliero in $\left[\frac{l}{N_u \text{ day}} \right]$
- N_u = Parametro variabile in funzione del tipo di edifici

Tabella 2.1.8 Valori dei parametri a e N_u , UNI/TS 11300-2

Tipo di attività	a	N_u
Dormitori, Residence e B&B	40	Numero posti letto
Hotel fino a tre stelle	60	Numero posti letto
Hotel quattro stelle e oltre	80	Numero posti letto
Attività ospedaliera con pernottò	80	Numero posti letto
Attività ospedaliera con pernottò e lavanderia	90	Numero posti letto
Attività ospedaliera day hospital (senza pernottò)	15	Numero posti letto
Scuole ed istruzione	0.2	Numero di allievi
Scuole materne ed asili nido	8	Numero di bambini
Attività sportive/palestre	50	Per doccia installata
Spogliatoi di stabilimenti	10	Per doccia installata
Uffici	0.2	Superficie netta climatizzata

2.2 La diagnosi energetica

Dal D.Lgs. 115/08¹⁰ si legge che *“Il presente decreto, al fine di contribuire al miglioramento della sicurezza dell’approvvigionamento energetico e alla tutela dell’ambiente attraverso la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, stabilisce un quadro di misure volte al miglioramento dell’efficienza degli usi finali dell’energia sotto il profilo costi e benefici.”*.

Vengono dunque definite le linee guida per le diagnosi energetiche e vengono forniti degli strumenti atti al miglioramento dell’efficienza energetica nel nostro paese. Successivamente, con il Decreto Legislativo del 4 luglio 2014¹¹, viene imposto alle cosiddette “grandi imprese” l’obbligo di diagnosi energetiche; restano escluse da tale obbligo le amministrazioni pubbliche che però, al contempo, possono effettuare queste analisi in maniera volontaria.

¹⁰ Decreto legislativo 30 maggio 2008, numero 115

¹¹ Decreto legislativo 4 luglio 2014, n.102, “Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull’efficienza energetica, che notifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE”.

2.2.1 I requisiti per la diagnosi energetica

I requisiti e le metodologie per le diagnosi energetiche e i documenti necessari sono definiti dalla norma UNI CEI EN 16247, applicabile a “tutte le forme di aziende e organizzazioni, a tutte le forme di energia e di utilizzo della stessa, con l’esclusione delle singole unità immobiliari residenziali”. Essa è suddivisa in 5 parti redatte tra il 2012 e il 2015:

1. “Diagnosi Energetiche – Parte 1: Requisiti Generali”¹²
2. “Diagnosi Energetiche – Parte 2: Edifici”¹³
3. “Diagnosi Energetiche – Parte 3: Processi”¹⁴
4. “Diagnosi Energetiche – Parte 4: Trasporti”¹⁵
5. “Diagnosi Energetiche – Parte 5: Competenze dell’auditor energetico”¹⁶

Lo sviluppo della diagnosi quindi, secondo questa normativa deve essere:

- appropriato: adatto allo scopo, agli obiettivi e alla completezza concordati in partenza;
- completo: il sistema energetico descritto deve comprendere gli aspetti e gli usi energetici significativi;
- rappresentativo: al fine di raccogliere dati affidabili e pertinenti: dati reali devono essere acquisiti in numero e qualità necessari per lo sviluppo dell’inventario energetico; il consumo energetico deve essere coerente con i dati di fatturazione e/o con quanto rilevato dalla strumentazione di misura;
- tracciabile: identificazione e utilizzo di un inventario energetico, documentazione circa l’origine dei dati e l’eventuale modalità di elaborazione a supporto dei risultati della diagnosi, includendo le ipotesi di lavoro eventualmente assunte;
- utile: al fine di identificare e valutare sotto il profilo costi/benefici gli interventi di miglioramento dell’efficienza energetica. Gli interventi devono essere espressi attraverso documentazione adeguata, differenziata in funzione del settore, delle finalità e dell’ambito di applicazione;

¹² UNI CEI EN 16247-1:2012

¹³ UNI CEI EN 16247-2:2014

¹⁴ UNI CEI EN 16247-3:2014

¹⁵ UNI CEI EN 16247-4:2014

¹⁶ UNI CEI EN 16247-5:2015

- verificabile: devono essere identificati gli elementi che consentono al committente la verifica del conseguimento dei miglioramenti di efficienza risultanti dalla applicazione degli interventi proposti.

2.2.2 Elementi del processo di Energy audit

Il processo di diagnosi energetica, dalla norma UNI CEI EN 16247 per un edificio di tipo ospedaliero è suddiviso in alcuni punti; i passaggi fondamentali sono quindi descritti a partire dai primi contatti con l'Auditor fino alla consegna finale della diagnosi, con le relative conclusioni annesse.

2.2.2.1 Contatto Preliminare

L'auditor energetico deve concordare con l'organizzazione in merito a:

- 1) obiettivi, necessità ed aspettative relative alla diagnosi energetica;
- 2) scopo e confini;
- 3) grado di accuratezza richiesto;
- 4) arco temporale per completare la diagnosi energetica;
- 5) criteri per la valutazione delle misure di miglioramento dell'efficienza energetica;
- 6) impegno richiesto all'organizzazione in termini di tempo ed altre risorse;
- 7) i requisiti dei dati da raccogliere prima dell'inizio della diagnosi energetica e la disponibilità, validità e formato dei dati relativi ad energia ed attività;
- 8) misure e/o ispezioni prevedibili da realizzare durante la diagnosi energetica.

L'auditor energetico deve richiedere informazioni in merito a:

- 1) contesto della diagnosi energetica;
- 2) vincoli normativi o meno in grado di influenzare scopo o altri aspetti della diagnosi energetica proposta;
- 3) più ampio programma strategico (progetti pianificati, terziarizzazione della gestione dei servizi);
- 4) sistema di gestione (ambientale, della qualità, sistema di gestione dell'energia o altri);
- 5) cambiamenti che possono avere una ricaduta sulla diagnosi energetica e le sue conclusioni;
- 6) ogni opinione, idea e restrizione esistenti relative a misure potenziali di miglioramento dell'efficienza energetica;
- 7) la documentazione attesa ed il formato del rapporto;
- 8) se una bozza del rapporto finale debba o meno venire presentata all'organizzazione per commenti.

L'auditor energetico deve informare l'organizzazione di tutti:

- 1) gli impianti ed apparecchiature speciali necessari alla realizzazione della diagnosi energetica;
- 2) gli interessi commerciali o di altro genere che potrebbero influenzare le proprie conclusioni o raccomandazioni.

2.2.2.2 Incontro di avvio (o incontro preliminare)

Scopo dell'incontro di avvio è di informare le parti interessate su obiettivi, scopo, confini ed accuratezza della diagnosi energetica e concordarne le disposizioni pratiche.

L'auditor energetico deve richiedere all'organizzazione di:

- 1) nominare la persona sostanzialmente responsabile della diagnosi energetica dell'organizzazione;
- 2) nominare una persona che dovrà rapportarsi con l'auditor energetico, ove necessario supportata da altri soggetti adatti e, a tal fine, costituiti come gruppo;
- 3) informare il personale coinvolto e le altre parti interessate in merito alla diagnosi energetica e ad ogni esigenza posta in capo a loro entro tale ambito;
- 4) assicurare la cooperazione delle parti coinvolte;
- 5) informare circa ogni condizione, intervento di manutenzione o altra attività anomala possa accadere durante la diagnosi energetica.

Nel caso in cui l'auditor non sia una persona fisica, un componente del gruppo di diagnosi energetica deve essere nominato referente della diagnosi stessa.

L'auditor energetico deve concordare con l'organizzazione su:

- 1) modalità di accesso dell'auditor energetico;
- 2) regole di prevenzione e sicurezza;
- 3) dati e risorse da rendere disponibili;
- 4) accordi di riservatezza;
- 5) proposta di programma temporale delle visite con indicazione delle relative priorità;
- 6) esigenza di misurazioni speciali;
- 7) procedure da seguire per la installazione delle apparecchiature di misura, se necessarie.

2.2.2.3 Raccolta Dati

L'auditor energetico deve, insieme con l'organizzazione, raccogliere, se disponibile, quanto segue:

- a) lista dei sistemi, processi ed apparecchi che usano energia;
- b) caratteristiche dettagliate degli oggetti sottoposti a diagnosi, ivi compresi i fattori di aggiustamento conosciuti e come l'organizzazione ritiene che essi influenzino i consumi energetici;
- c) dati storici:
 - 1) consumi energetici;
 - 2) fattori di aggiustamento;
 - 3) appropriate misure correlate;
- d) operativo storico ed eventi passati che potrebbero aver influenzato il consumo energetico nel periodo coperto dai dati raccolti;
- e) documenti di progetto, di funzionamento e di mantenimento;
- f) diagnosi energetiche o studi precedenti connessi all'energia e all'efficienza energetica;
- g) prezzi e costi correnti e previsti, o prezzi e costi di riferimento da usare per garantire la riservatezza commerciale;
- h) altri dati economici rilevanti;
- i) lo stato del sistema di gestione dell'energia.

2.2.2.4 Attività in campo

Obiettivo dell'attività in campo

L'auditor energetico deve:

- a) ispezionare gli oggetti della diagnosi;
- b) valutare gli usi energetici dell'oggetto sottoposto a diagnosi secondo finalità, scopo ed accuratezza della diagnosi energetica;
- c) comprendere le modalità operative, i comportamenti degli utenti e il loro impatto sui consumi e sull'efficienza energetica;
- d) formulare idee preliminari per le opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica;
- e) redigere un elenco di aree e processi per i quali necessitino ulteriori dati quantitativi per successiva analisi.

Condotta

L'auditor energetico deve:

- a) Assicurarsi che misure e rilievi siano effettuati in maniera attendibile e in condizioni che siano rappresentative delle ordinarie condizioni di esercizio; può risultare vantaggioso realizzare alcune misurazioni al di fuori del normale orario di funzionamento, durante i periodi di spegnimento, o quando il fattore climatico non influisce eccessivamente;
- b) Informare prontamente l'organizzazione di ogni difficoltà imprevista incontrata durante il lavoro.

Ispezioni sul campo

L'auditor energetico deve chiedere all'organizzazione di:

- a) nominare uno o più soggetti che dovranno fare da guida ed accompagnatore per il personale dell'auditor energetico durante l'ispezione in campo così come richiesto; questi soggetti dovranno possedere le necessarie competenze ed autorità per espletare direttamente, se richiesto, manovre su processi ed apparecchiature;
- b) consentire all'auditor energetico l'accesso a disegni, manuali ed altra documentazione tecnica significativa dell'impianto insieme con i risultati di eventuali prove e misure di collaudo già eseguite.

2.2.2.5 Analisi

Durante tale fase, l'auditor energetico deve determinare il livello di prestazione energetica corrente dell'oggetto sottoposto a diagnosi.

Il livello corrente della prestazione energetica rappresenta il riferimento sulla base del quale possono venire misurati i miglioramenti. Esso deve comprendere:

- 1) una scomposizione dei consumi energetici suddivisi per uso e fronte;
- 2) i flussi energetici ed un bilancio energetico dell'oggetto sottoposto a diagnosi;
- 3) il diagramma temporale della domanda di energia;
- 4) le correlazioni tra consumo energetico e fattori di aggiustamento;
- 5) uno o più indicatori di prestazione energetica adatti a valutare l'oggetto sottoposto a diagnosi.

L'auditor energetico deve identificare le opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica sul livello di prestazione energetica corrente basandosi su:

- 1) i risparmi economici attivati dalle misure di miglioramento dell'efficienza energetica;
- 2) gli investimenti necessari;
- 3) il tempo di ritorno dell'investimento od ogni altro criterio economico concordato con l'organizzazione;
- 4) gli altri possibili vantaggi non energetici (come produttività e manutenzione);
- 5) il confronto in termini sia di costo sia di consumo energetico tra misure alternative di miglioramento dell'efficienza energetica;
- 6) interazioni tecniche tra azioni multiple.

Le azioni di risparmio energetico devono venire elencate secondo una graduatoria basata su criteri concordati.

In quei casi ove necessario conformemente a scopo, finalità ed accuratezza della diagnosi energetica concordati, l'auditor energetico deve integrare tali risultati con:

- 1) richiesta di ulteriori dati;
- 2) la definizione dei bisogni di ulteriori analisi.

L'auditor energetico deve:

- 1) valutare l'affidabilità dei dati forniti ed evidenziare carenze ed anomalie;
- 2) utilizzare metodi di calcolo trasparenti e tecnicamente appropriati;
- 3) documentare i metodi utilizzati ed ogni assunzione fatta;
- 4) sottoporre i risultati della analisi ad appropriate verifiche di qualità e validità;
- 5) considerare ogni vincolo normativo o di altra natura che può influire sulle opportunità potenziali di miglioramento dell'efficienza energetica.

2.2.2.6 Rapporto

Generalità

Nel riportare i risultati della diagnosi energetica, l'auditor energetico deve:

- a) assicurarsi che la diagnosi energetica effettuata risponda ai requisiti concordati con l'organizzazione;
- b) controllare la qualità del rapporto prima della sua presentazione all'organizzazione;

- c) riassumere le principali misurazioni effettuate nell'ambito della diagnosi energetica, commentando:
 - 1) la qualità e la coerenza dei dati;
 - 2) il fondamento logico delle misurazioni e come esse contribuiscano all'analisi;
 - 3) le difficoltà incontrate nell'ambito della raccolta dati e del lavoro in campo;
- d) indicare se i risultati delle analisi sono basati su calcoli, simulazioni o stime;
- e) riassumere le analisi, dettagliando ogni assunzione;
- f) indicare i limiti di accuratezza delle stime di risparmi e costi;
- g) presentare la graduatoria delle opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica.

Contenuto del rapporto

L'esatto contenuto del rapporto deve essere appropriato allo scopo, all'obiettivo e al livello di dettaglio della diagnosi energetica.

Il rapporto di diagnosi energetica deve contenere:

- a) Documento di sintesi:
 - 1) graduatoria delle opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica;
 - 2) programma di attuazione proposto.
- b) Contesto:
 - 1) informazioni generali sulla organizzazione sottoposta a diagnosi, sull'auditor energetico e sulla metodologia di diagnosi energetica;
 - 2) contesto specifico della diagnosi energetica;
 - 3) descrizione del sistema oggetto di diagnosi;
 - 4) norme tecniche e legislazione pertinenti.
- c) Diagnosi energetica:
 - 1) Descrizione, scopo, obiettivo e livello di dettaglio, arco temporale e confini della diagnosi energetica;
 - 2) Informazioni sulla raccolta dati;
 - i. dispositivi di misura (stato corrente);
 - ii. indicazione di quali dati sono stati utilizzati (e quali sono frutto di misurazioni e quali di stime);
 - iii. copia dei valori chiave utilizzati e dei certificati di calibrazione ove opportuni;
 - 3) analisi dei consumi energetici;
 - 4) criteri per la messa in graduatoria delle misure di miglioramento della prestazione energetica.

d) Opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica:

- 1) azioni proposte, raccomandazioni, piano e programma temporale di implementazione;
- 2) ipotesi assunte durante il calcolo dei risparmi energetici e loro impatto sull'accuratezza delle raccomandazioni;
- 3) informazioni su contributi e sovvenzioni applicabili;
- 4) analisi economica appropriata;
- 5) potenziali interazioni con altre raccomandazioni proposte;
- 6) metodi di misura e verifica che dovranno essere usati per le valutazioni post-attuazione delle opportunità raccomandate.

e) Conclusioni

2.2.2.7 Incontro Finale

Nell'incontro finale l'auditor energetico deve:

- a) consegnare il rapporto di diagnosi energetica;
- b) presentare i risultati della diagnosi energetica in maniera da agevolare il processo decisionale dell'organizzazione;
- c) essere in grado di spiegare i risultati.

La necessità di un supplemento di indagine deve essere discussa e deve essere raggiunta una conclusione.

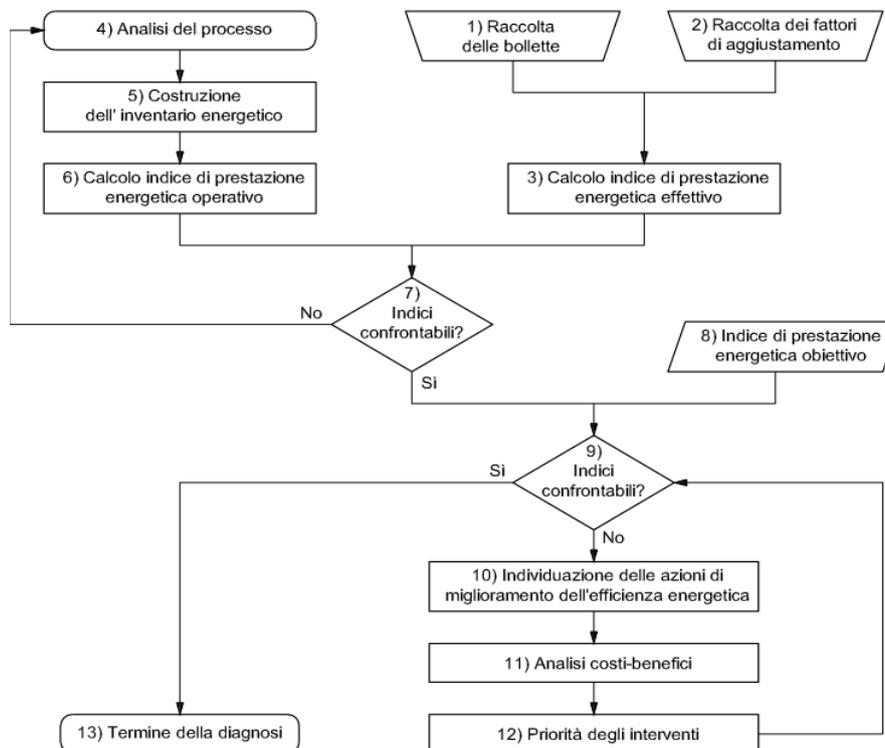


Figura 2.2.1 Processo di diagnosi energetica da norma UNI CEI/TR 11428

Capitolo 3 - Il Presidio Ospedaliero Martini

3.1 descrizione dell'edificio

L'ospedale Martini, presidio ospedaliero di proprietà dell'A.S.L. Città Metropolitana di Torino è sito nel quartiere Pozzo Strada, nel quadrilatero individuato dalle vie Tofane, Marsigli, Stelvio e Sagra di San Michele

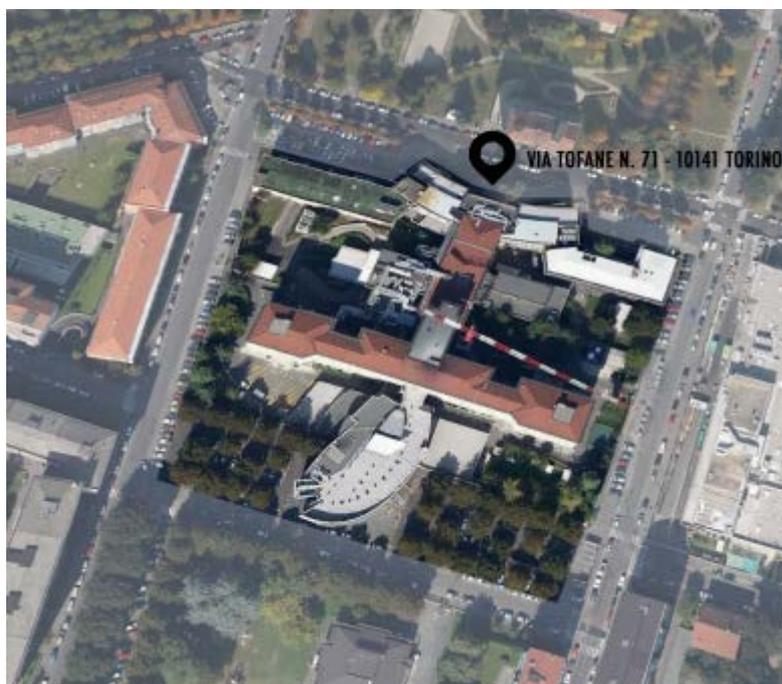


Figura 3.1.1 Vista aerea del presidio Martini

L'edificio è suddiviso in zone denominate dalla lettera "A" alla lettera "H", padiglione di più recente costruzione. L'inizio progettazione della struttura risale al 1962 e il corpo originario composto dagli attuali blocchi "B", "G" ed "E" viene costruito tra il 1967 e il 1968 per essere inaugurato ufficialmente nel 1970. Negli anni '70 l'edificio viene allargato con i blocchi "C" ed "A" e successivamente perpendicolarmente al corpo "E" vengono innestati il blocco "F" verso Ovest e il blocco "D" verso Est; alla fine degli anni '90 viene progettato il corpo "H", denominato "La Banana" dagli addetti ai lavori per via della sua particolare forma.

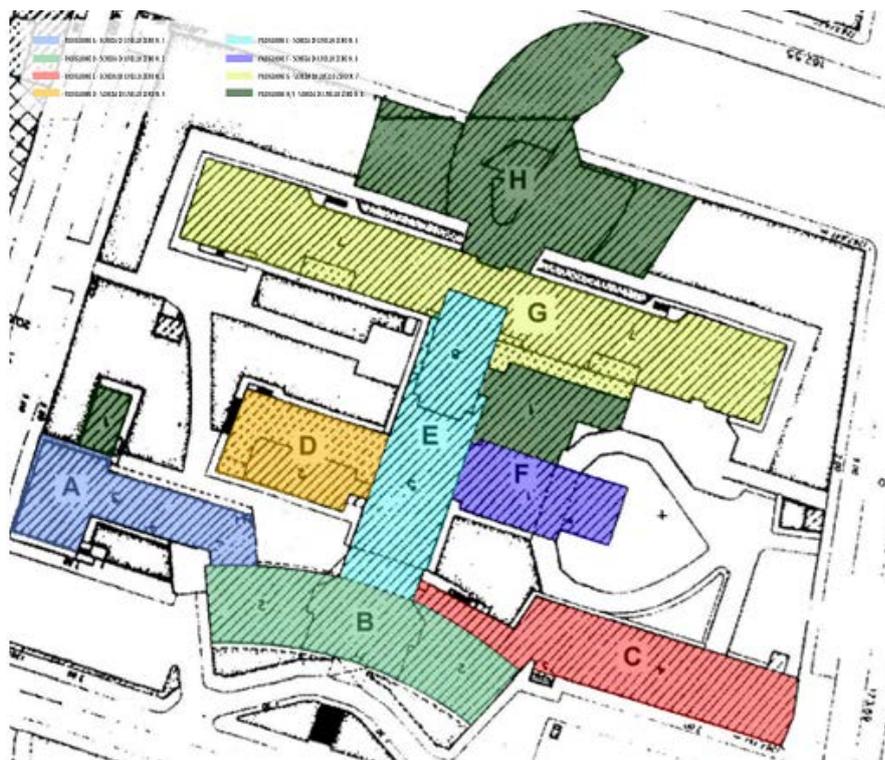


Figura 3.1.2 Suddivisione per zone del P.O. Martini

Allo stato di fatto attuale i reparti della struttura sono divisi in questo modo:

Il Padiglione "A" parallelo a Via Tofane consta di tre piani fuori terra ed uno seminterrato, edificato negli anni '70 e sopraelevato nei primi anni del 2000, ha un'area totale di 2.421 metri quadri e le destinazioni ai vari piani sono:

- Piano Seminterrato: centrale termica, centrale frigorifera, magazzini ed archivio;
- Piano Terreno: uffici amministrativi e ambulatori, Centro Prelievi e CUP;
- Piano Primo: uffici amministrativi e ambulatori;
- Piano Secondo: uffici amministrativi.

Il Padiglione "B" ha un'area totale di 5.345 metri quadri, sviluppata su tre piani fuori terra e uno seminterrato oltre a un piano a vano tecnico, e quattro per la parte centrale in cui è sito l'atrio di accesso principale al corpo ospedaliero, ospita le seguenti aree:

- Piano seminterrato: cabine elettriche, vani tecnici, officina e deposito farmacia;
- Piano Terreno: uffici A.S.L, amministrativi, ambulatori e atrio principale;

- Piano Primo: laboratori di Analisi e ambulatori di Odontostomatologia;
- Piano Secondo: gruppo operatorio ampliato con finanziamenti ex art. 20 legge 67/88;
- Piano terzo: porzione del gruppo parto e vani tecnici condizionamento.

Il *Padiglione "C"* posto ad ovest del corpo "B" e parallelo a Via Tofane, è stato realizzato negli anni '70 ed ampliato e sopraelevato nei primi anni '80. Ha un'area totale pari a 3.794 metri quadri e consta di quattro piani fuori terra ed uno seminterrato con le seguenti destinazioni:

- Piano Seminterrato: depositi, archivi;
- Piano Terreno: ambulatori;
- Piano Primo: servizio di dialisi;
- Piano Secondo: Day Surgery;
- Piano Terzo: Neuropsichiatria infantile e Fisiatria, uffici.

Il *Padiglione "D"*, situato ad Est dell'edificio "E" e perpendicolare ad esso, consta di due piani fuori terra ed uno seminterrato, ha un'area totale di 1.071 metri quadri suddivisi in:

- Piano Seminterrato: laboratorio di Anatomico-Patologia, Reparto Mortuario;
- Piano Terreno: S.P.D.C. (Reparto di Psichiatria), cappella;
- Piano Primo: cappella (navata su due piani), servizi vari.

Il *Padiglione "E"*, collegamento primario fra le degenze (corpo "G") e gli ambulatori (corpo "B"), è il nucleo vitale dei collegamenti dell'intero ospedale, contiene le zone più tecniche (sale operatorie, sale parto, parte della Terapia Intensiva, ecc.), e collega le degenze di riferimento al D.E.A. (corpo "F"). È costituito da quattro piani fuori terra per la parte verso Via Tofane addossata al corpo "B" e sale a sette piani fuori terra per la parte in aderenza al corpo "G" destinato a degenza (porzione dedicata ai soli collegamenti verticali). La superficie totale è di 5.689 metri quadri e le destinazioni d'uso ai piani di tale corpo sono:

- Piano Seminterrato: servizi mortuari (parte), spogliatoi personale, servizi accessori, depositi;
- Piano Terreno: degenza temporanea del DEA, parte del DEA, innesto del Reparto Psichiatrico, zona ambulatoriale, uffici, bar;

- Piano Primo: Radiologia;
- Piano Secondo: gruppo operatorio e Terapie Intensive;
- Piano Terzo: gruppo parto e Nido Neonatale;
- Piano Quarto (sottotetto): Centrale di Condizionamento e collegamenti verticali;
- Piano Quinto (sottotetto): collegamenti verticali e vani tecnici ascensori.

Il *Padiglione "F"*, sede storica del Pronto Soccorso, è un edificio di 1.637 metri quadri a tre piani fuori terra ed uno seminterrato più ampio; negli anni '80 ha subito sopraelevazione e vari ampliamenti, tra cui quello al piano terreno con l'istituzione del D.E.A. (Dipartimento d'Emergenza e Accettazione). Le destinazioni ai piani sono le seguenti:

- Piano Seminterrato: depositi, magazzini generali, centrale di condizionamento;
- Piano Terreno: D.E.A.
- Piano Primo: radiologia;
- Piano Secondo: Terapia Intensiva.

Il *Padiglione "G"*, è l'edificio più alto del complesso che ha subito, nei primi anni del 2000, una sistemazione del complesso delle degenze e un'operazione di adeguamento normativo. Ha un'area totale di 14.674 metri quadri, consta di sette piani fuori terra e due interrati. Al momento solamente uno dei sette piani risulta essere utilizzato; le destinazioni presenti ai piani sono le seguenti:

- Piano Interrato: Centrale Termica;
- Piano Intermedio: vano tecnico di condizionamento;
- Piano Seminterrato: ex servizio lavanderia, ex stireria, ex guardaroba, mensa personale, cucina, depositi, cabina elettrica, locali per spogliatoi;
- Piano Terreno: Pneumologia, TAC, Medicina d'Urgenza;
- Piano Primo: degenze di Medicina, Oncologia e Geriatria, D.H. Chirurgia, Neurologia e servizio di Endoscopia;
- Piano Secondo: degenza di Otorinolaringoiatria, Urologia e U.O.A. Chirurgia;
- Piano Terzo: degenza di Ginecologia e Ostetricia, ambulatori di ginecologia;

- Piano Quarto: divisione di Pediatria;
- Piano Quinto: degenze di Medicina Generale;
- Piano Sesto: Neuropsichiatria Infantile, servizi di Riabilitazione e Rieducazione;
- Piano Settimo (sottotetto): vani tecnici.

Il *Padiglione "H"* è il corpo di più recente edificazione, costruito tra il 2002 e il 2010. Ha una superficie di 4'121 metri quadri sviluppata su tre piani fuori terra con le seguenti destinazioni:

- Piano Interrato: depositi, vani tecnici;
- Piano Terreno: porticato a piloti di parcheggio pubblico, hall d'entrata, aule, locali di servizio, mensa;
- Piano Primo: degenze di Ortopedia, Nefrologia e Neurologia;
- Piano Secondo: Cardiologia, UTIC.

Tabella 3.1.1 Superfici dei singoli padiglioni

Paglione	superficie [m ²]
A	2421
B	5345
C	3794
D	1071
E	5689
F	1637
G	14674
H	4121
TOTALE	38752

La suddivisione in padiglioni della struttura ne facilita la gestione in quanto permette una più veloce identificazione delle aree di quello che sarebbe altrimenti un monoblocco unico. È dovuta anche ai diversi periodi di costruzione, ristrutturazione ed espansione dei diversi locali: ulteriori ampliamenti potrebbero avvenire in futuro.

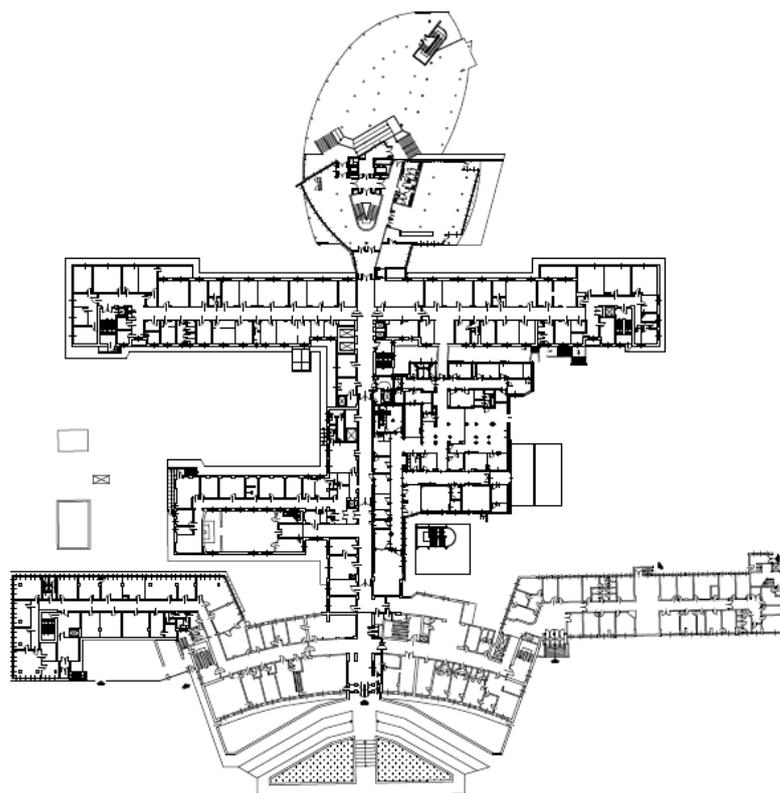


Figura 3.1.3 Pianta del primo piano del P.O. Martini

Tabella 3.1.2 Suddivisione superfici per piano

Struttura	P.O. Martini	
Piano	utilizzo	superficie [m ²]
interrato	scale	97,15
	locali impianti	626,17
	Deposito magazzini / archivi	169,56
	totale	892,88
seminterrato	camere mortuarie	212,41
	servizi sanitari	279,72
	mense -ex cucine	728,05
	spogliatoio personale	132,11
	uffici/locali lavoro	352,01
	scale	564,53
	vani ascensori	46,94
	locali impianti	1.523,20
	locali deposito magazzini	2.414,88
	totale	6.253,85
piano terra	degenze ambulatoria/sale visita	1.019,00

	servizi sanitari	731,03
	mense/cucine ristoro	165,34
	uffici/locali lavoro	1.565,73
	scale	1.326,12
	vani ascensori	74,82
	locali impianti	57,60
	deposito/magazzini archivi	55,89
	aree esterne a verde	3.186,84
	aree esterne a pavimento	3.573,80
	aree esterne rampe	496,46
	totale	12.252,63
piano primo	degenze ambulatoria/sale visita	1.638,19
	servizi sanitari	2.025,53
	uffici/locali lavoro	377,35
	scale	1.388,16
	vani ascensori	46,28
	totale	5.475,51

Struttura	P.O. Martini	
Piano	utilizzo	superficie [m ²]
piano secondo	degenze ambulatori/sale visita	1.983,67
	servizi sanitari	1.494,93
	Uffici locali lavoro	381,83
	scale	1.255,90
	vani ascensori	72,80
	locali impianti	20,39
	totale	5.209,52
piano terzo	degenze ambulatori/sale visita	1.419,61
	servizi sanitari	77,71
	uffici/locali lavoro	413,71
	scale	833,20
	vani ascensori	73,16
	locali impianti	535,67
	totale	3.353,06
piano quarto	degenze ambulatori/sale visita	847,70

	servizi sanitari	121,97
	scale	497,50
	vani ascensori	45,17
	locali impianti	527,83
	totale	2.040,17
piano quinto	degenze ambulatori/sale visita	1.022,26
	scale	516,33
	vani ascensori	50,75
	locali impianti	34,72
	totale	1.624,06
piano sesto	degenze ambulatori/sale visita	702,49
	uffici/locali lavoro	250,55
	scale	509,33
	vani ascensori	50,75
	locali impianti	36,20
	totale	1.549,32
	superficie complessiva [m²]	

3.2 Fruizione ed utilizzo della struttura

L'ospedale è una delle poche strutture nel tessuto edilizio che viene utilizzato in maniera continua, 365 giorni l'anno, per 24 ore al giorno e in cui coesistono locali e zone molto diverse tra loro. Risulta sicuramente utile conoscere gli orari di utilizzo e di frequentazione delle varie zone, basandosi su dati oggettivi quali gli orari di apertura, i turni dei dipendenti, il numero di ricoveri annui.

I reparti di degenza, ad esempio, manterranno un servizio costante per tutti i giorni della settimana, senza distinzione tra feriali e festivi, ma allo stesso tempo gli uffici o gli ambulatori saranno meno utilizzati in determinati orari o giorni dell'anno.

Per analizzare la fruizione dell'ospedale si sono suddivise le zone in base al funzionamento in modo da differenziare i locali in funzione dell'utilizzo; questo permetterà sicuramente di analizzare in maniera più precisa l'ubicazione dei centri più nevralgici nell'utilizzo dell'energia elettrica e termica, in funzione dell'ora del giorno e del giorno nella settimana.

I risultati mostrati nelle tabelle seguenti sono frutto di un questionario posto alla direzione sanitaria dell'ospedale e di diversi colloqui con alcuni dei tecnici.

Tabella 3.2.1 Riassunto di dati tecnici sulla fruizione della struttura

Fruizione media della struttura - dati generali		
Orari fruizione struttura	Ore al giorno	24
	Giorni alla settimana	7
	Mesi all'anno	12
Numero medio occupanti	Dipendenti	-
	Posti letto totali degenze	221
	Posti letto day-hospital	28
Dati generali	Numero di ricoveri all'anno (2016)	7700
	Numero prestazioni ambulatoriali all'anno (2016)	1257631
	Numero di passaggi Pronto Soccorso all'anno (2016)	73265

Zona 1 - Alta intensità di cura		
Blocco operatorio	Ore al giorno	Lun - Ven 7:00 -20:00 + P.D. Sab - Dom P.D. 24 h
	Ore sala operatoria all'anno	3600 ca (2016)
	Gestione	Sale operatorie sempre pronte (5 sale) Impianti sempre accesi
Day - surgery	Orario di attività	Lun - Ven 7:00 -20:00
	Numero interventi annuo	2373
	Gestione	Condivisione sale blocco operatorio
Terapia intensiva	Posti letto reparto	9
	Orari turni del personale	Tre turni: 7-14:30, 14:30-22:00, 22:00-7:00
	Gestione	Accessi visitatori limitati
Anatomia patologica	Orario di attività	40 ore a settimana
	Gestione	Accesso al solo personale
Attività di pronto Soccorso e DEA	Passaggi PS all'anno (media)	70000
	Orari turni del personale	Tre turni: 7-14:30, 14:30-22:00, 22:00-7:00
Blocco parto e attività neonatali	Orari turni del personale	7:00-19:00, 19:00-7:00 da Lunedì a Domenica
	Orario accessi	12:30-16:30, 18:30-21:00
	Posti letto neonatologia+nido	13

Zona 2 - Diagnostica e Laboratori		
Laboratorio analisi	Orario di attività	24 h su 24, 7 gg su 7 (per Pronto Soccorso)
	Orari turni del personale	Tre turni: 7-15:00, 15:00-23:00, 23:00-7:00
Radiologia	Orario di attività	24 h su 24, 7 gg su 7
	Orari turni del personale	Tre turni: 7-14:30, 14:30-22:00, 22:00-7:00
	Note	TAC e RX Tradizionale sempre accesi per le urgenze

Zona 3 - Degenze e Reparti				
Attività di reparto/degenze	Numero ricoveri annui		11109 (2016)	
	Numero posti letto totali		221	
	Suddivisione posti letto per reparto		Cardiologia	15
			Chirurgia Generale	20
			Oncologia	6
			Medicina d'urgenza	12
			Medicina generale	30
			Medicina B	15
			Nefrologia	9
			Neonatologia	13
			Neurologia	10
			Ortopedia	20
			Ostetricia	21
			Otorino	8
			Pediatria	15
SPDC	10			
Urologia	8			
Rianimazione	6			
UTIC	3			
Orari turni del personale		Tre turni: 7-14:30, 14:30-22:00, 22:00-7:00		
Orari con maggior carico di lavoro		8:00-16:00		

Zona 4 - Ambulatori e Day Hospital		
Ambulatori	Orario di attività	8:00-16:00
	Tipo di attività svolte	visite e prestazioni specialistiche
Day - hospital	Numero posti letto	28
	Orario di attività	7:00-20:00

Zona 5 - Servizi terziari		
Servizi	Cucina	Servizio esterno
	Orari pasti pazienti	Pranzo ore 12:00
		Cena ore 19:30
	Orari mensa dipendenti	12:30-14:30, 19:30-20:30 da Lunedì a Domenica
	Lavanderia	Servizio esterno
Stireria	Servizio esterno	

3.3 Caratteristiche impiantistiche della struttura

Come riportato in precedenza, il Presidio Ospedaliero la cui realizzazione del corpo originale risale agli anni '60, nel corso degli anni ha subito numerosi interventi di ampliamento e di adeguamento degli impianti, per poter soddisfare il continuo e crescente utilizzo della struttura.

La descrizione delle centrali riportata è data dall'unione di relazioni tecniche create ad hoc dai tecnici dipendenti dell'ASL nel corso degli anni e di diversi sopralluoghi; l'ubicazione delle varie centrali termiche, dei gruppi frigoriferi e delle sottostazioni di teleriscaldamento, è variegata all'interno della struttura, in funzione del variare delle destinazioni d'uso dei reparti nel corso degli anni.

3.3.1 La centrale elettrica

L'impianto elettrico di alimentazione ha subito nel corso degli anni alcune modifiche per poter alimentare tutti i corpi di fabbrica e per soddisfare il continuo aumento delle apparecchiature elettriche e della relativa crescente potenza elettrica assorbita.

Allo stato attuale l'ospedale è alimentato in MT (Media Tensione) a 6,3 kV dal distributore, e possiede un'architettura distributiva interna articolata su 3 cabine MT/BT (media tensione / bassa tensione) suddivise in questo modo:

- CE1: è la cabina principale e da essa vengono alimentate le altre 2; la cabina è di tipo radiale semplice.
Possiede 3 trasformatori da 630 kVA, tensione 6,3 kV / 400 V (uno dei quali è in riserva fredda), ha 2 gruppi elettrogeni
- CE2: cabina relativa alla nuova ala dell'ospedale (corpo H-I); possiede un trasformatore da 630 KVA, tensione 6,3 kV / 400 V con doppio primario. Ha 2 gruppi elettrogeni.
- CE3: cabina elettrica del gruppo G; possiede due trasformatori in parallelo da 1600 kVA, tensione 6,3 kV / 400 V con doppio primario, uno dei quali di riserva fredda. Ha 1 gruppo elettrogeno

La struttura è dotata in totale di 12 gruppi di continuità che garantiscono la sezione elettrica di continuità ove prevista.

È stata effettuata in questa fase anche una analisi delle singole cabine, utilizzando i disegni .DWG delle stesse per identificare i percorsi prioritari della corrente, direttamente proporzionale alla I_n (corrente nominale) di ogni quadro.

In principio infatti l'obiettivo era quello di identificare le potenze nominali di ogni quadro e tracciare un diagramma di Sankey per definire in linea di massima una proporzionalità tra la corrente nominale e la potenza realmente assorbita. Con il proseguimento dello studio si è preferito utilizzare un altro approccio, descritto nei capitoli seguenti.

Questo tipo di lavoro ha tuttavia permesso di fornire una fotografia dello stato di fatto degli impianti elettrici, con i collegamenti esistenti tra le cabine e i quadri.

3.3.2 Centrale termica

La produzione di calore all'interno dell'ospedale è stata prevista in principio con sistema di produzione a vapore, poi integrata negli ultimi anni dall'allaccio al teleriscaldamento cittadino.

Allo stato di fatto attuale, solamente una parte dell'ospedale continua ad utilizzare le caldaie a metano, mentre la maggior parte della struttura sfrutta il collegamento al teleriscaldamento.

Nella fattispecie, solamente il blocco operatorio rimane collegato alle caldaie poiché non è tecnicamente possibile farne a meno; il vapore prodotto infatti viene in questo caso utilizzato sia per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria, sfruttando uno scambiatore acqua/vapore, sia, e soprattutto, per la sterilizzazione tecnica.

La suddetta centrale è munita di 3 generatori a vapore di nuova installazione dei quali uno è in funzione per la produzione di vapore, e i restanti svolgono funzione di backup, come previsto dalla normativa vigente.

Per il generatore principale e uno dei due di riserva, l'alimentazione è a gas metano, mentre il terzo, utilizzato solamente per le emergenze, è alimentato a gasolio.



Figura 3.3.1 Foto delle caldaie a gas metano nella centrale termica

Le caratteristiche dei generatori sono riportate in tabella

Tabella 3.3.1 Caratteristiche dei generatori funzionanti

Macchina	Ubicazione	Alimentazione	Uso	Potenza Nominale[kW]
Generatore termico 1	Centrale termica principale via Tofane 71	Gasolio/ metano	ACS, umidificazione, sterilizzazione, riscaldamento. Ciclo continuo di funzionamento alternato con generatore 3	1358
Generatore termico 2	Centrale termica principale via Tofane 71	Gasolio/ metano	Funzione di riserva (è attivo il teleriscaldamento)	1698
Generatore termico 3	Centrale termica principale via Tofane 71	Gasolio/ metano	È attivo il sistema di teleriscaldamento, attività come generatore 1	1698

Il resto della struttura, in particolar modo tutte le ali più recenti, è collegato al teleriscaldamento.

Nell'ospedale sono presenti infatti 3 sottostazioni di allaccio e distribuzione, suddivise in questo modo:

- Sottostazione 1 – uno scambiatore da 400kW utilizzato per il riscaldamento della palazzina uffici
- Sottostazione 2 – uno scambiatore da 600 kW utilizzato per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria della palazzina degli ambulatori e del reparto dialisi
- Sottostazione 3 – uno scambiatore da 800 kW (entrato in funzione nel gennaio 2018) e uno scambiatore da 4500 kW che riscalda il corpo centrale del presidio, la nuova ala, la palazzina degenze e provvede a servire le batterie calde delle UTA relative a DEA, al reparto Rianimazione, Radiologia, Sala Parto, Neonatologia, UTIC, palazzina degenze e nuova ala.



Figure 3.3.2 Scambiatore primario con la rete del teleriscaldamento

All'interno della centrale termica vi sono diversi scambiatori sul secondario che convertono il calore dalle sottostazioni per gli utilizzatori finali a diverse temperature, a seconda dell'utilizzo.

In linea di massima la temperatura del punto fisso di consegna dal teleriscaldamento è di 70°C, ma viene inviata alle batterie calde delle UTA e dei fan-coils a circa 50°C; per quanto riguarda l'acqua calda sanitaria la temperatura si aggira sui 70°C con un ΔT di ritorno di circa 10°C.

I radiatori sono collegati al teleriscaldamento e la regolazione degli ambienti avviene tramite centraline di regolazione a curva climatica.

3.3.3 Impianti di ventilazione

Le unità di trattamento aria presenti nel presidio sono 27, e servono i reparti:

- DEA – Pronto Soccorso
- Blocco operatorio
- Blocco parto
- Radiologia
- Sterilizzazione
- Uffici piano 2°
- Laboratorio Analisi
- Centro Ecografico
- Ambulatori
- Rianimazione

Il dettaglio delle UTA riassunto nella tabella seguente evidenzia le zone servite, le potenze installate ricavate dalle schede tecniche e dalle targhe e le ore di funzionamento.

Tabella 3.3.3 Elenco delle Unità di trattamento aria

UTA	Zona	Pot. Installata mandata [kW]	Pot. Installata ripresa/estrazione [kW]	funzionamento
UTA 1	radiologia	5,50	0,75	24/24 h
UTA 2	pronto soccorso - dea	13,00	0,00	24/24 h
BOOSTER	PS - Locali interventi emergenza	4,00	0,00	24/24 h
UTA 3	blocco parto e nido - aria primaria nido	0,50	0,00	24/24 h
UTA 4	blocco parto e nido - sale operatorie	7,50	3,00	24/24 h
UTA 5	blocco parto e nido - sale parto	4,00	2,20	24/24 h

UTA 6	Rianimazione - UTIC	0,40	0,00	24/24 h
UTA 7	Rianimazione - corridoio e studi medici	1,50	0,82	24/24 h
UTA 8	blocco operatorio - Sala E	3,00	0,75	24/24 h
UTA 9	blocco operatorio - Sale C e D	4,00	1,50	24/24 h
UTA 10	blocco operatorio - Sala F	11,00	4,00	24/24 h
UTA 11	blocco operatorio - Sala sterilizzazione	5,50	3,00	24/24 h
UTA 12	blocco operatorio - locali spogliatoi	5,50	2,20	24/24 h
UTA 13	blocco operatorio - Sale A e B	11,00	4,00	24/24 h
UTA 14	corpo H lato est	5,50	2,20	24/24 h
UTA 15	corpo H lato ovest	5,50	2,20	24/24 h
UTA 16	corpo H - UTIC	5,50	2,20	24/24 h
UTA 17	locale citostatici primo piano	1,33	0,22	24/24 h
UTA 18	camera mortuaria	0,10		24/24 h
UTA 19	anatomia patologica	0,37		24/24 h
UTA 20	uffici nuova elevazione 2 piano	2,79	0,75	quasi sempre off
UTA 21	uffici CUP piano terra	0,09		24/24 h
UTA 22	ambulatori piano terra	0,11		24/24 h
UTA 23	laboratorio analisi	0,09		24/24 h
UTA 24	odontostomatologia	0,11		24/24 h
UTA 25	TAC piano terra	1,33	0,22	24/24 h
UTA 26	corpo G	18,50	7,50	24/24 h
UTA 27	corpo G	18,50	7,50	24/24 h

Tutti gli impianti di trattamento aria sono costantemente accesi, 24 ore al giorno, e sono dotati di sistemi automatici di regolazione dei parametri microclimatici.

Gli impianti dei reparti di Rianimazione – Unità coronarica, Blocco Parto, Blocco operatorio annesso al blocco parto, Sale operatorie, Sterilizzazione sono dotati di centralina di regolazione, che gestisce tutte le regolazioni delle UTA.

Gli impianti degli uffici al secondo piano sono forniti di centraline che gestiscono tutte le regolazioni della UTA, gli utenti possono apportare limitate variazioni agendo sui termostati mentre per i ventilconvettori presenti nei singoli ambienti vi è un interruttore orario per lo spegnimento nelle ore notturne e nelle giornate non lavorative.

La nuova ala di degenze del presidio è composta di UTA per i ricambi aria, dotata di centralina di regolazione nonché di radiatori ambiente, gestiti sempre tramite centralina.

Negli uffici al primo piano, CUP e Sala Prelievi, nel Centro Ecografico e negli Ambulatori sono presenti termostati ambiente in ogni locale, che comandano i ventilconvettori. Nel Laboratorio Analisi invece sul circuito elettrico non è presente alcun sistema di limitazione in quanto l'attività presente è di tipo 24/24 h.

Nel reparto di Psichiatria i terminali idronici sono coordinati tramite telecomandi in dotazione al personale di reparto, sul circuito elettrico dedicato non è presente alcun sistema di limitazione, in quanto l'attività presente è di tipo 24/24 h.

Per quel che riguarda il blocco comprendente la Farmacia ospedaliera, il CED e l'Officina l'impianto è in fase di ultimazione: saranno presenti termostati in ogni locale che comandano i terminali idronici. Sul circuito elettrico dedicato presso l'officina sarà presente un interruttore orario per lo spegnimento nelle ore notturne e nelle giornate non lavorative, mentre per quanto riguarda Farmacia e CED non è possibile limitare le ore di funzionamento.

3.3.4 Impianti di refrigerazione, riscaldamento e raffrescamento

Date le dimensioni elevate della struttura e i diversi requisiti che devono soddisfare le zone funzionali, sono utilizzati diversi impianti frigoriferi divisi per isole a seconda dell'ubicazione delle zone fornite.

Gli impianti originali sono stati quasi completamente smantellati e sostituiti con gruppi frigo di più recente costruzione, dotati di sistemi di regolazione automatizzata per la messa in funzione e la parzializzazione.

Il corpo G, palazzina delle degenze, e il corpo H, essendo di più recente costruzione, sono dotate di nuovi gruppi frigoriferi indipendenti che utilizzano un sistema di controllo e regolazione in remoto.

Tutti gli altri impianti di refrigerazione sono raccolti in 3 “isole” dislocate nei cortili dell’ospedale suddivise come segue:

1 - Blocco DEA serve:

- DEA – Pronto Soccorso
- Radiologia
- Rianimazione -Unità coronarica
- Blocco parto
- Blocco operatorio

2 – Blocco Sale serve:

- Sale operatorie
- Sterilizzazione
- Uffici secondo piano

3 – Blocco Uffici / Anatomia patologica serve:

- Uffici primo piano
- CUP e sala prelievi
- Laboratorio analisi
- Centro ecografico
- Ambulatori
- Psichiatria
- Farmacia ospedaliera
- CED
- Officina
- Corridoi principali

L’elenco di tutti i gruppi frigo presenti nella struttura è riportato nella tabella, completa di zona servita e potenze di targa.

Tabella 3.3.4 Elenco dei Gruppi Frigoriferi presenti

GF	Zona servita	Potenza Frigo [kW]	Potenza elettrica [kW]
GF 1	GF centralizzati blocco DEA	180	66,18
GF 2	GF centralizzati blocco DEA	180	66,18
GF 3	GF centralizzati blocco DEA	180	66,18
GF 4	GF centralizzati blocco DEA	180	62,7
GF 5	GF blocco operatorio	241,3	112,5
GF 6	GF blocco operatorio	186,7	86,51
GF 7	GF blocco operatorio	186,7	86,51
GF 8	GF corpo H	230	88,1
GF 9	GF locale citostatici	55	19,7
GF 10	GF anatomia e palazzina uffici	180	62,7
GF 11	GF anatomia e palazzina uffici	180	62,7
GF 12	GF anatomia e palazzina uffici	180	62,7
GF 13	GF odontostomatologia	55	19,7
GF 14	GF locale TAC	30	18,1
GF 15	GF corpo G ristrutturato	769	270
GF 16	GF corpo G ristrutturato	769	270

Non tutte le aree del presidio sono dotate di gruppi centralizzati per il riscaldamento e il raffrescamento; queste utilizzano alcuni impianti split censite nella tabella sottostante che, secondo i piani di gestione della struttura, verranno prossimamente dismessi e sostituiti dagli impianti in fase di completamento.

Tabella 3.3.5 Elenco degli impianti Split

Zona servita da split	Quantità
CED piano interrato	4
Appartamento cappellano	1
Dialisi - piano terra	11
Dialisi - primo piano	10
Dialisi - secondo piano	10
Psichiatria	7
Ala centrale _ secondo piano	1
Sala conferenze	1
Radiologia	5
Locali cabine elettriche	4
Centrale termica	1
Ambulatori piano terra	20
Odontostomatologia - piano primo	3
Portineria - piano terra locale centralino	1
Piano terra - interno uffici	1
Farmacia	5
Otorino-urologia	2
Endoscopia piano primo	8
Neurologia - piano primo	5
Pediatria - piano terra	1
Medicina d'urgenza	3
Camera calda 118	1
Codice bianco piano terra	1
Sert	1
Ecodoppler	2
Distribuzione farmaci	1
Portatili	30
TOTALE	140

3.3.5 Sistemi di illuminazione

La grande maggioranza delle lampade utilizzate nel presidio Martini sono ancora lampade a fluorescenza; dal 2016, anche in seguito ai lavori di ristrutturazione del corpo G, è iniziato un graduale processo di sostituzione con lampade a LED che possano garantire un maggiore risparmio energetico. Nel corso degli anni quindi le lampade che verranno sottoposte a manutenzione saranno gradualmente sostituite.

Non esiste purtroppo un censimento totale dei corpi luminosi all'interno della struttura, ma solamente un estratto della nuova ala delle degenze; per il successivo calcolo dei consumi elettrici si è utilizzata una stima basata sui dati presenti, su alcune ipotesi e a seguito di alcuni rilievi fatti sul posto.

Il censimento totale degli apparecchi illuminanti risulta pertanto il seguente, ordinato per tipologia e potenza elettrica delle singole lampade:

Tabella 3.3.6 Censimento dei corpi illuminanti

Tipo lampada	Quantità
Fluorescente 2x18W	76
Fluorescente 4x18W	928
Fluorescente 1x36W	114
Fluorescente 2x58W	79
Fluorescente 2x36W	619
Fluorescente 1x18W	86
Fluorescente 1x58W	59
Fluorescente 3x58W	25
Fluorescente 2x35W	646
Fluorescente 4x14W	585
Fluorescente 1x35W	96
Fluorescente 2x26W	467
Fluorescente 1x28W	23
Fluorescente 2x28W	94
Led alta efficienza	141
Fluorescente 1x26W	185
Fluorescente 1x24W	455
TOTALE	4678

3.3.6 Impianti elevatori

Gli impianti elevatori del presidio sono stati adeguati elettricamente con nuovi quadri elettrici a tecnologia inverter che consente di modulare il numero di giri dei motori di trazione rispetto alla effettiva richiesta di potenza elettrica di trazione per la movimentazione degli argani, con conseguente minor consumo di energia elettrica.

Il presidio ospedaliero è predisposto a livello impiantistico per 20 ascensori, ma attualmente ne sono stati installati solo 17.

Tabella 3.3.7 Elenco degli organi elevatori

Presidio	N° impianto	N° di fermate
PRESIDIO OSPEDALIERO MARTINI	1) 1006/09	3
	2) SF024665	5
	4) SF024667	8
	5) SF024668	8
	6) SF024669	8
	7) SF024670	8
	8) SF024671	8
	9) SF024672	8
	10) 54KG9824	8
	11) SF024674	10
	13) CC004703	5
	14) CC004701	5
	15) CC004702	5
	17) SH024648	4
	18) SH024647	4
	19) 22N44375	4
	20) SH024649	2

Capitolo 4 - Analisi energetica

In questo capitolo si entrerà nel vivo della diagnosi energetica, analizzando il comportamento energetico del sistema edificio, utilizzando i dati disponibili e reperibili. L'idea di base è quella di confrontare i dati elencati nel precedente capitolo, uniti ad una analisi dei consumi e delle bollette per definire le eventuali criticità e i potenziali interventi di efficientamento.

Le difficoltà riscontrate nel reperimento dei dati hanno molto condizionato lo sviluppo della diagnosi, costringendo l'utilizzo di alcune ipotesi e approssimazioni non troppo precise ma il più possibile vicine alla realtà. A questo si unisce la poca disponibilità della direzione sanitaria a collaborare alla proposta di sfruttare alcuni misuratori di potenza installabili in loco.

4.1 Energia elettrica

In prima battuta si cerca di definire la ripartizione dei consumi di energia elettrica all'interno dell'ospedale, suddividendo le energie assorbite dai vari tipi di utilizzatori. Con questo metodo risulterà facile un confronto con altri valori medi disponibili in letteratura, con la possibilità di riscontrare criticità nel sistema.

Per far questo si parte dall'analisi delle bollette, passando per l'analisi delle misurazioni del distributore per poi concludere con l'analisi degli assorbimenti e le ore equivalenti.

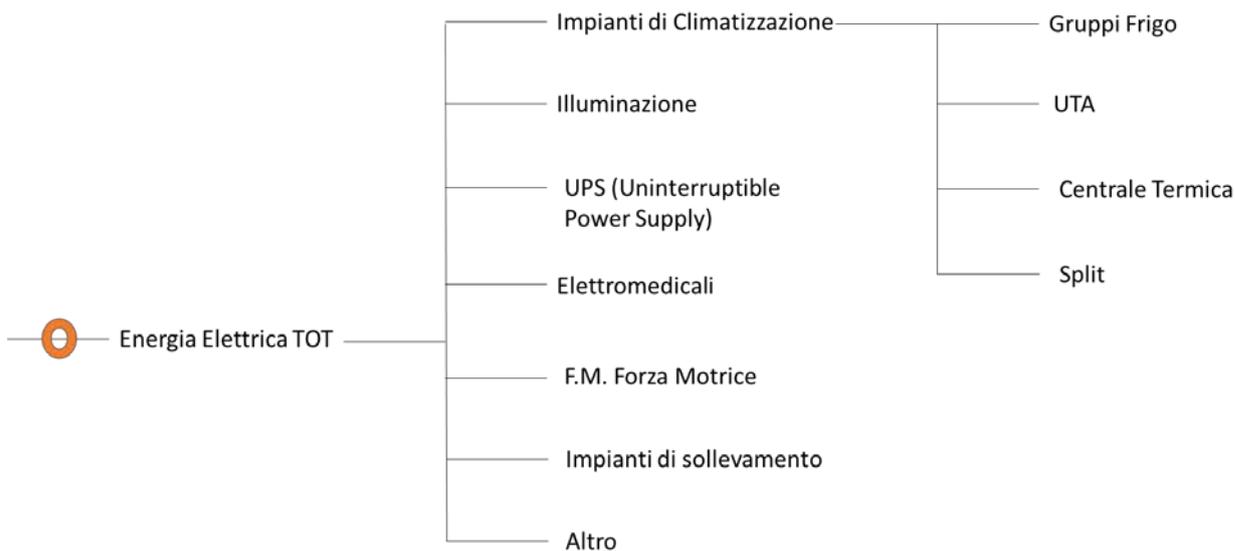


Figura 4.1.1 Schematizzazione semplificativa del flusso energia elettrica

In figura 4.1.1 è rappresentato in maniera molto esemplificativa il percorso dell'energia elettrica a partire dall'allaccio alla rete. Come si vede dallo schema l'unico punto di contabilizzazione (cerchio arancione) si trova a monte ed è ovviamente coincidente con il misuratore utilizzato dal distributore per la bollettazione.

Al momento non è presente alcun altro tipo di misuratore da cui poter attingere dati più precisi, ma in seguito ad alcune proposte di efficientamento riguardanti un nuovo sistema di gestione dei sistemi energetici, potranno essere disponibili in futuro.

Nel nostro caso quindi si è ricostruito il cammino dell'energia elettrica analizzando gli schemi unifilari delle cabine elettriche esistenti, suddividendo i quadri con corrente nominale dedicata più alta. Ovviamente la componente preponderante è dedicata al condizionamento dell'aria e al riscaldamento delle varie zone, per poi passare ai quadri dedicati all'illuminazione dei piani e ai quadri dedicati agli apparecchi elettromedicali (in particolar modo i reparti più energivori risultano essere quelli di Radiologia, Anatomia Patologica, le Sale operatorie e la Dialisi).

Una parte è totalmente dedicata all'UPS, Uninterruptible Power Supply, che collegato ai reparti di pronto soccorso e alle sale operatorie deve mantenere la disponibilità di energia elettrica anche in caso di mancata fornitura o blackout.

Il ramo definito F.M. (Forza Motrice) comprende alcuni assorbimenti minori quali prese di corrente e sistemi di sollevamento dei letti, mentre all'interno di impianti di sollevamento sono inclusi gli ascensori, le montalettighe, i montavivande, i montafereetri e il montabiancheria; la voce "altro" infine, comprende alcuni servizi esterni quali il bar e la banca, insieme all'alimentazione delle luci esterne e della lavanderia.

4.1.2 Raccolta bollette

Come anticipato, il primo passaggio è stata l'analisi dei consumi degli ultimi 3 anni ricavati dalle bollette mensili dell'ospedale Martini. Sono state infatti catalogate, mese per mese, le bollette relative all'unico contatore del punto di consegna dell'ospedale e i risultati sono stati messi a grafico insieme alle temperature.

Le temperature medi mensili sono state ottenute dal database online dell'ARPA¹⁷ Piemonte, consultando i dati misurati dalla stazione metereologica "Alenia", tra le disponibili, la più vicina al presidio Martini.

I risultati ottenuti vengono riportati nelle tabelle e nei grafici che seguono:

Tabella 4.1.1 Consumi elettrici 2015, P.O. Martini

CONSUMI AZIENDALI IN kWh ANNO 2015 - ENERGIA ELETTRICA MT						
Periodo	F1 [kWh]	F2 [kWh]	F3 [kWh]	TOT kWh	kWh/giorno	Spesa (IVA esclusa) [€]
gen	125.023	81.898	140.025	346.946	11.192	€ 47.833,69
feb	125.897	75.763	118.109	319.769	11.420	€ 44.384,28
mar	135.626	79.430	133.384	348.440	11.240	€ 48.189,22
apr	139.003	75.499	150.091	364.593	12.153	€ 50.604,18
mag	142.040	95.458	165.375	402.873	12.996	€ 55.733,28
giu	176.778	110.804	188.458	476.040	15.868	€ 66.162,84
lug	246.910	145.165	224.545	616.620	19.891	€ 85.717,68
ago	187.866	117.634	211.365	516.865	16.673	€ 71.943,13
set	163.555	98.313	154.070	415.938	13.865	€ 58.048,33
ott	149.518	95.396	140.674	385.588	12.438	€ 53.864,17
nov	136.619	81.836	139.068	357.523	11.917	€ 49.865,74
dic	129.531	69.766	145.290	344.587	11.116	€ 48.232,09
TOTALE 2015	1.858.366	1.126.962	1.910.454	4.895.782	13.413	680.578,63 €

¹⁷ ARPA Azienda Regionale per la Protezione Ambientale

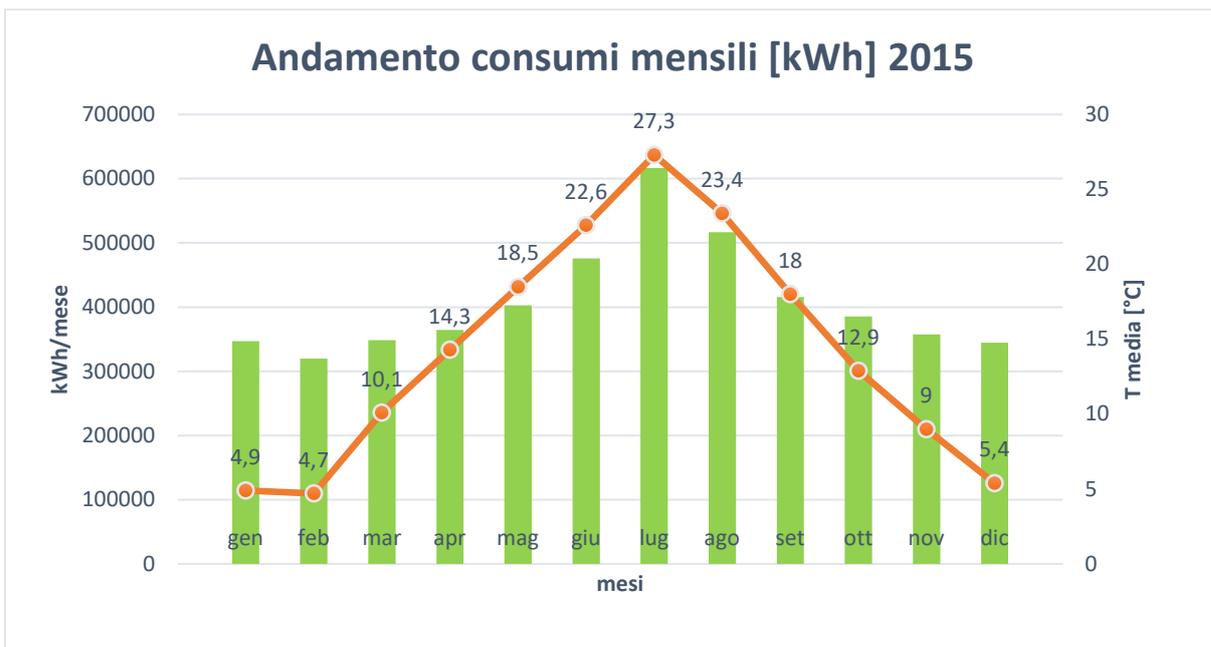


Figura 4.1.2 Andamento dei consumi di energia elettrica 2015, P.O. Martini

Tabella 4.1.2 Consumi elettrici 2016, P.O. Martini

CONSUMI AZIENDALI IN kWh ANNO 2016 - ENERGIA ELETTRICA MT						
Periodo	F1 [kWh]	F2 [kWh]	F3 [kWh]	TOT kWh	kWh/giorno	Spesa (IVA esclusa) [€]
gen	116.997	79.069	144.326	340.392	10.980	€ 44.301,48
feb	129.265	75.362	115.557	320.184	11.041	€ 42.184,24
mar	133.127	77.965	130.890	341.982	11.032	€ 44.809,87
apr	127.611	84.393	136.306	348.310	11.610	€ 46.795,27
mag	142.040	95.458	163.375	400.873	12.996	€ 54.382,71
giu	176.778	110.804	188.458	476.040	15.868	€ 63.995,28
lug	197.541	131.790	210.028	539.359	17.399	€ 75.242,38
ago	191.637	118.020	203.220	512.877	16.544	€ 71.455,94
set	177.870	108.328	170.303	456.501	15.217	€ 63.912,18
ott	138.845	91.701	148.337	378.883	12.222	€ 50.833,24
nov	133.202	79.007	135.758	347.967	11.599	€ 46.717,75
dic	123.978	81.904	141.344	347.226	11.201	€ 49.164,13
TOTALE 2016	1.788.891	1.133.801	1.887.902	4.810.594	13.144	653.794,47 €

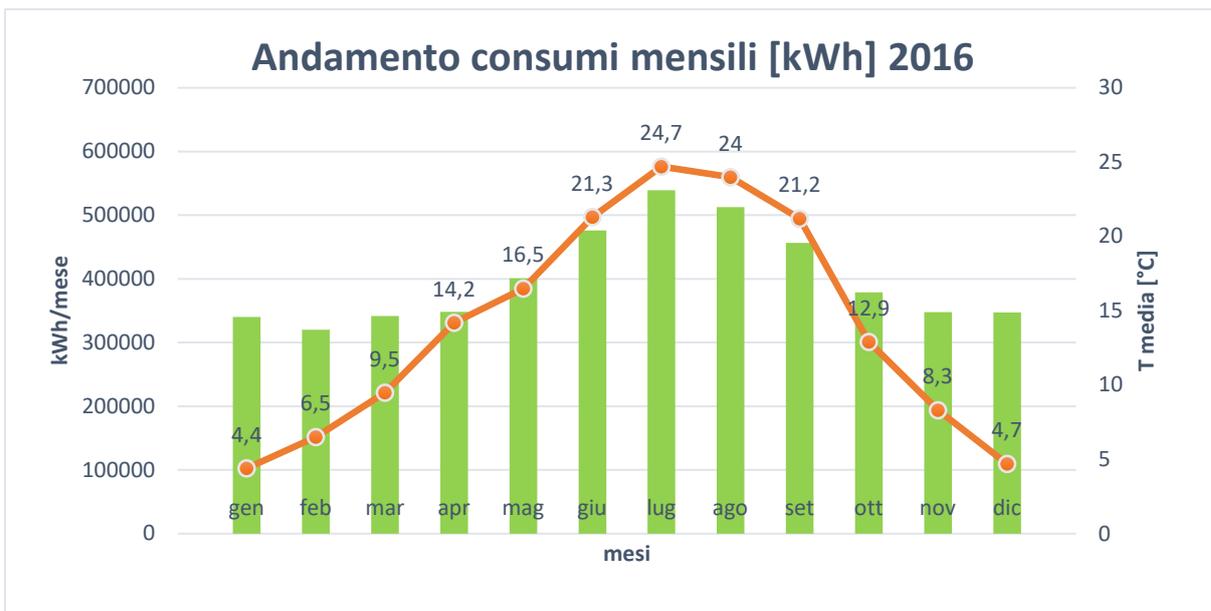


Figura 4.1.3 Andamento dei consumi di energia elettrica 2016, P.O. Martini

Tabella 4.1.3 Consumi elettrici 2017, P.O. Martini

CONSUMI AZIENDALI IN kWh ANNO 2017 - ENERGIA ELETTRICA MT						
Periodo	F1 [kWh]	F2 [kWh]	F3 [kWh]	TOT kWh	kWh/giorno	Spesa (IVA esclusa) [€]
gen	129.059	76.084	139.229	344.372	11.109	€ 46.348,38
feb	116.947	70.989	110.871	298.807	10.672	€ 40.433,24
mar	135.306	80.198	125.855	341.359	11.012	€ 46.048,51
apr	109.836	78.131	148.586	336.553	11.218	€ 44.190,26
mag	154.656	91.929	154.943	401.528	12.953	€ 53.524,95
giu	185.975	115.094	193.676	494.745	16.492	€ 61.723,35
lug	200690	134180	211862	546732	17637	€ 68.196,17
ago	207523	130471	215575	553569	17857	€ 69.267,54
set	146213	98491	145968	390672	13022	€ 48.985,70
ott	146863	88239	150086	385188	12425	€ 46.408,47
nov	132213	80666	137673	350552	11685	€ 42.322,76
dic	121287	70554	148420	340261	10976	€ 41.103,53
TOTALE 2017	1.786.568	1.115.026	1.882.744	4.784.338	13.108	608.552,86 €

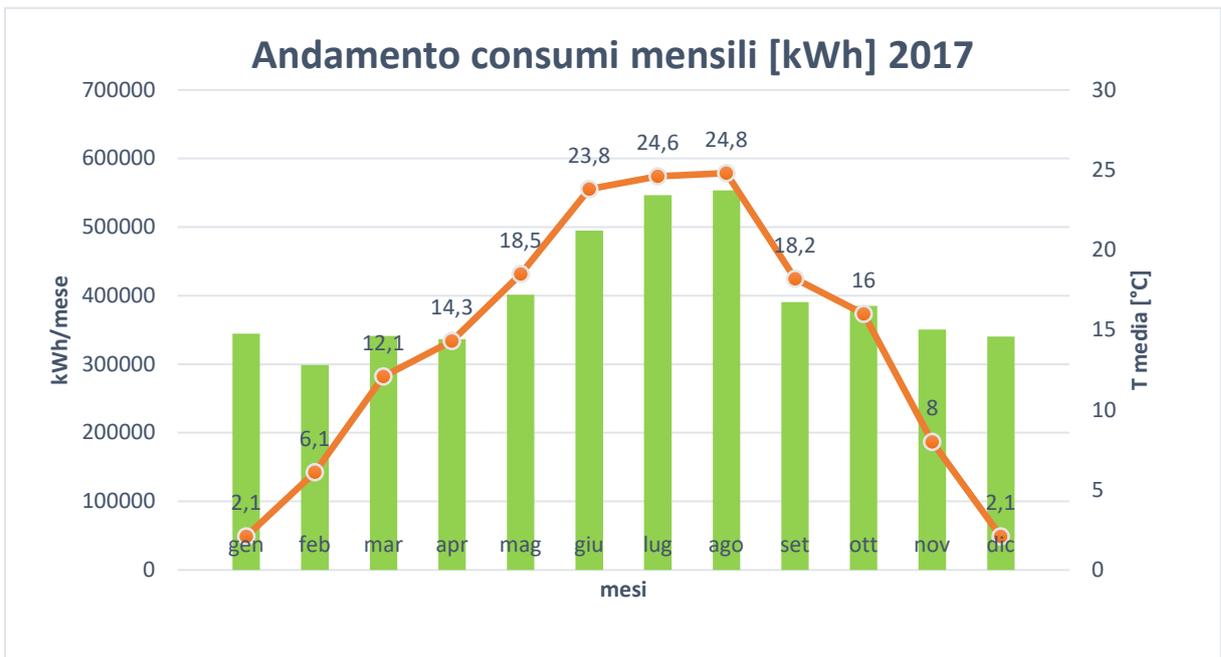


Figura 4.1.4 Andamento dei consumi di energia elettrica 2017, P.O. Martini

Nei grafici successivi sono invece riportati i confronti tra i consumi mensili nei tre anni e infine una media dei valori:

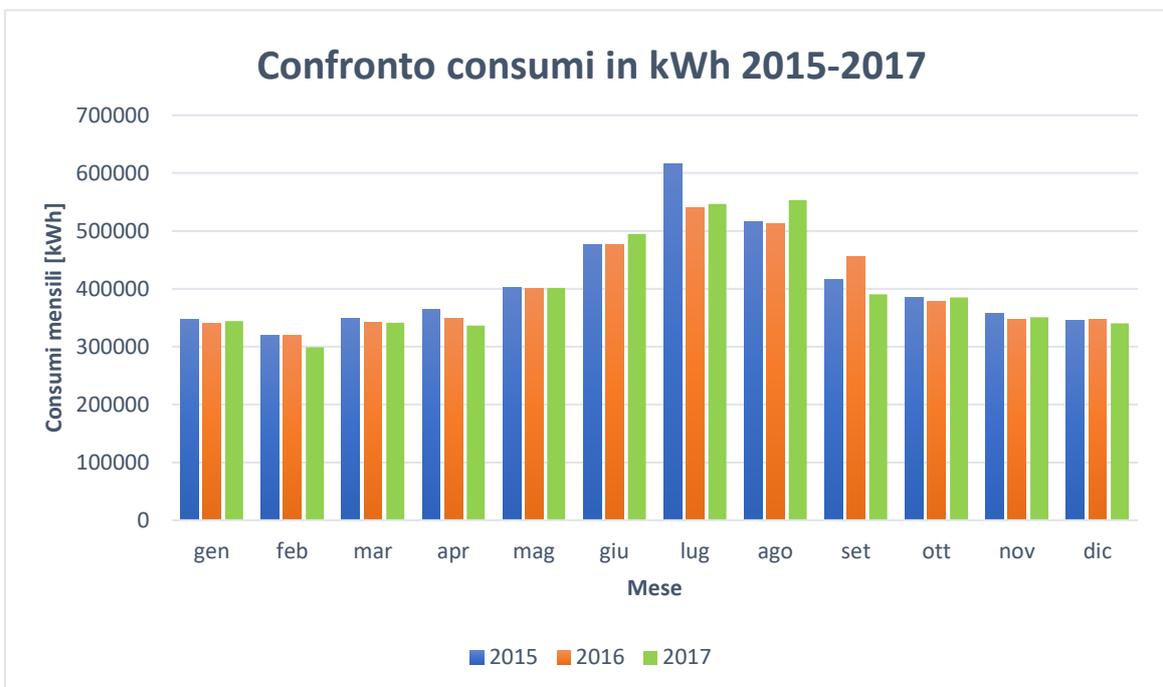


Figura 4.1.5 Confronto consumi mensili nel triennio, P.O. Martini

Tabella 4.1.4 Confronto consumi e spesa Energia Elettrica nel triennio, P.O. Martini

Confronto consumi e spesa ENERGIA ELETTRICA MT dal 2015 al 2017			
Anno	Media triennio		
Periodo	T media °C	TOT kWh	Spesa [€] (no IVA)
gen	4,5	343903,3	46.161,18 €
feb	6,3	312920	42.333,92 €
mar	11,0	343927	46.349,20 €
apr	14,6	349818,7	47.196,57 €
mag	18,1	401758	54.546,98 €
giu	22,8	482275	63.960,49 €
lug	26,3	567570,5	76.385,41 €
ago	24,8	527770,3	70.888,87 €
set	20,0	421037,4	56.982,07 €
ott	14,0	383219,9	50.368,63 €
nov	8,7	352014	46.302,08 €
dic	4,3	344024,7	46.166,58 €
TOTALE	14,6	4830239	647.641,98 €

Dagli ultimi grafici e tabelle si può notare come i consumi rimangano molto simili nei tre anni di riferimento e quindi supporre un consumo mensile calcolato come media in questo periodo risulta essere realistico.

4.1.3 Consumi orari

Dopo aver esaminato le bollette degli ultimi 3 anni, per migliorare il confronto e l'analisi, sono state richieste ai fornitori di energia elettrica le curve orarie di consumo. I dati ottenuti sono stati ordinati e preventivamente analizzati con il software MATLAB per rappresentare dei *carpet plot* significativi per un bilancio di massima.

È stata effettuata questa analisi sui tre anni, ma vengono riportati solamente tre grafici riferiti all'anno 2017. Si è agito infatti variando la *colorbar* dei grafici ottenuti, rispettivamente sulla full-scale, sui valori minimi (tra 0 kWh e 650 kWh) e sui valori massimi (tra 650kWh e il valore massimo riscontrato, 1165.5 kWh).

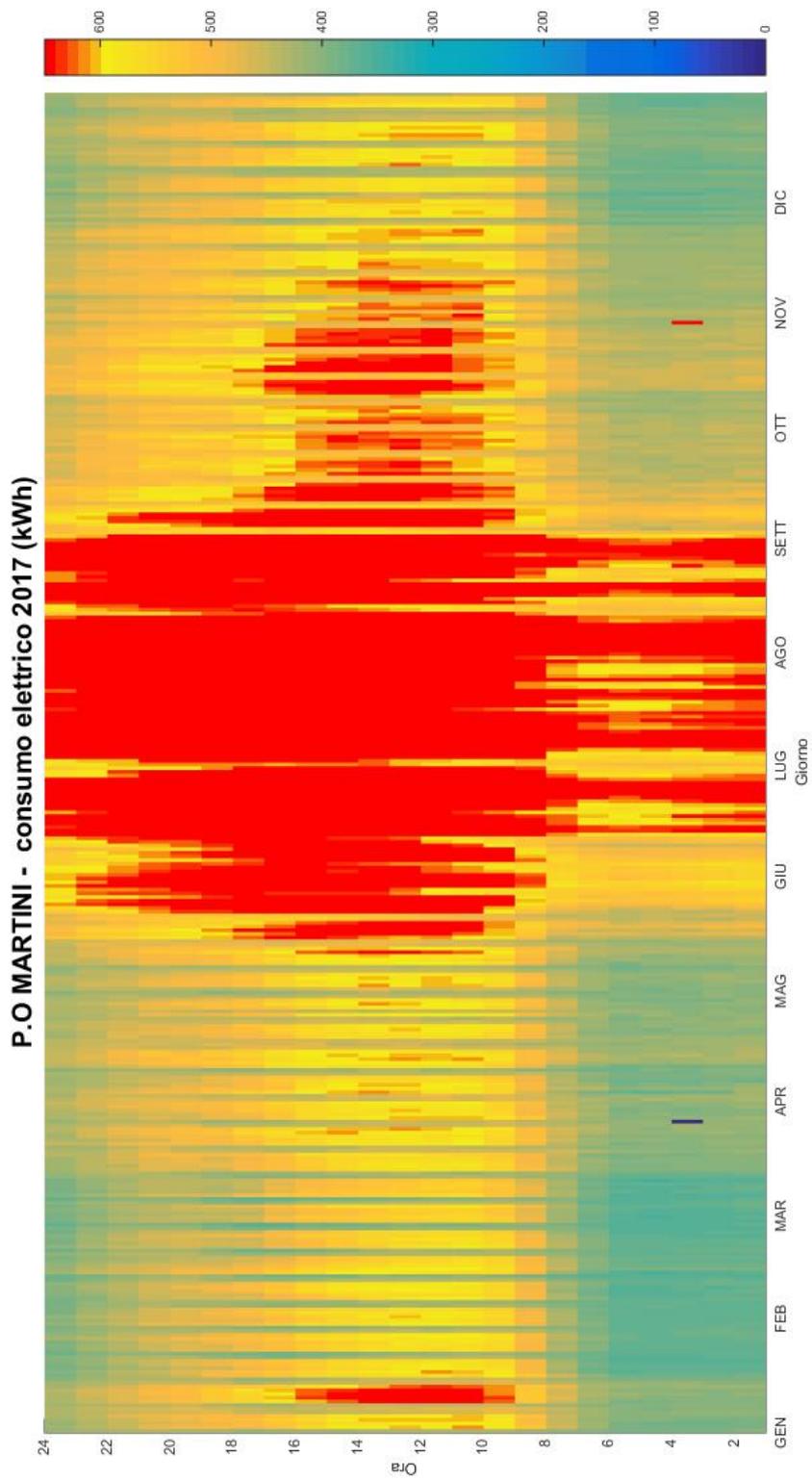


Figura 4.1.6 Consumi orari scala totale

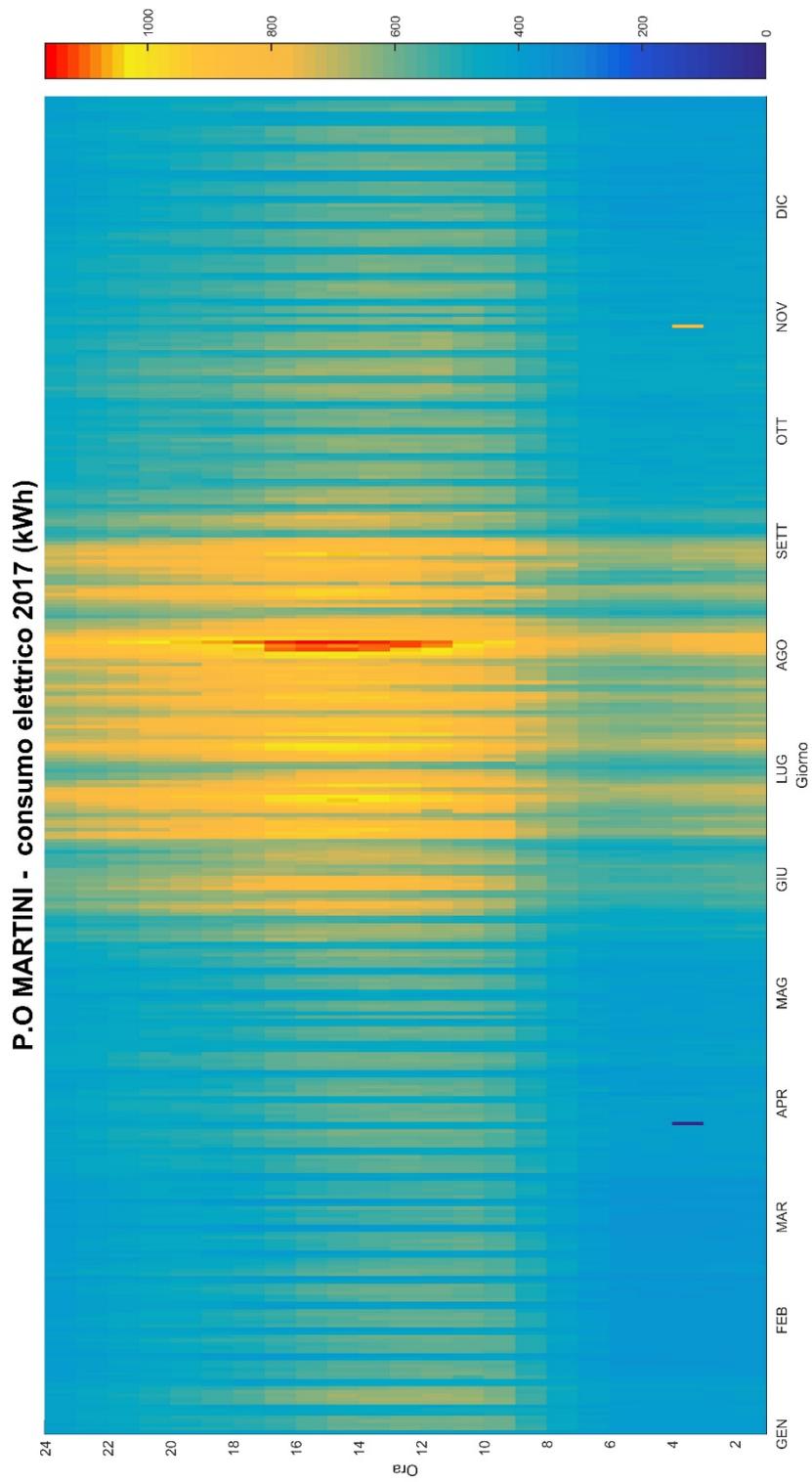


Figura 4.1.7 Consumi orari scala sui minimi

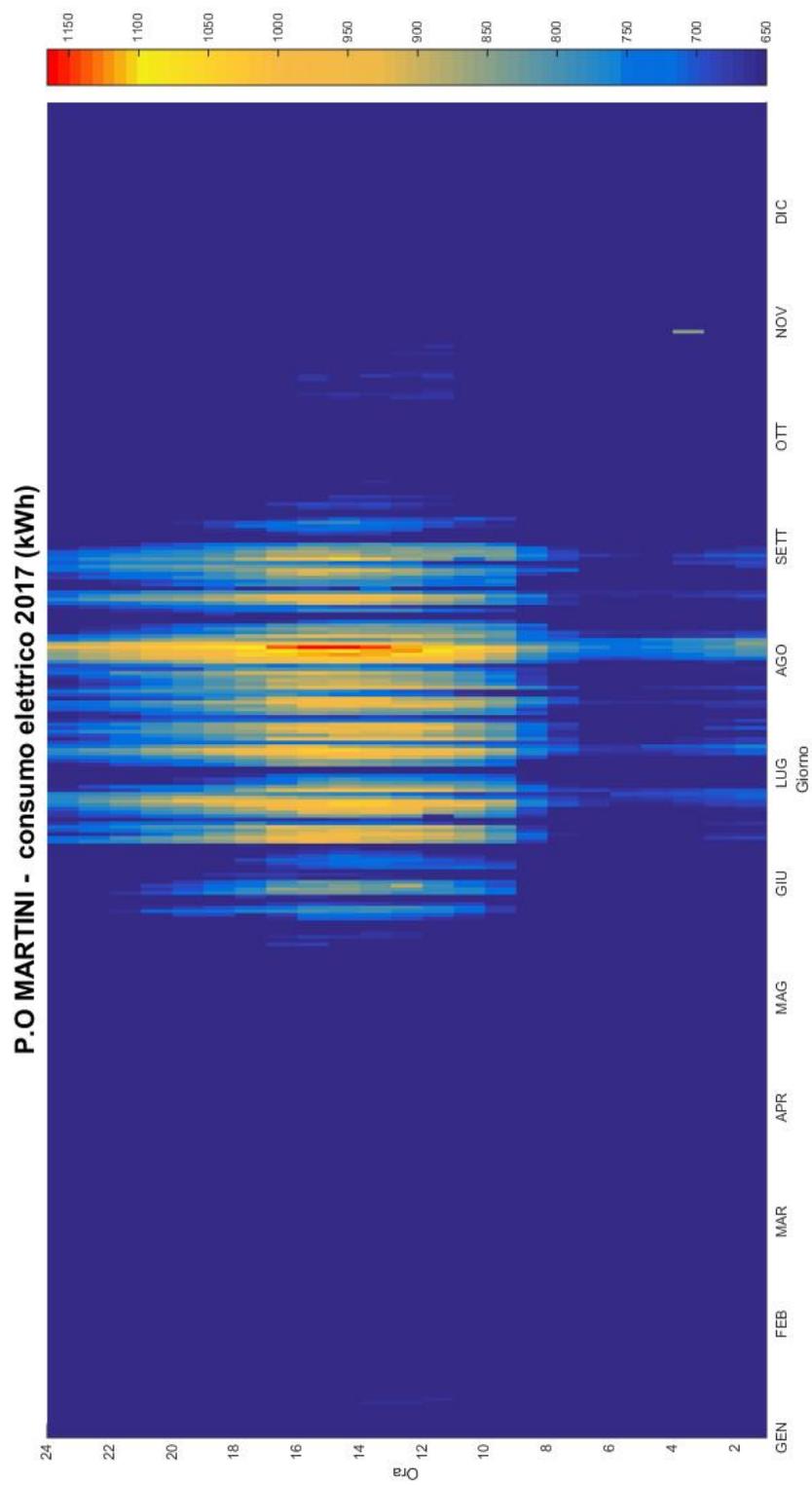


Figura 4.1.8 Consumi orari scala sui massimi

Dalla rappresentazione grafica si possono effettuare alcune considerazioni:

- Il valore massimo di energia misurato è di 1165.5 kWh misurato alle 15:00 del 4 agosto, mentre abbassando la scala fino al minimo, il valore di energia non scende mai al di sotto dei 360 kWh.
- Come facilmente intuibile i consumi più alti sono misurati in concomitanza dei periodi in cui vi è condizionamento dell'aria, nelle ore più calde della giornata.
- Nella fascia notturna tra le 23:00 e le 6:00 i consumi sono molto più bassi, e durante il giorno si può notare come, dalle 16:00 / 17:00 in poi i consumi tendano a decrescere.
- Risulta netta la differenza tra i giorni festivi e feriali, fino a quasi dimezzarsi, a prova del fatto che evidentemente i consumi di energia elettrica dipendono particolarmente dalle attività lavorative quali uffici e ambulatori.
- È evidente un comportamento quasi anomalo nella prima metà del mese di gennaio.

Per approfondire meglio gli utilizzi del vettore energia elettrica, vengono messi a grafico di seguito alcune settimane e giorni tipo, nei casi invernali ed estivi.

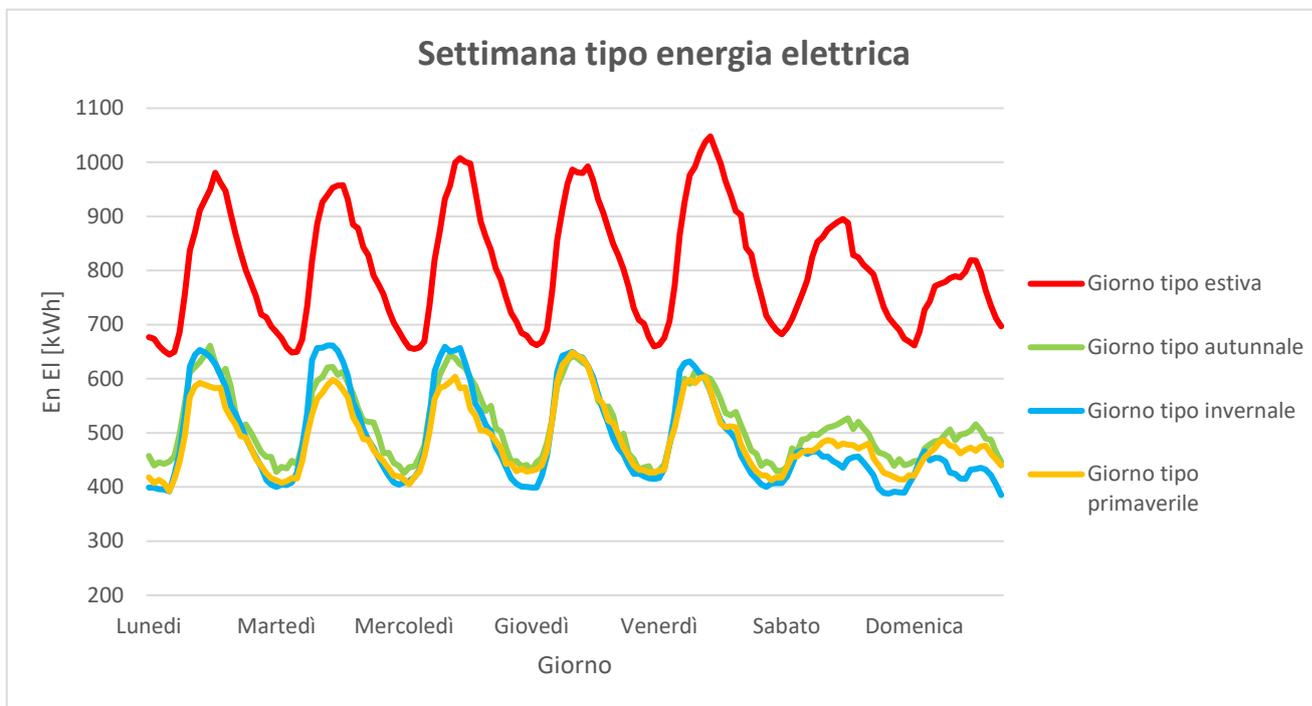


Figura 4.1.9 Settimana tipo energia elettrica

Nel grafico sono state inserite le medie di alcune settimane tipo, facendo le medie delle settimane più calde, di alcune settimane del periodo autunnale (settembre/ottobre) e primaverile (aprile/maggio), fuori dal periodo convenzionale di riscaldamento e raffrescamento e la media di alcune settimane invernali.

Si nota ancora più nel dettaglio di come la componente relativa al raffrescamento possa comportare un maggiore consumo di energia elettrica all'interno della struttura, mentre al di fuori del periodo estivo i consumi siano pressoché costanti.

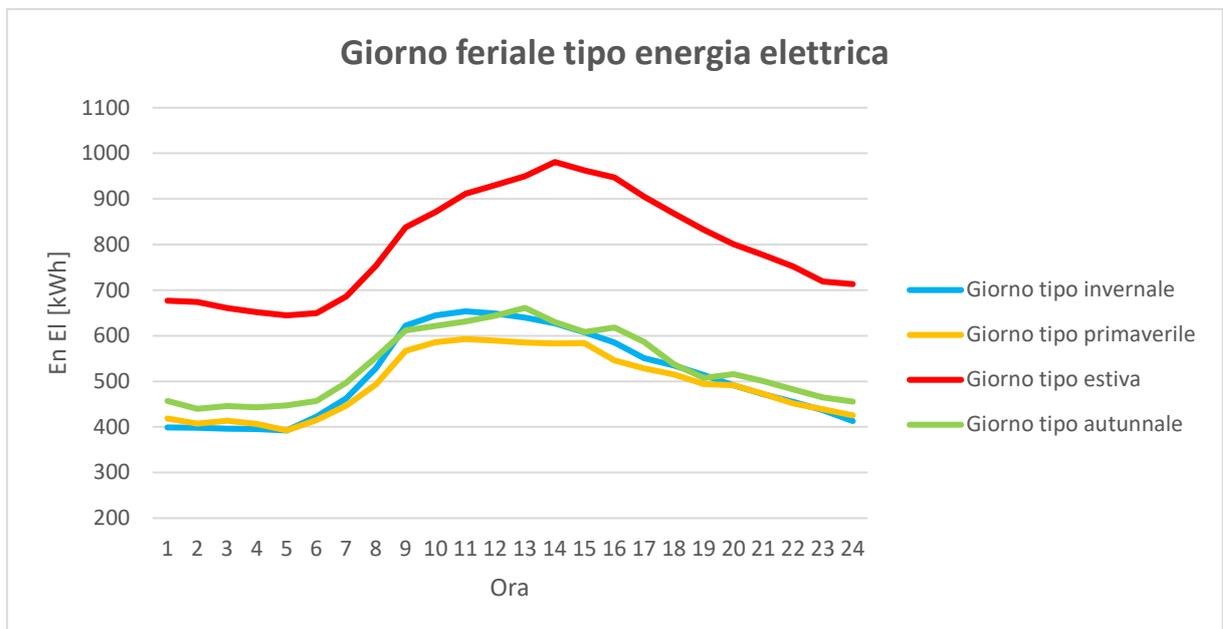


Figura 4.1.10 Giorno feriale tipo energia elettrica

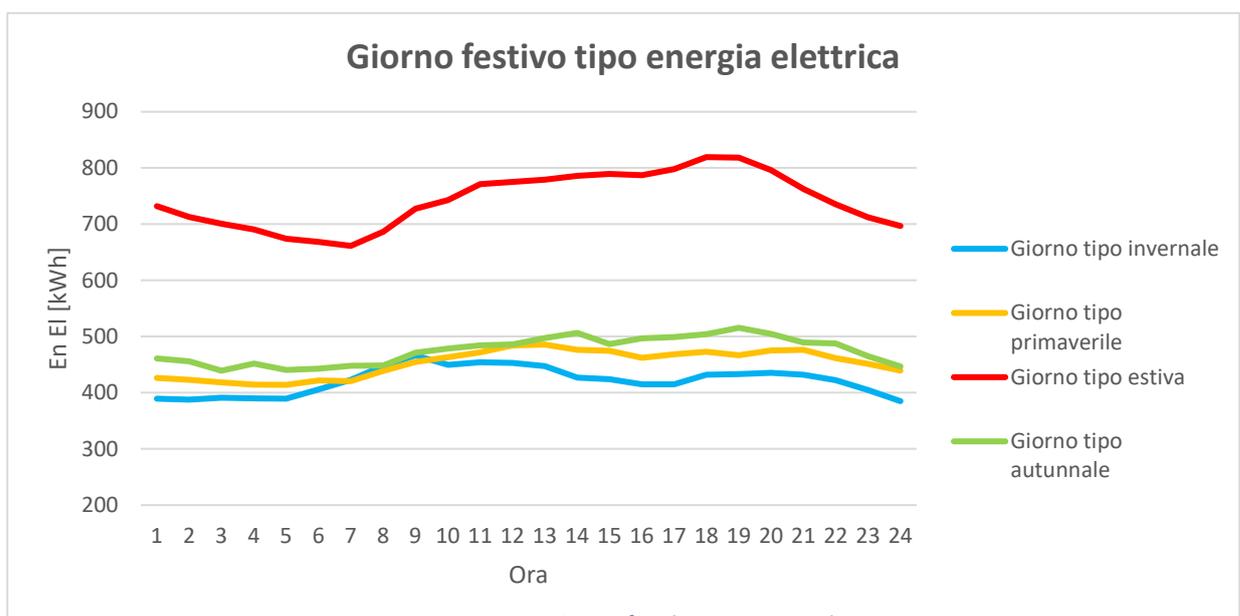


Figura 4.1.11 Giorno feriale tipo energia elettrica

4.1.4 Ripartizione dei consumi elettrici

Lo studio delle ripartizioni dei consumi elettrici è il proseguo di un'altra tesi svolta sullo stesso presidio ¹⁸ di cui si mantiene parte della struttura, aggiungendo nuove informazioni reperite. Con i consumi fatturati in bolletta infatti è possibile, mediando sui tre anni di riferimento conoscere il fabbisogno di energia elettrica dell'intera struttura, moltiplicando l'energia misurata per un rendimento η_{el} del 97% che tenga conto delle perdite di trasformazione (da media a bassa tensione) e le perdite per la distribuzione.

Alla luce di ciò si sono utilizzati due approcci per suddividere i vari utilizzi dell'energia elettrica nell'ospedale, un metodo *top-down* e uno *bottom-up*; con il primo si parte da una visione del sistema nella sua totalità e vengono man mano aggiunti dettagli di progettazione fino a raggiungere un modello sufficientemente preciso.

L'approccio *bottom-up* è esattamente l'inverso, si parte dalle parti individuali del sistema di cui si conoscono i dettagli quali potenza installata e assorbita e connettendole tra di loro si ricava il sistema completo. Nello specifico per questo tipo di approccio sono stati utilizzati tutti i dati forniti dai censimenti disponibili e soprattutto dai dati di targa rilevati sul posto. Per questo tipo di approccio è inevitabile utilizzare alcune ipotesi specialmente per quanto riguarda il funzionamento e le ore in cui i componenti sono accesi, decise sia alla luce di colloqui con i tecnici che gestiscono gli impianti, sia utilizzando dati presenti in letteratura; in questo modo il modello può ritenersi accurato.

L'anno verrà suddiviso in tre fasi stagionali:

- Periodo invernale: mesi di Ottobre, Novembre, Dicembre, Gennaio e Febbraio, 151 giorni.
- Periodo intermedio: mesi di Marzo, Aprile e Maggio, 92 giorni.
- Periodo estivo: mesi di Giugno, Luglio, Agosto e Settembre, 122 giorni.

¹⁸ "Diagnosi energetica di un presidio Ospedaliero: Metodologia standard e criticità riscontrate nell'analisi energetica del P.O. Martini di Torino" Sara Ghedini, Relatore Prof. Marco Masoero

4.1.4.1 Fabbisogno per Condizionamento

Il fabbisogno per il condizionamento è stato calcolato in due modi differenti:

1. *Top-down*. Si è studiato l'andamento del consumo elettrico rispetto alla temperatura media esterna (sempre misurata dalle stazioni metereologiche dell'ARPA); come si può vedere dalla figura, il consumo rimane pressoché costante per temperature inferiori ai 14-15 °C mentre, per temperature superiori, il trend è crescente.

Tale aumento è sicuramente attribuibile al carico per condizionamento, che aumenta con l'aumentare della temperatura esterna.

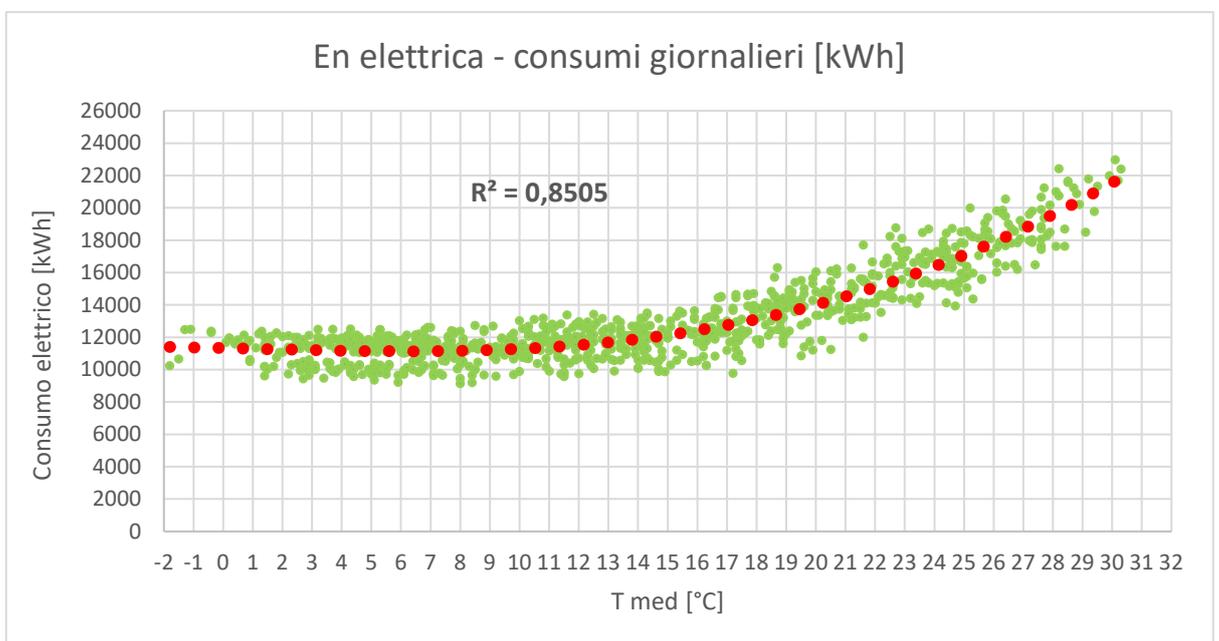


Figura 4.1.12 Energia elettrica in funzione della T media esterna

Si è quindi anche calcolato il fabbisogno elettrico standard come valore medio dei consumi registrati per temperature minori di 15° C e sottraendo tale quota ai giorni in cui la temperatura risulta superiore.

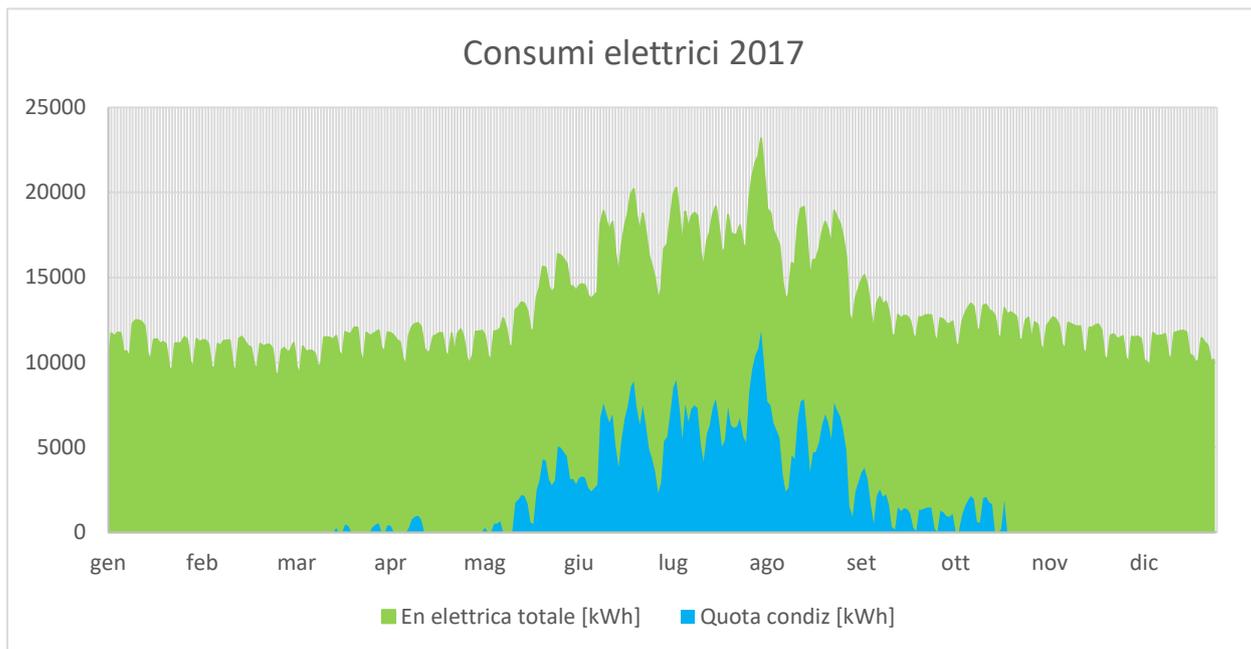


Figura 4.1.13 Suddivisione consumi con quota condizionamento

Effettuando questa operazione per i tre anni in studio si è ottenuto il fabbisogno medio per condizionamento come media del 14,1% come mostrato in tabella.

Tabella 4.1.5 Quota anno per anno dei consumi elettrici per condizionamento, P.O. Martini

Consumi elettrici per condizionamento			
Anno	En. Tot [kWh]	En. Per condiz [kWh]	% quota condiz
2015	4749323,14	704444,82	14,8%
2016	4619888,37	606752,67	13,1%
2017	4640808,65	664070,36	14,3%
Media	4670006,76	658422,62	14,1%

2. *Bottom-up*. A partire dai dati di targa dei gruppi frigoriferi e degli impianti split della struttura si sono calcolati i consumi su base annuale ipotizzando metodi ed ore di funzionamento.

Come da colloqui con il personale tecnico dell'ospedale, è risultato che i gruppi frigoriferi sono accesi mediamente dalla metà del mese di aprile fino alla metà di ottobre, in concomitanza con lo spegnimento degli impianti di riscaldamento (salvo particolari condizioni climatiche).

L'ipotesi utilizzata per il calcolo prevede una media di 12 al giorno di funzionamento per tutti i giorni del periodo (180 giorni), fatta eccezione per i due gruppi frigo del corpo G, attualmente in fase di ristrutturazione, non ancora operativi. La potenza assorbita è supposta pari al 30%, valore stimato a partire dalla curva di assorbimento caratteristica dei gruppi frigoriferi¹⁹ (assorbimento iniziale, seguito da una decrescita esponenziale).

Il consumo annuo è calcolato come:

$$\sum_{n=1}^{GF} Pot_{el,n} \cdot 30\% \cdot h_{funz} \quad \left[\frac{kWh}{year} \right]$$

I risultati sono riportati in tabella:

Tabella 4.1.6 Consumo annuo calcolato per i gruppi frigoriferi, P.O. Martini

Gruppi frigo					
GF	Zona	Pot. elettrica Installata [kw]	Pot. Tot. Assorbita [kw]	h equivalenti	Consumo [kWh/anno]
GF 1	GF centralizzati zona PS	66,18	19,85	2160	42882,4
GF 2	GF centralizzati zona PS	66,18	19,85	2160	42882,4
GF 3	GF centralizzati zona PS	66,18	19,85	2160	42882,4
GF 4	GF centralizzati zona PS	62,70	18,81	2160	40629,6
GF 5	GF blocco operatorio	112,50	33,75	2160	72900
GF 6	GF blocco operatorio	86,51	25,95	2160	56058,48
GF 7	GF blocco operatorio (non segnato)	86,51	25,95	2160	56058,48
GF 8	GF corpo H	88,10	26,43	2160	57088,8
GF 9	GF locale citostatici	19,70	5,91	2160	12765,6
GF 10	GF anatomia patol e palazzina uffici	62,70	18,81	2160	40629,6
GF 11	GF anatomia patol e palazzina uffici	62,70	18,81	2160	40629,6
GF 12	GF anatomia patol e palazzina uffici	62,70	18,81	2160	40629,6
GF 13	GF odontostomatologia	19,70	5,91	2160	12765,6
GF 14	GF locale TAC	18,10	5,43	2160	11728,8
GF 15	GF corpo G ristrutturato	270,00	81,00	0	0
GF 16	GF corpo G ristrutturato	270,00	81,00	0	0
TOT annuo					570531,2

¹⁹ Jacopo Toniolo e Marco Carlo Masoero, *Il monitoraggio continuo di impianti HVAC: il progetto iSERV cmb*, 2012

Allo stesso modo, ottenuto il computo degli impianti split presenti nell'ospedale, si è calcolato il consumo elettrico ipotizzando 8 ore di funzionamento per gli impianti portatili e 6 ore al giorno di funzionamento per tutti gli altri, per i soli 122 giorni del periodo estivo; la potenza assorbita è stata calcolata moltiplicando per il rendimento

elettrico di assorbimento $\eta = 97\%$ la potenza elettrica indicata sulle schede tecniche dei diversi modelli. Il consumo annuale è riportato in tabella:

Tabella 4.1.7 Consumo annuo calcolato per gli impianti split, P.O. Martini

Impianti Split					
Zona servita	Quantità	Tot .Pot. installata [kW]	Pot. assorbita [kW]	h eq	consumo [kWh/anno]
Ced piano interrato	4	3,5	3,395	732	2485,1
appartamento cappellano	1	2	1,94	732	1420,1
Dialisi - piano terra	11	12	11,64	732	8520,5
Dialisi - primo piano	10	12,1	11,737	732	8591,5
Dialisi - secondo piano	10	12	11,64	732	8520,5
Psichiatria	7	7,1	6,887	732	5041,3
Ala centrale _ secondo piano	1	1,5	1,455	732	1065,1
Sala conferenze	1	0,9	0,873	732	639
Radiologia	5	4	3,88	732	2840,2
Locali cabine elettriche	4	4,15	4,0255	732	2946,7
Centrale termica	1	0,9	0,873	732	639
Ambulatori piano terra	20	18	17,46	732	12780,7
Odontostomatologia - piano primo	3	2,9	2,813	732	2059,1
Portineria - piano terra - centralino	1	0,75	0,7275	732	532,5
Piano terra - interno uffici	1	0,9	0,873	732	639
Farmacia	5	5	4,85	732	3550,2
otorino-urologia	2	1,8	1,746	732	1278,1
endoscopia piano primo	8	7,8	7,566	732	5538,3
neurologia - piano primo	5	5,7	5,529	732	4047,2
Pediatria - piano terra	1	0,75	0,7275	732	532,5
Medicina d'urgenza	3	3,8	3,686	732	2698,2
Camera calda 118	1	1,3	1,261	732	923,1
Codice bianco piano terra	1	1,5	1,455	732	1065,1
Sert	1	0,9	0,873	732	639
Ecodoppler	2	1,8	1,746	732	1278,1
Distribuzione farmaci	1	0,9	0,873	732	639
Portatili	30	30	29,1	976	28401,6
				TOT Annuo	109310,7

4.1.4.2 Fabbisogno Unità di trattamento aria

Con lo stesso approccio utilizzato per i gruppi frigo e gli split viene calcolato il consumo di energia elettrica derivante dalle UTA; in questo caso si avevano a disposizione i dati di targa solamente di alcune unità mentre, per quelle per cui il rilievo non è stato possibile, la potenza installata è stata calcolata pari al doppio della potenza meccanica di ventilazione, conoscendo i valori di portata e prevalenza:

$$Pot_{mecc} = 2 \cdot \frac{\dot{V} \cdot \Delta p}{3600 \cdot 1000} \quad [kW]$$

La potenza assorbita è stata stimata pari al 60% di quella installata mentre le ore equivalenti, dopo i sopralluoghi con i tecnici, sono per la maggior parte delle UTA uguali a 24 ore al giorno. Nonostante la possibilità di regolazione infatti, ci è stato confermato che le unità sono accese tutto il giorno, eccezion fatta per quella che serve gli uffici al secondo piano che al contrario risulta quasi sempre spenta e per la quale si sono ipotizzate 10 ore al giorno di funzionamento solamente per il periodo estivo.

La regolazione nell'ospedale è quindi quasi del tutto tralasciata poiché i tecnici, dovendo soddisfare svariate richieste e necessità da parte degli utilizzatori, non hanno al momento trovato altra soluzione.

La tabella riassuntiva riporta i consumi annui ipotizzati per le UTA:

Tabella 4.1.8 Consumo annuo calcolato per le Unità di trattamento aria, P.O. Martini

Unità di Trattamento Aria					
UTA	Zona	Pot. Tot. Installata [kw]	Pot. Tot. assorbita [kw]	h equivalenti	Consumo [kWh/anno]
UTA 1	radiologia	6,25	3,75	8760	32850
UTA 1	pronto soccorso - dea	13,00	7,80	8760	68328
BOOSTER	PS - Locali interventi emergenza	4,00	2,40	8760	21024
UTA 1	blocco parto e nido	0,50	0,30	8760	2628
UTA 2	blocco parto e nido	10,50	6,30	8760	55188
UTA 3	blocco parto e nido	6,20	3,72	8760	32587,2
UTA 1	Rianimazione - UTIC	0,40	0,24	8760	2102,4
UTA 2	Rianimazione - corridoio e studi medici	2,32	1,39	8760	12193,92
CTA 1	blocco operatorio - Sala E	3,75	2,25	8760	19710
CTA 2	blocco operatorio - Sale C e D	5,50	3,30	8760	28908
CTA 3	blocco operatorio - Sala F	15,00	9,00	8760	78840
CTA 4	blocco operatorio - Sala sterilizzazione	8,50	5,10	8760	44676
CTA 5	blocco operatorio - locali spogliatoi	7,70	4,62	8760	40471,2
CTA 6	blocco operatorio - Sale A e B	15,00	9,00	8760	78840
UTA 1	corpo H lato est	7,70	4,62	8760	40471,2
UTA 2	corpo H lato ovest	7,70	4,62	8760	40471,2
UTA 3	corpo H - UTIC	7,70	4,62	8760	40471,2
UTA	locale citostatici primo piano	1,56	0,93	8760	8176
UTA 1	camera mortuaria	0,10	0,06	8760	499,32
UTA 2	anatomia patologica	0,37	0,22	8760	1945,888
UTA 1	uffici nuova elevazione 2 piano	3,54	2,12	1440	3055,68
UTA 2	uffici CUP piano terra	0,09	0,05	8760	474,5
UTA 3	ambulatori piano terra	0,11	0,06	8760	564,144
UTA 4	laboratorio analisi	0,09	0,05	8760	474,5
UTA	odontostomatologia	0,11	0,06	8760	564,144
UTA	TAC piano terra	1,56	0,93	8760	8176
UTA 1	corpo G	26	15,60	8760	136656
UTA 2	corpo G	26	15,60	8760	136656
				TOT annuo	937002,496

4.1.4.3 Fabbisogno per l'illuminazione

Per il calcolo delle ore equivalenti degli apparecchi illuminanti sono stati utilizzati gli orari forniti dal colloquio con la direzione sanitaria di fruizione della struttura (tabella 3.2.1). Si è distinto l'utilizzo dei sistemi di illuminazione sulle tre fasce stagionali, ulteriormente suddivise in feriali e festivi, per le diverse destinazioni d'uso.

Tabella 4.1.9 Riassunto ore equivalenti usate per il calcolo del fabbisogno da illuminazione

Area	Ore/giorno inverno		Ore/giorno mezza stagione		Ore/giorno estate	
	Feriali	Festivi	Feriali	Festivi	Feriali	Festivi
blocco operatorio	13	6	13	6	13	6
day-surgery	13	0	10	0	8	0
terapia intensiva	24	24	24	24	24	24
anatomia patologica	8	0	8	0	8	0
Pronto Soccorso e DEA	24	24	24	24	24	24
Laboratorio analisi	15	8	15	8	15	8
Radiologia	15	8	15	8	15	8
Reparti/degenze	15	15	12	12	10	10
ambulatori	8	0	8	0	6	0
day-hospital	13	0	10	0	8	0
mensa dipendenti	5	5	5	5	5	5
cucina (smistamento da servizio esterno)	10	10	8	8	8	8
media giornaliera [h/giorno]	13,58	8,33	12,67	7,92	12,00	7,75
media giornaliera pesata [h/giorno]	12,08		11,31		10,79	
ore per stagione di riferimento [h]	1824,58		1040,48		1315,86	
totale [ore/anno]	4181					

Come spiegato in precedenza il calcolo è effettuato sulla base di alcuni dati certi e alcune ipotesi, non esistendo un censimento completo dei corpi luminosi. Determinate le ore equivalenti si può quindi valutare il consumo annuale dei corpi luminosi.

Tabella 4.1.10 Consumo annuo calcolato per illuminazione, P.O. Martini

Tipo lampada	Quantità	Consumo di riferimento [W]	Ore annue medie	Consumo annuale [kWh]
Fluorescente 2x18W	76	45	4181	14298,7
Fluorescente 4x18W	928	90	4181	349190,2
Fluorescente 1x36W	114	45	4181	21448,1
Fluorescente 2x58W	79	140	4181	46240,9
Fluorescente 2x36W	619	90	4181	232918,9
Fluorescente 1x18W	86	23	4181	8269,9
Fluorescente 1x58W	59	70	4181	17267,2
Fluorescente 3x58W	25	135	4181	14110,6
fluorescente 2x35W	646	88	4181	237676,8
fluorescente 4x14W	585	70	4181	171208,5
fluorescente 1x35W	96	44	4181	17660,2
fluorescente 2x26W	467	65	4181	126911,7
fluorescente 1x28W	23	35	4181	3365,6
fluorescente 2x28W	94	70	4181	27510,4
Led alta efficienza	141	25	4181	14737,7
fluorescente 1x26W	185	33	4181	25524,5
fluorescente 1x24W	455	30	4181	57069,5
TOT annuo				1385409,5

4.1.4.4 Fabbisogno terminali

Alcune zone del presidio sono servite da fan coil e, anche se l'incidenza dell'assorbimento elettrico risulterà sicuramente molto bassa, avendo a disposizione un capitolato tecnico con i dettagli dei componenti si è deciso di unirli al computo totale.

La potenza media del singolo elemento è supposta di 100 kW e di conseguenza la potenza assorbita viene calcolata come il 97% (rendimento elettrico) della potenza installata. Tali dispositivi sono utilizzati tutto l'anno per riscaldare, raffrescare e condizionare l'aria e pertanto gli orari di funzionamento sono suddivisi a seconda della stagione:

- Inverno: 10 ore al giorno
- Mezza stagione: 6 ore al giorno
- Estate: 12 ore al giorno

Tabella 4.1.11 Consumo annuo calcolato per i terminali, P.O. Martini

Terminali									
Tipologia	Zona servita	Quantità	Pot. Singolo el [kW]	pot. Installata [kWel]	potenza assorbita funzionam [kWel]	heq inverno	heq mezza stag	heq estate	Consumo [kWh/anno]
Fancoil	Radiologia	20	0,1	2	1,9	1510	552	1464	6840,4
Fancoil	Pronto Soccorso - DEA	20	0,1	2	1,9	1510	552	1464	6840,4
Fancoil	Blocco operatorio	5	0,1	0,5	0,5	1510	552	1464	1710,1
Fancoil	Corpo H	12	0,1	1,2	1,2	1510	552	1464	4104,3
Fancoil	Nuova Palazzina Sala Conferenze	20	0,1	2	1,9	1510	552	1464	6840,4
Fancoil	Anatomia Patologica e Lab. Analisi	20	0,1	2	1,9	1510	552	1464	6840,4
Fancoil	Palazzina Uffici 3° piano	25	0,1	2,5	2,4	1510	552	1464	8550,6
Fancoil	Palazzina uffici piano interrato, terreno, primo	100	0,1	10	9,7	1510	552	1464	34202,2
								TOT annuo	75928,9

4.1.4.5 Fabbisogno degli apparecchi elettromedicali

All'interno di un ospedale sicuramente un ruolo importante nei consumi di energia elettrica è svolto dai macchinari utilizzati in ambito diagnostico; macchinari utilizzati per la radiologia, TAC e lampade scialitiche, rappresentano sicuramente una componente non trascurabile dei consumi elettrici. Avendo a disposizione l'inventario aziendale è possibile conoscere il numero e il modello di tutte le apparecchiature presenti e quindi è stato svolto un unico calcolo completo.

In questo specifico caso risulta essere complicato definire quali siano le ore di funzionamento degli apparecchi poiché spesso l'utilizzo è saltuario o addirittura quasi istantaneo (si pensi ad un elettrobisturi per esempio). Per questo motivo in questo caso non è utilizzato il metodo *bottom-up* utilizzato in precedenza, ma una stima basata studiando il differente comportamento tra i gironi feriali e i giorni festivi.

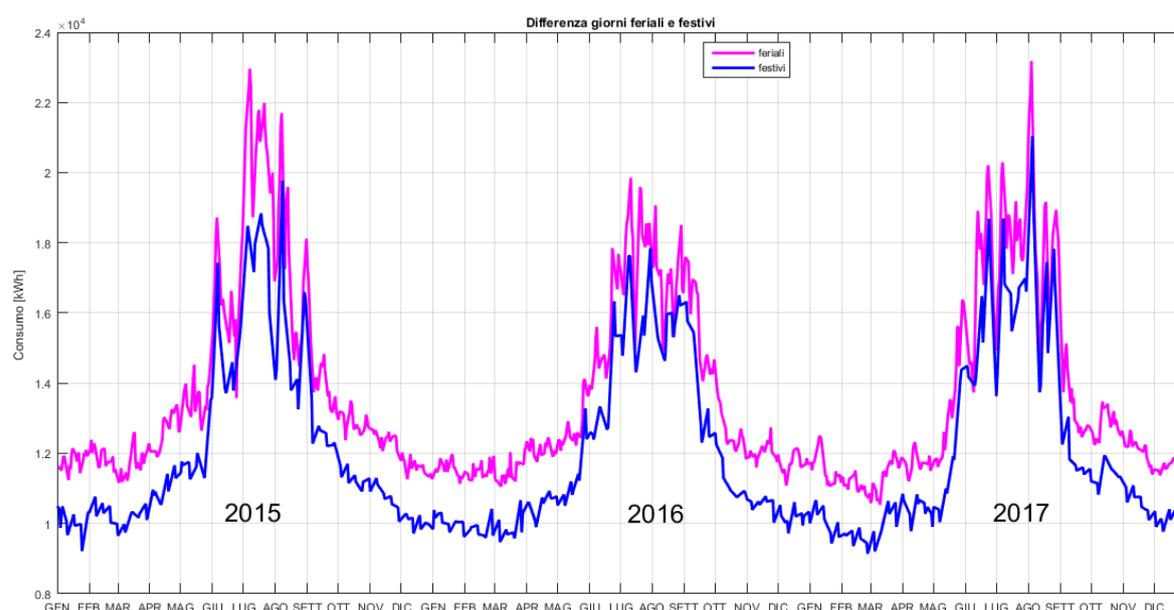


Figura 4.1.14 Differenza di consumo elettrico tra i giorni festivi e feriali

La differenza di consumo riscontrata va attribuita al diverso tipo di attività svolto; si è scelto quindi di attribuire la differenza di consumo all'uso degli apparecchi elettromedicali, nonostante una quota dipenda anche dall'illuminazione e da altri fattori. Tuttavia, durante i giorni festivi gli apparecchi elettromedicali vengono impiegati in caso di emergenza o lasciati in stand-by per la pronta disponibilità, e tale utilizzo di fatto "compensa" le differenze con gli altri apporti mancanti.

Questa stima è stata effettuata sempre per i tre anni oggetto di studio, sia su base annuale che mensile, al fine di ottenere un valore meglio pesato. Vengono riportate le tabelle riassuntive dei calcoli fatti:

Tabella 4.1.12 Differenza consumi elettrici tra giorni feriali e festivi calcolata sul totale annuale

Anno	media feriali	media sabato e festivi	ΔE [kWh]	%
2015	13559	11760	1799	13,3%
2016	13129	11504	1625	12,4%
2017	13215	11626	1589	12,0%
media	13301	11630	1671	13%

Tabella 4.1.13 Differenza consumi elettrici tra giorni feriali e festivi calcolata su base mensile, anno 2017

2017				
Mese	media gg feriali	media gg festivi	ΔE [kWh]	ΔE %
gennaio	11242	9797	1445	13%
febbraio	10778	9286	1491	14%
marzo	11020	9708	1312	12%
aprile	11393	10115	1278	11%
maggio	13074	11317	1756	13%
giugno	16423	15002	1421	9%
luglio	17764	15729	2035	11%
agosto	17776	16209	1567	9%
settembre	13069	11612	1456	11%
ottobre	12453	11075	1378	11%
novembre	11741	10386	1355	12%
dicembre	11224	9848	1376	12%
			17871	12%

Tabella 4.1.14 Differenza consumi elettrici tra giorni feriali e festivi su base mensile, riepilogo triennale

Anno	totale gg feriali	totale gg festivi	ΔE annuale [kWh]	% ΔE (media pesata)
2015	162019	141951	20068	13%
2016	157096	138771	18325	12%
2017	157955	140084	17871	12%
media	159022	140268	18754	12%

Nonostante la differenza riscontrata sia minima, si fa riferimento al dato ricavato su base mensile in quanto risulta essere più accurato. L'incidenza sul consumo totale risulta quindi essere del 12%.

4.1.4.6 Fabbisogno dei componenti ausiliari

L'ultimo importante lavoro svolto per una più accurata divisione dei fabbisogni elettrici riguarda le pompe e i circolatori di tutti i circuiti dell'ospedale. Poiché non esiste un computo totale degli ausiliari, sono stati raccolti i dati di targa ad uno ad uno di tutti i componenti accessibili per poi essere contabilizzati, suddivisi nelle zone di interesse ed elaborati.

I circolatori sono risultati essere circa 100 unità, 84 quelli censiti; 37 circolatori sul totale (il 45%) sono dotati di inverter mentre gli altri hanno semplice regolazione on-off.

Poiché non sono presenti dati più precisi, laddove vi è l'inverter si è assunta la potenza installata pari a quella massima, a scopo conservativo. La potenza assorbita è quindi stata calcolata come il 97% di quella installata, a meno dei casi in cui erano noti la corrente I, il voltaggio V e il fattore di potenza $\cos\phi$; in questi casi la potenza elettrica assorbita è stata calcolata come

$$Pot_{ass} = \frac{I \cdot V \cdot \cos\phi}{1000} \quad [kW]$$

Per ogni apparato è stata identificata la funzione e, a seconda dell'utilizzo, sono state supposte le ore di funzionamento e i giorni l'anno di accensione. Per i circuiti collegati ai gruppi frigo si è supposto un funzionamento di 12 ore al giorno per 180 giorni l'anno, per i circuiti dell'acqua calda sanitaria invece un funzionamento continuo di 24 ore al giorno per 365 giorni l'anno e ad esempio per le batterie calde delle UTA un funzionamento di 24 ore al giorno per 185 giorni l'anno. I circolatori di "riserva", nel caso siano uguali nelle caratteristiche tecniche a quelli accoppiati, si è supposto lavorino gli stessi giorni all'anno, con la metà delle ore di funzionamento. Per semplicità e brevità viene riportata solamente una parte del computo totale, con i componenti più significativi.

Tabella 4.1.15 Consumo annuo calcolato per gli ausiliari, P.O. Martini

Ausiliari									
Zona servita	Funzione	Pot el [kW]	I [A]	Volt [V]	Cos ϕ	Pot assorbita [kW]	h eq.	Giorni funz.	Consumo [kWh/anno]
Settimo piano	Recupero ACS	2,5				2,3	24	365	19710,0
	Primario Frigo	4,4				4,0	12	180	8553,6
	Post riscaldamento UTA	0,6				0,5	24	180	2332,8
	Fan Coils	6,1				5,5	10	100	5490,0
	Batterie fredde UTIC	1,5				1,3	24	185	5794,2
Banana UTA	Batterie calde UTIC	1,5				1,3	24	90	2818,8
	UTIC	0,7				0,6	24	185	2677,3
TLR Tofane 67	Caldo	1,3	2,6	380	0,85	0,9	24	365	7469,8
	Caldo	1,3				1,1	24	180	4957,2
	Mandata caldo termosifoni	0,8				0,7	24	200	3240,0
Locale Caldaia	Ricircolo ACS (piani bassi)	1,5				1,3	24	365	11589,5
	Freddo	4,9	9,7	400	0,85	3,3	12	180	7123,7
Blocco operatorio	Ricircolo ACS mandata	0,3	0,8	400	0,85	0,3	24	365	2293,4
	Batteria calda fan coils	0,2	0,4	400	0,85	0,1	12	185	294,4
	Circuito Radiatori	0,2	0,4	400	0,85	0,1	24	185	618,9
	Batt fredda fan coils	0,4	1,6	230	0,85	0,3	10	185	578,7
	Batt fredda fan coils	0,4	0,8	400	0,85	0,3	10	90	229,5
	Circuito primario frigo	3,0				2,9	12	90	3142,8
Banana	Gruppo frigo	0,8				0,7	12	180	1571,4
	Torre evaporativa	1,5				1,5	12	180	3142,8
	Ricircolo ACS Ritorno	0,3	0,8	400	0,85	0,3	24	365	2293,4
	Ventilconvettori	0,3	0,6	400	0,85	0,2	10	90	168,3
	Circuito Radiatori	1,8	8,4	230	0,85	1,6	24	185	7291,4
Caldaie	Pressurizzatori acqua	1,5	5,9	230	0,87	1,2	24	365	10342,0
	Pressurizzatori acqua	1,5	5,9	230	0,87	1,2	24	365	10342,0
								TOT annuo	451163,0

4.1.5 Riepilogo e suddivisione dei consumi elettrici

Con questo capitolo si chiude l'analisi dei consumi elettrici all'interno della struttura, con una suddivisione frutto dei calcoli e delle ipotesi utilizzate in precedenza.

Riepilogando i consumi elettrici misurati dalle bollette e, come anticipato nel capitolo 4.1.4, moltiplicandoli per un rendimento del 97% per considerare le perdite di trasformazione e di distribuzione per i tre anni risulta

Tabella 4.1.16 Riassunto dei consumi annui totali nel triennio, P.O. Martini

Consumi elettrici tot	
Anno	En. Tot [kWh]
2015	4749323,15
2016	4619888,38
2017	4640808,65
Media	4670006,73

La ripartizione dei vari consumi elettrici pesati sulla media dei tre anni risulta:

Tabella 4.1.17 Riepilogo consumi elettrici annui e in percentuale sulla media

Riepilogo consumi elettrici		
Uso energia	kWh	%
UTA	937002,50	20,1%
Terminali	75928,88	1,6%
Condizionamento	679841,88	14,6%
Elettromedicali	559099,39	12,0%
Illuminazione	1385409,45	29,7%
Ascensori	233500,34	5,0%
Ausiliari	451162,99	9,7%
Altro	348061,31	7,5%
Totale	4670006,73	100%

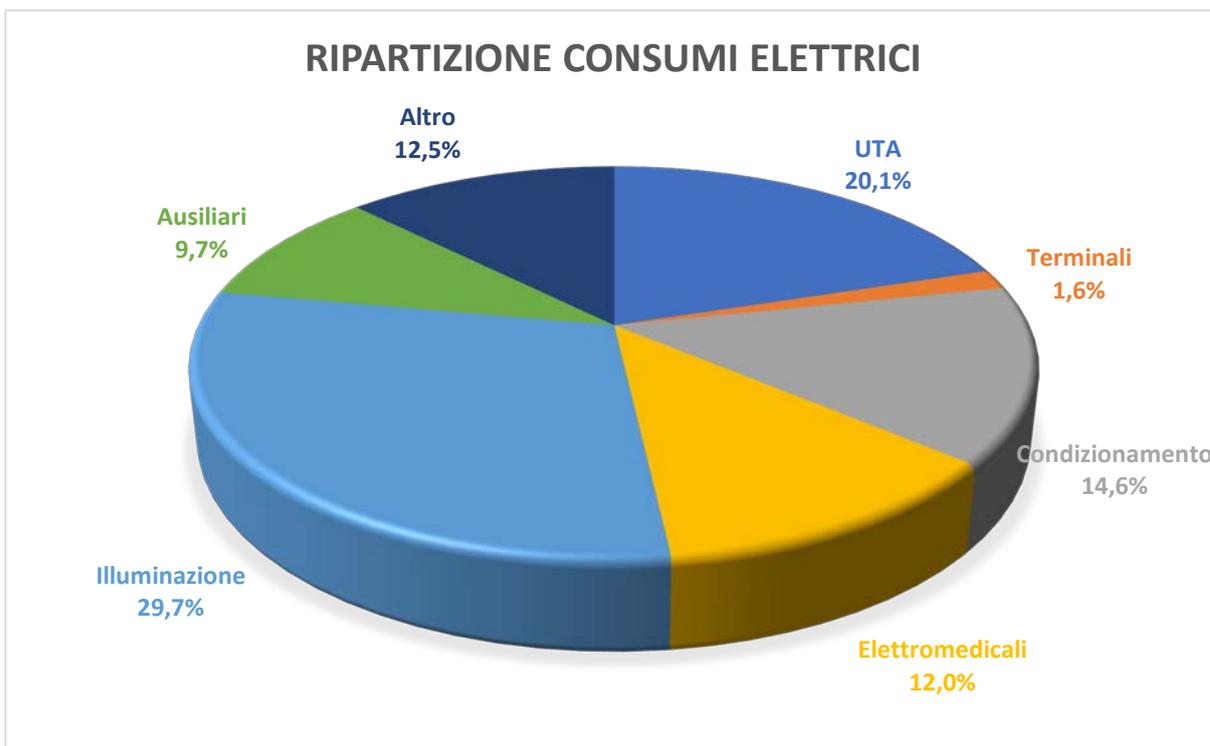


Figura 4.1.15 Ripartizione finale dei consumi elettrici, P.O. Martini

Questa risulta essere la suddivisione accurata dei consumi elettrici all'interno del Presidio Ospedaliero Martini, coerentemente con tutte le ipotesi elencate nei paragrafi precedenti.

Si può notare di come il trattamento dell'aria con il condizionamento occupi una grossa parte dei consumi, ma nello specifico la percentuale più alta è dovuta all'illuminazione della struttura. La quota illuminazione benché sia la più alta ha ampio margine di miglioramento con la recente installazione progressiva di lampade a tecnologia LED, unita sicuramente alla stimolazione di una sensibilizzazione all'uso razionale delle luci. È noto infatti che in ambienti di questo tipo spesso e volentieri il personale insieme agli utilizzatori non sono particolarmente attenti alla reale necessità di illuminazione.

Ecco che quindi per diminuire in generale le quote di queste due componenti si potrebbe sicuramente agire sui sistemi di regolazione e controllo, installando sensori di presenza negli ambienti meno frequentati nel caso dell'illuminazione oppure gestendo meglio gli orari di funzionamento delle UTA che lavorano 24 ore su 24.

Differenziando gli orari a seconda degli ambienti serviti e impostando timer e centraline di controllo, le ore di funzionamento potrebbero quasi dimezzarsi.

La voce “altro” in questo caso è l’avanzo ricavato dal totale e sicuramente comprende tutti gli organi di sollevamento quali ascensori, montavivande, monta feretri, e tutti gli utilizzi legati ai quadri minori, così come l’utenza elettrica “quotidiana” con terminali quali pc, stampanti ecc.

Il consumo degli apparecchi elettromedicali, corrispondente al 12% sul totale ed è difficilmente modificabile poiché sono dispositivi speciali il cui utilizzo non può essere né evitato né programmato. Gli unici modi per ridurre il consumo di questa quota possono consistere nella sensibilizzazione, esattamente come per le luci, ad un utilizzo razionale e attento, non lasciando strumenti accesi invano, oppure all’acquisto di apparecchiature di nuova generazione ad alta efficienza energetica, ipotesi che però comporterebbe un importante investimento economico.

La quota relativa agli ausiliari ha un buon margine di ridimensionamento poiché non esiste un controllo in generale, a meno delle nuove installazioni del corpo G più recente, sul funzionamento e la regolazione delle pompe. Non è mai stato fatto inoltre un censimento e di conseguenza neanche i tecnici stessi hanno la reale percezione della quantità di circolatori vetusti; nel corso degli anni sicuramente tutti gli ausiliari più vecchi dovrebbero essere sostituiti con circolatori a velocità variabile, dotati eventualmente di software moderni per il controllo e la regolazione.

Nei progetti di gestione della struttura vi è anche quello di dismissione degli impianti split per cui tutti i sistemi di condizionamento saranno centralizzati. Ciò consentirà di ridurre il consumo energetico, anche se non particolarmente rilevante, della quota “terminali” e allo stesso tempo garantirà un maggior controllo a livello di funzionamento e di impostazioni igrometriche.

4.2 Energia termica

L'approccio per l'analisi dei consumi termici sarà leggermente differente da quello utilizzato con l'energia elettrica. L'analisi dei consumi verterà principalmente sui consumi da teleriscaldamento, preponderanti sul totale.

Ecco la schematizzazione generale dei flussi di energia termica all'interno dell'ospedale.

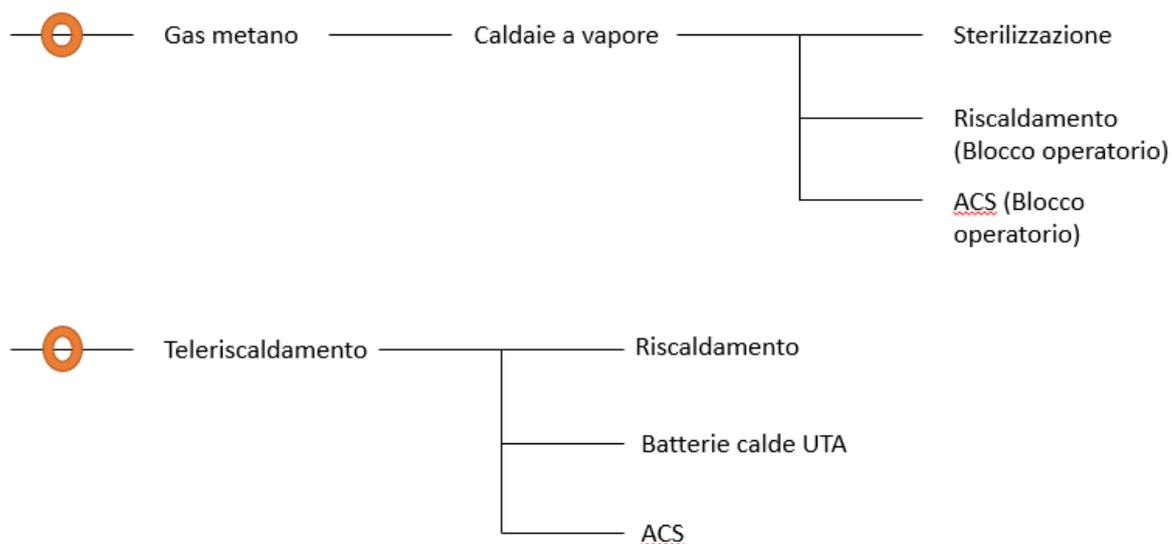


Figura 4.2.1 Flussi dell'energia termica nel P.O. Martini

Le caldaie presenti nella centrale termica sono state convertite al gas metano solamente dal maggio 2016 poiché fino ad allora erano alimentate a gasolio. Questa parte si occupa solamente del riscaldamento e della produzione di acqua calda sanitaria del blocco operatorio tramite scambiatori vapore/acqua, oltre che per la produzione di vapore utilizzato per la sterilizzazione e per l'umidificazione.

Il teleriscaldamento è utilizzato dal gennaio 2015, e dispone di 3 scambiatori principali, con un quarto entrato in funzione agli inizi del 2018. Dagli scambiatori principali ve ne sono collegati altri sul secondario che a seconda della dimensione forniscono acqua calda per il riscaldamento del corpo centrale, della nuova ala e della palazzina degenze; altri invece sono utilizzati per fornire acqua calda alle batterie di gran parte delle UTA.

L'impianto più piccolo è dedicato alla produzione di acqua calda sanitaria per i cosiddetti piani bassi, ovvero il corpo centrale del presidio non posto come alimentazione idraulica con gruppi di pressurizzazione.

4.2.1 Raccolta bollette

Vengono ora riportate le tabelle riassuntive dei consumi e delle bollette per gli anni 2015, 2016, e 2017 riguardanti la fornitura di gas metano e del teleriscaldamento. Anche in questo caso vengono riportate nei grafici le temperature medie registrate dall'ARPA, sempre dalla stazione metereologica di Torino ALENIA.

Tabella 4.2.1 Bolletta gas metano, anno 2015, P.O. Martini

CONSUMI MARTINI ANNO 2015 - GAS METANO			
Periodo	T media °C	consumi [Smc]	Spesa [€]
gen	5,3	2	€ 12,64
feb	5	2	€ 12,64
mar	10,8	2	€ 12,64
apr	14,9	1	€ 12,64
mag	19	2	€ 12,64
giu	23,3	1	€ 12,64
lug	29,6	1	€ 12,64
ago	25,1	1	€ 12,64
set	20,5	2	€ 12,64
ott	13,6	1	€ 12,64
nov	9,2	3	€ 12,64
dic	5,9	4	€ 12,64
TOTALE 2015	15,2	22	€ 151,68

Tabella 4.2.2 Bolletta gas metano, anno 2016, P.O. Martini

CONSUMI MARTINI ANNO 2016 - GAS METANO			
Periodo	T media °C	consumi [Smc]	Spesa [€]
gen	5,5	1	€ 128,91
feb	7,1	1	€ 128,91
mar	9,8	1	€ 128,91
apr	14,5	1	€ 130,22
mag	16,6	19018,88	€ 13.854,00
giu	21,2	15358,12	€ 2.404,62
lug	24,6	15627	€ 9.341,17
ago	23,9	23626	€ 7.753,65
set	21,1	17528	€ 5.416,62
ott	13,1	20709	€ 6.336,32
nov	8,8	21228	€ 6.487,43
dic	4,9	21604	€ 6.598,89
TOTALE 2016	14,3	154703	€ 58.709,65

Tabella 4.2.3 Bolletta gas metano, anno 2017, P.O. Martini

CONSUMI MARTINI ANNO 2017 - GAS METANO			
Periodo	T media °C	consumi [Smc]	Spesa [€]
gen	2,7	23199	€ 8.195,11
feb	6,7	18029	€ 9.638,06
mar	12,4	18177	€ 6.206,90
apr	14,4	17298	€ 5.902,90
mag	18,6	17876	€ 5.166,98
giu	23,8	12998	€ 3.813,42
lug	24,6	13426	€ 8.153,49
ago	25,3	13621	€ 8.268,60
set	18,4	16029	€ 9.690,25
ott	15,4	15123	€ 4.742,19
nov	8,0	22420	€ 6.921,19
dic	2,2	22268	€ 6.592,14
TOTALE 2017	14,4	210464	€ 83.291,23

Il consumo fino a maggio del 2016 è praticamente nullo, dato l'utilizzo fino a tale data del gasolio, pertanto si riporta il confronto solamente tra il 2016 e il 2017

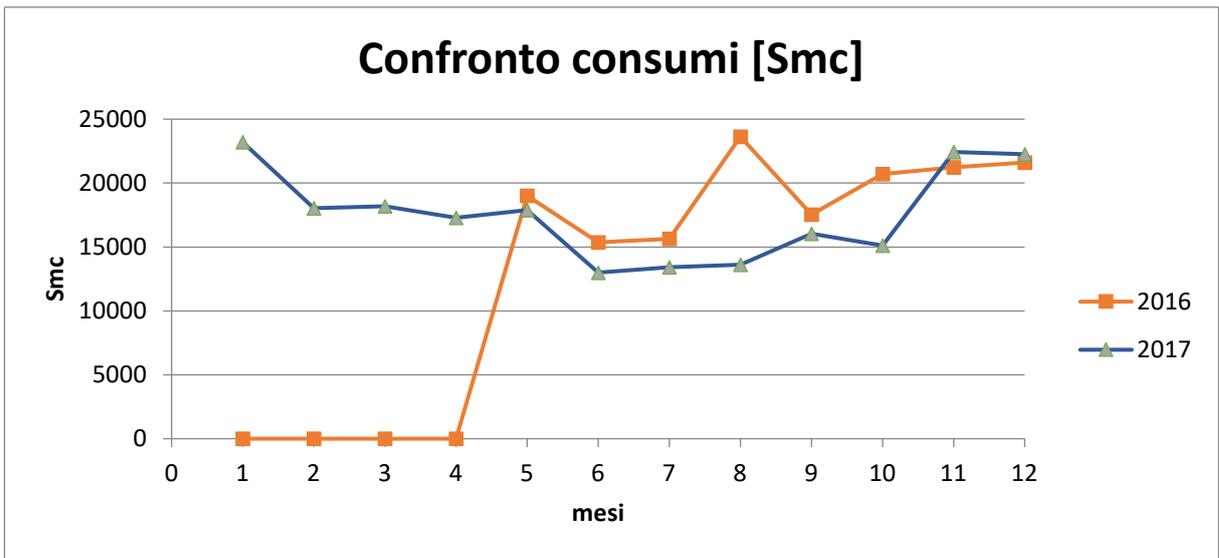


Figura 4.2.2 Confronto consumi Smc 2016 e 2017



Figura 4.2.3 Andamento dei consumi per l'anno 2017

Per valutare un consumo medio della struttura è sicuramente poco rilevante fare una media sui tre anni, ma verrà utilizzato come modello solamente il 2017.

Da quest'ultimo grafico si può infatti facilmente notare di come la componente gas metano utile per la sola produzione di acqua calda sanitaria, ricavata come media dei consumi nei mesi estivi, sia circa il 60% sul totale.

Per quel che concerne invece il teleriscaldamento l'andamento dei consumi sarà più omogeneo dato che l'impianto è stato attivato proprio agli inizi del 2015

Ecco riportate le tabelle con i consumi ricavati dalle bollette:

Tabella 4.2.4 Bollette teleriscaldamento, anno 2015, P.O. Martini

CONSUMI MARTINI ANNO 2015 - TELERISCALDAMENTO			
Periodo	T media °C	consumi [Mcal]	Spesa [€]
gen	5,3	693202	€ 54.484,01
feb	5	655388	€ 51.511,92
mar	10,8	569707	€ 44.777,60
apr	14,9	211942	€ 15.903,89
mag	19	240201	€ 12.995,07
giu	23,3	81184	€ 4.392,12
lug	29,6	58136	€ 3.097,08
ago	25,1	118422	€ 6.308,70
set	20,5	115756	€ 6.196,11
ott	13,6	417034	€ 31.219,58
nov	9,2	482365	€ 36.110,33
dic	5,9	613094	€ 45.896,83
TOTALE 2015	15,2	4256431	€ 312.893,24

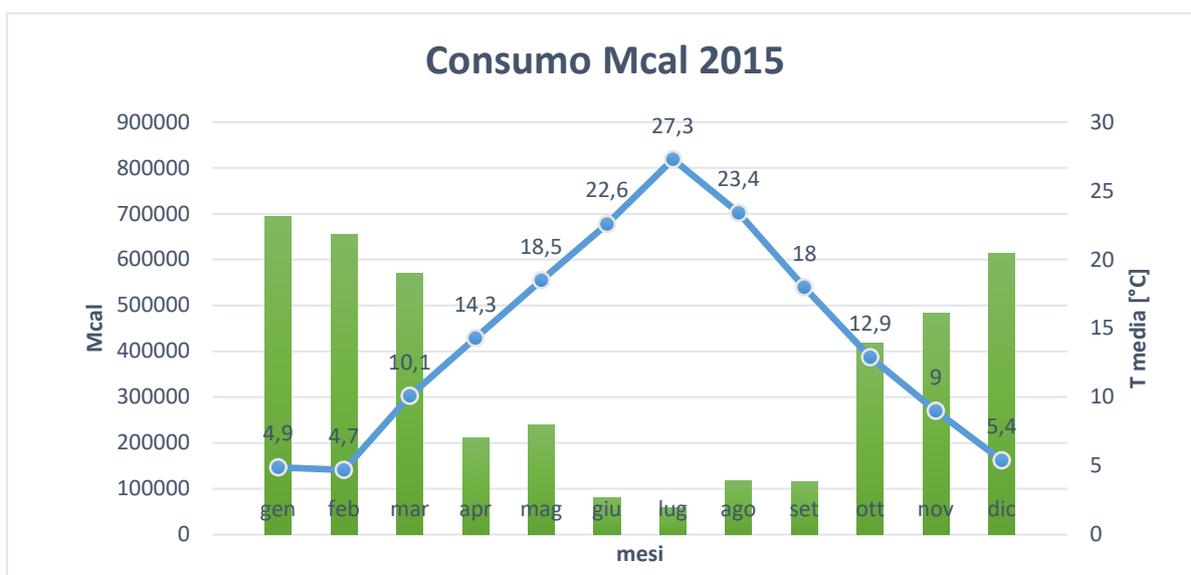


Figura 4.2.4 Andamento consumi TLR rispetto alla T media esterna, anno 2015, P.O. Martini

Tabella 4.2.5 Bollette teleriscaldamento, anno 2016, P.O. Martini

CONSUMI MARTINI ANNO 2016 - TELERISCALDAMENTO			
Periodo	T media °C	consumi [Mcal]	Spesa [€]
gen	5,5	655114	€ 47.457,41
feb	7,1	513059	€ 37.166,75
mar	9,8	479967	€ 34.769,53
apr	14,5	279519	€ 18.305,14
mag	16,6	193015	€ 9.113,18
giu	21,2	138460	€ 6.537,36
lug	24,6	121690	€ 5.843,87
ago	23,9	156176	€ 7.499,98
set	21,1	155316	€ 7.458,68
ott	13,1	412052	€ 28.191,80
nov	8,8	631997	€ 43.240,01
dic	4,9	853550	€ 58.398,26
TOTALE 2016	14,3	4589914	€ 303.981,95

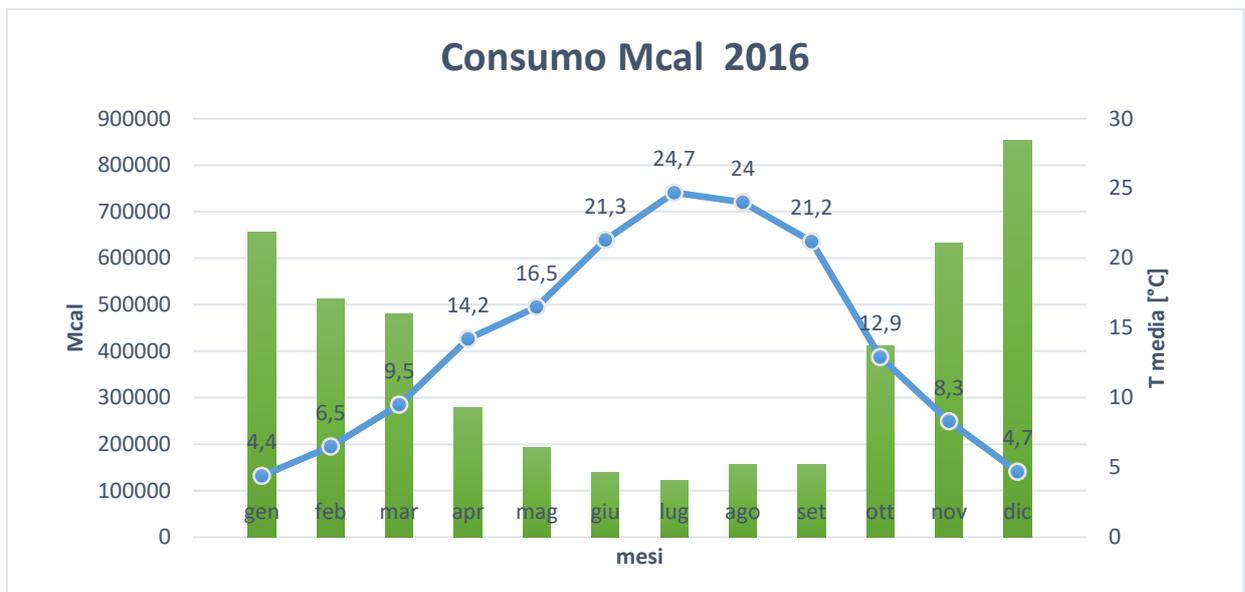


Figura 4.2.5 Andamento consumi TLR rispetto alla T media esterna, anno 2016, P.O. Martini

Tabella 4.2.6 Bollette teleriscaldamento, anno 2017, P.O. Martini

CONSUMI MARTINI ANNO 2017 - TELERISCALDAMENTO			
Periodo	T media °C	consumi [Mcal]	Spesa [€]
gen	2,7	982283	€ 69.874,72
feb	6,7	700840	€ 49.854,24
mar	12,4	533630	€ 37.959,77
apr	14,4	352625	€ 24.683,91
mag	18,6	272844	€ 13.769,95
giu	23,8	189768	€ 9.577,23
lug	24,6	150199	€ 7.267,36
ago	25,3	182286	€ 8.819,87
set	18,4	182019	€ 8.806,97
ott	15,4	363814	€ 24.882,94
nov	8	646320	€ 44.204,80
dic	2,2	1124423	€ 76.904,49
TOTALE 2017	14,4	5681051	€ 376.606,25

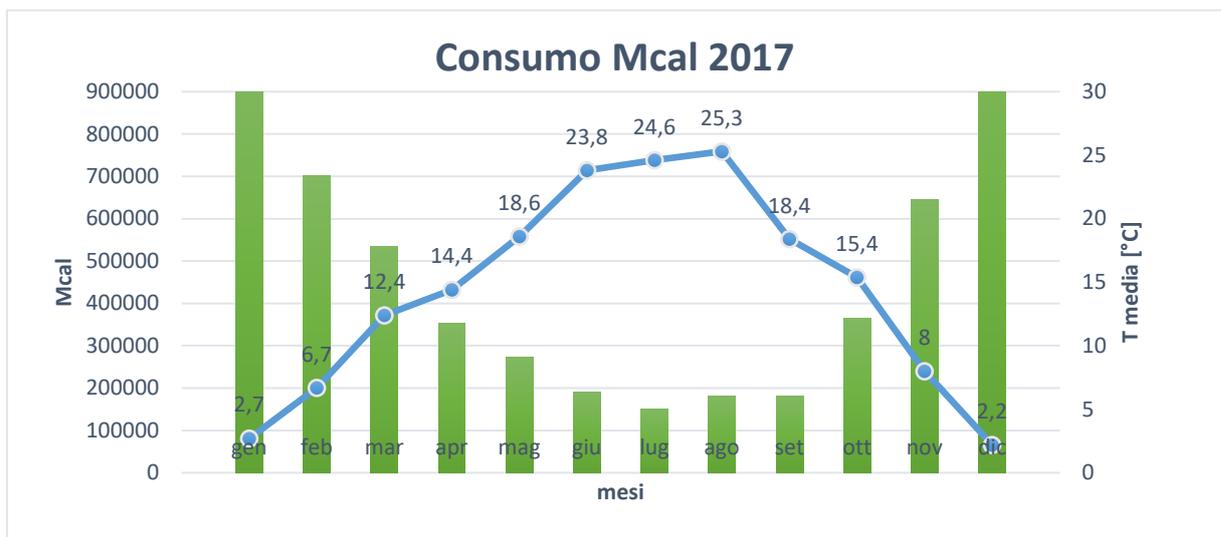


Figura 4.2.6 Andamento consumi TLR rispetto alla T media esterna, anno 2017, P.O. Martini

Il risultato del confronto degli andamenti mensili per i tre anni è mostrato in figura 4.2.6; come si può notare non ci sono particolari anomalie e il trend dei consumi è coerente con l'andamento delle temperature medie esterne: minore è la temperatura esterna e più alto è il fabbisogno di riscaldamento.

Inoltre, si può notare come nel 2017 ci sia un leggero innalzamento dei consumi coerente con l'utilizzo su più ampia scala del teleriscaldamento e un ampliamento dei servizi interni collegati alla rete.

L'andamento dei costi delle bollette non è riportato poiché risulta essere proporzionale a quello dei consumi, dal momento che la misurazione e la fatturazione sono più precise rispetto alla contabilizzazione del gas metano.

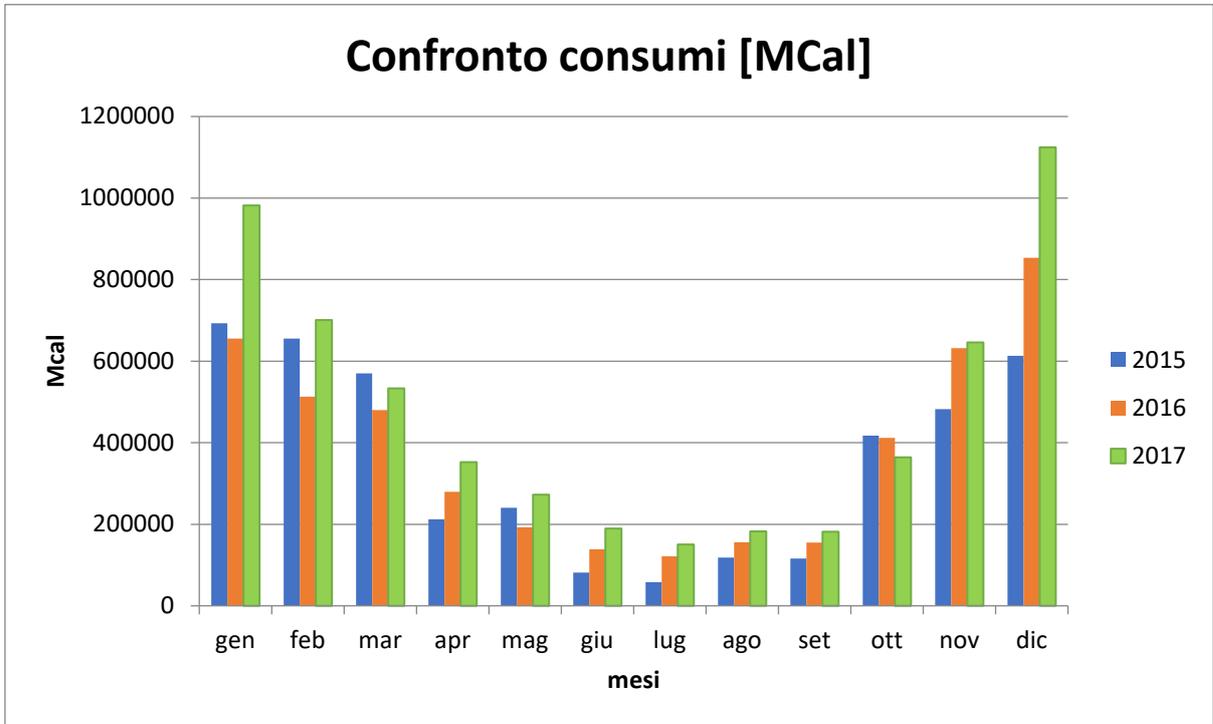


Figura 4.2.7 Confronto consumi TLR nel triennio, P.O. Martini

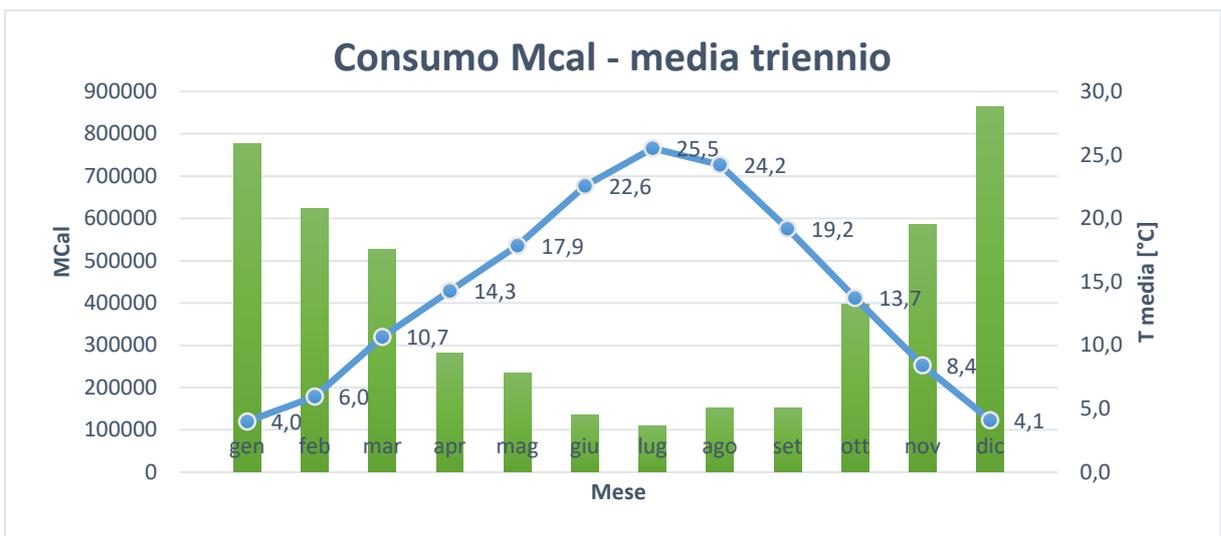


Figura 4.2.8 Andamento consumo mensile medio del triennio, P.O. Martini

4.2.2 Consumi orari e fabbisogni termici

Per definire al meglio i fabbisogni termici dell'ospedale anche in questo caso si utilizzano i consumi orari dati dai fornitori. Purtroppo, si sono susseguite più aziende fornitrici del gas metano e per la maggior parte di queste non è stato possibile ricevere i dati necessari; gli unici *consumi giornalieri* reperiti riguardano il solo periodo che intercorre tra ottobre 2016 e gennaio 2017 e tra ottobre 2017 e dicembre 2017.

Essendo, come anticipato, il metano utilizzato quasi esclusivamente utilizzato per la produzione del vapore, il consumo non risente particolarmente della temperatura esterna media. La sterilizzazione viene effettuata durante tutto l'arco dell'anno, senza distinzione di giorno o stagione climatica.

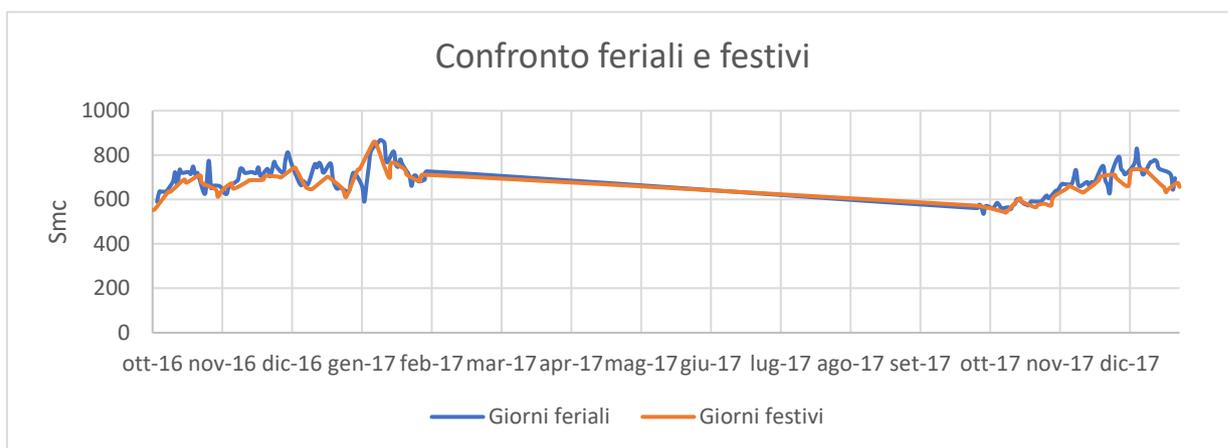


Figura 4.2.9 Confronto tra i consumi giornalieri feriali e festivi

Non esiste, come visibile anche dalla figura 4.2.8 una netta distinzione tra i giorni feriali e festivi; la differenza percentuale tra le due tipologie di giornate, infatti, è di circa il 4%.

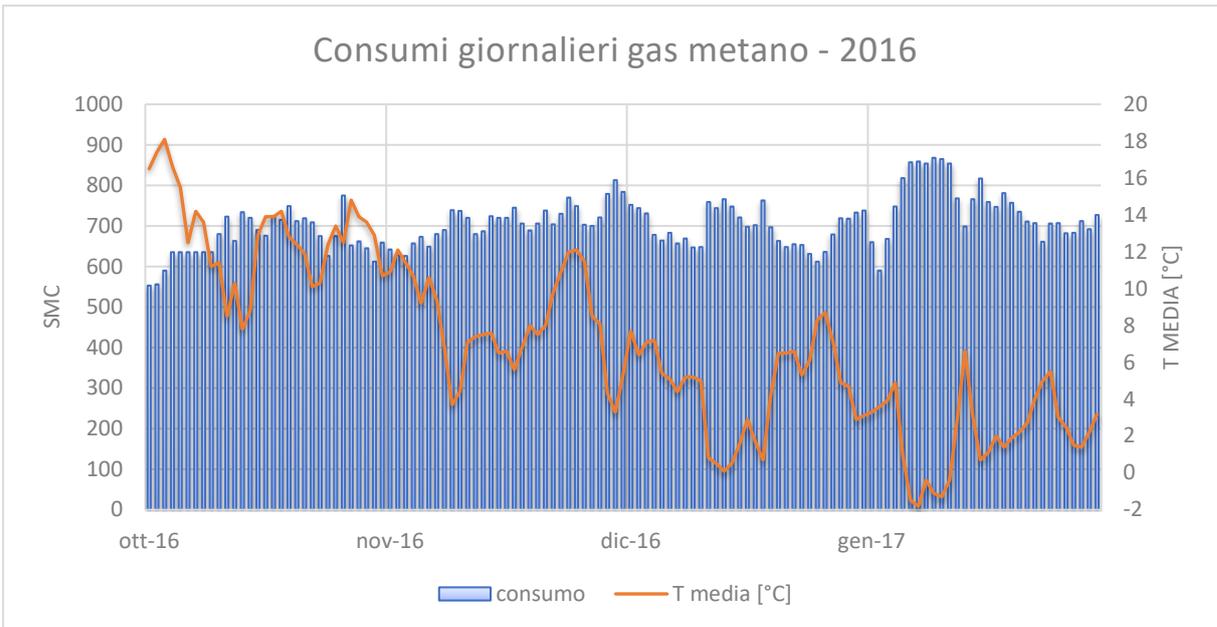


Figura 4.2.10 Curve giornaliere di consumo ottobre 2016 - gennaio 2017, P.O. Martini

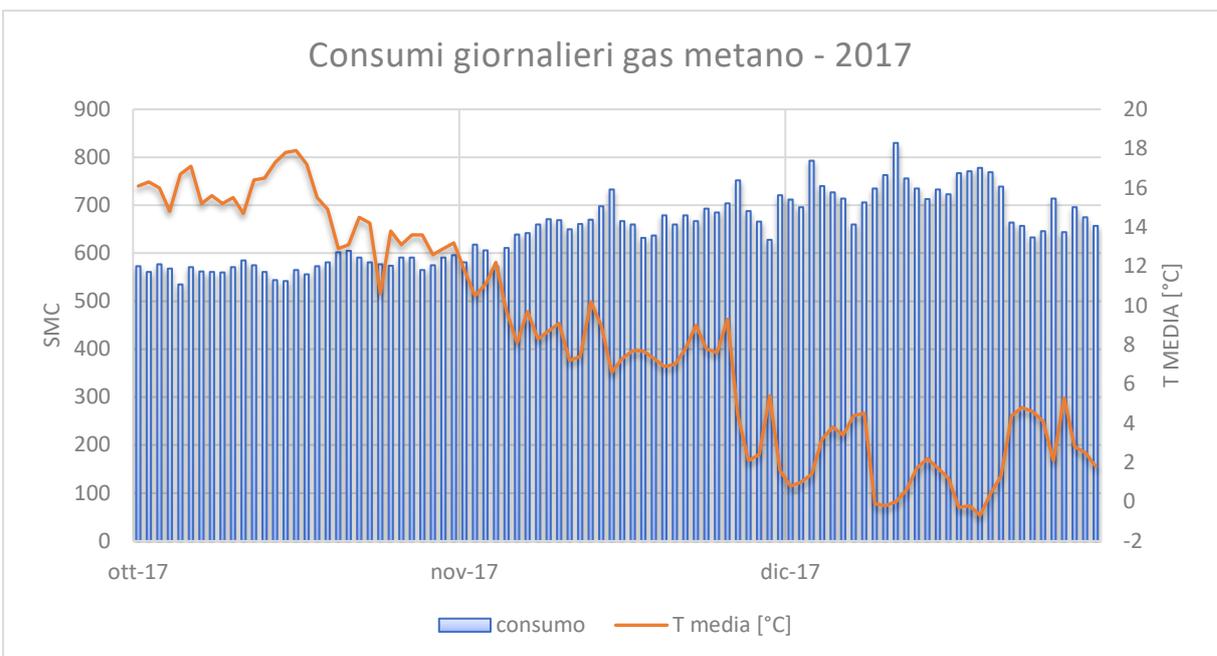


Figura 4.2.11 Curve giornaliere di consumo ottobre 2017 - dicembre 2017, P.O. Martini

Nel caso del 2017 la correlazione attesa con la temperatura media esterna è sicuramente più visibile, ma allo stesso tempo non determinante; questo a conferma del fatto che la componente di vapore tecnico utilizzato per la sterilizzazione è sicuramente predominante.

Per poter definire le diverse aliquote, non avendo altri dati disponibili, si è deciso di prendere come riferimento i consumi mensili relativi all'anno 2017, più rappresentativo rispetto alla media dei tre anni.

Per calcolare la quota dedicata alla produzione di vapore tecnico, si è calcolato in primis l'effetto utile deducibile dai consumi in Sm^3 moltiplicandolo per il PCI del Gas metano, con un valore medio di $9.58 \frac{\text{kWh}}{\text{Sm}^3}$ e per il rendimento della caldaia $\eta=80\%$:

$$\text{Effetto utile} = \eta \cdot V_{\text{gas}} \cdot \text{PCI} \quad [\text{kWh}]$$

In seguito, sono stati isolati e mediati i consumi fatturati nell'intervallo tra giugno e settembre, periodo di 122 giorni in cui sicuramente è isolabile la quota riscaldamento. La quota calcolata è 107487,67 kWh al mese, che nella tabella seguente viene depurata dal totale.

Tabella 4.2.7 Suddivisione usi finali caldaie a gas naturale, P.O. Martini

2017 - Produzione vapore da caldaia a gas naturale					
Periodo	effetto utile [kWh]	Sterilizzaz [kWh]	% Steril	Riscaldamento blocco op [kWh]	% riscaldamento
gen	177982,7	107487,7	60%	70495,1	40%
feb	138318,5	107487,7	78%	30831	22%
mar	139453,9	107487,7	77%	31966	23%
apr	132710,3	107487,7	81%	25223	19%
mag	137144,7	107487,7	78%	29657	22%
giu	99720,7	99720,7	100%	0	0%
lug	103004,3	103004,3	100%	0	0%
ago	104500,3	104500,3	100%	0	0%
set	122974,5	122974,5	100%	0	0%
ott	116023,7	107487,7	93%	8536	7%
nov	172006,2	107487,7	62%	64519	38%
dic	170840,1	107487,7	63%	63352,4	37%
TOTALE 2017	1614679,8	1290101,1	80%	324578,7	20%

Mediamente la quota per la sola sterilizzazione si avvicina all'80% mentre il riscaldamento incide per solamente il restante 20% quindi l'andamento annuale risulta essere:

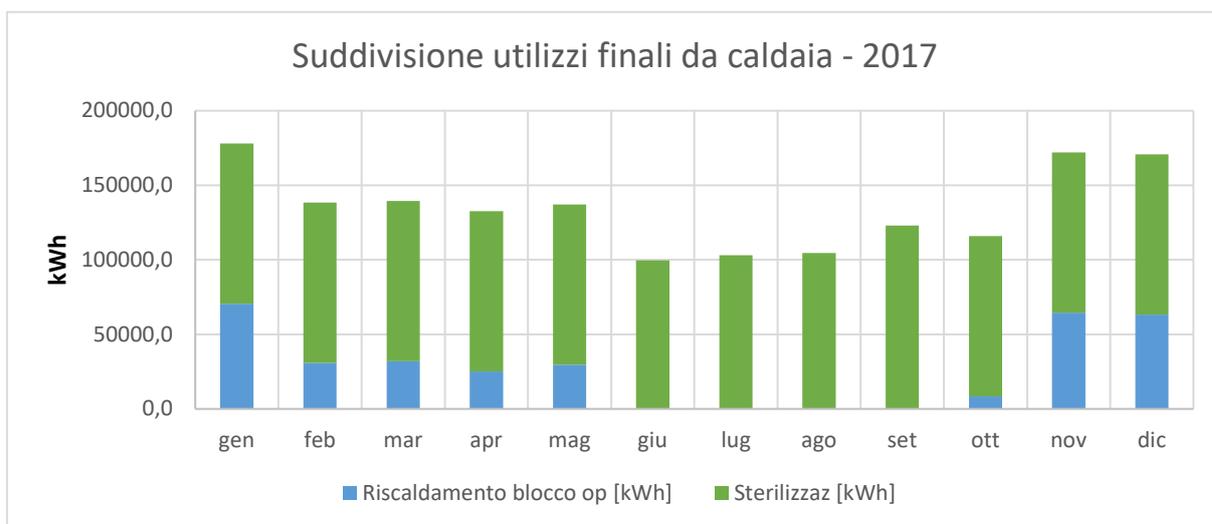


Figura 4.2.12 Suddivisione degli usi finali di energia termica da gas metano, 2017

In questo specifico reparto è risultato complicato definire la percentuale di acqua calda sanitaria utilizzata, per via dei pochi dati disponibili, ma sicuramente rappresenta una quota contenuta per via delle dimensioni del reparto.

La seconda suddivisione utile per l'analisi dei consumi di energia termica all'interno del presidio è stata svolta sulla base delle misurazioni del teleriscaldamento.

La quantità di calore scambiata tra la rete di teleriscaldamento cittadino e l'ospedale è misurata tramite sensori di energia e di potenza, i cui dati sono direttamente forniti dal distributore. Le misurazioni sono state ricavate per le tre sottostazioni di scambio, sempre nei tre anni di riferimento, e successivamente unite per valutare il consumo complessivo.

I misuratori, di cui purtroppo non è stato possibile ricavare le specifiche tecniche e di modello, misurano separatamente l'energia scambiata in kWh e la potenza in kW; le misurazioni non risultano essere distanziate in modo coerente, ma tra una misurazione e l'altra intercorrono dai 4 ai 7 minuti, senza una precisa logica di continuità.

Per questo sono stati utilizzati alcuni metodi di calcolo per ordinare correttamente i dati a disposizione e ripulirli di eventuali errori e valori non corretti con l'utilizzo di software di calcolo come Excel e MATLAB²⁰.

La percentuale di dati considerati errati tra tutte le misurazioni è stata valutata intorno all'1%, definito sulla base dei valori orari di gran lunga superiori alla media dei valori prossimi allo stesso.

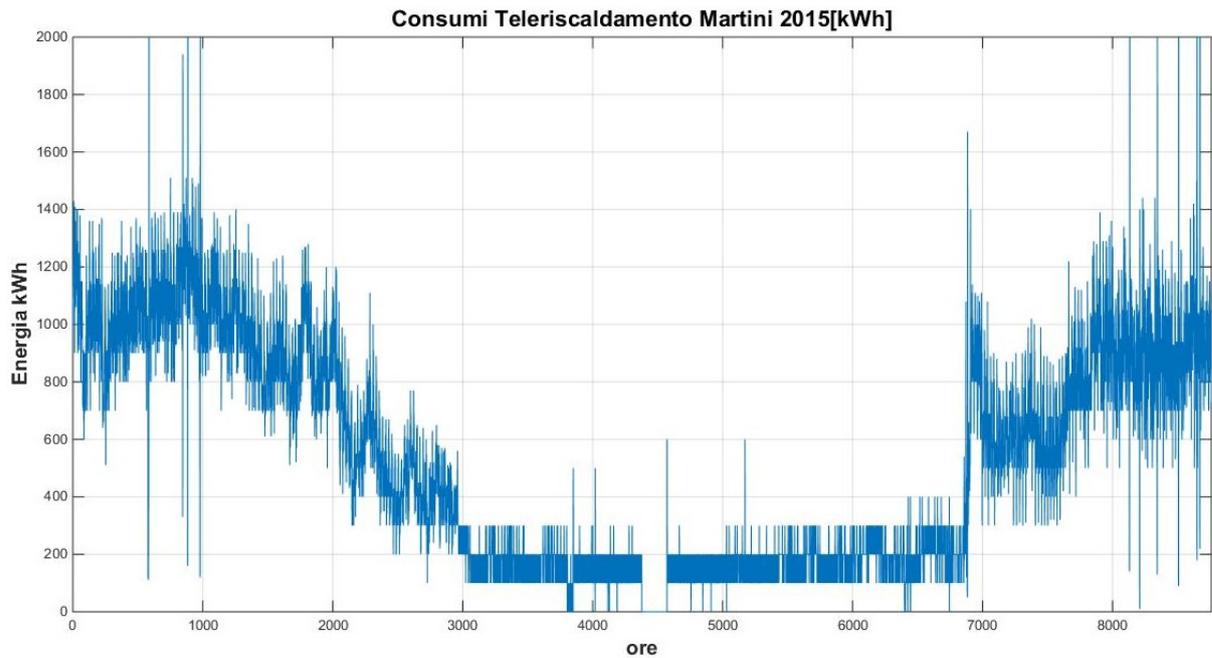


Figura 4.2.13 Consumi teleriscaldamento 2015

²⁰ Software sviluppato da Mathworks abbreviazione di Matrix Laboratory: è un ambiente per il calcolo numerico e l'analisi statistica scritto in C.

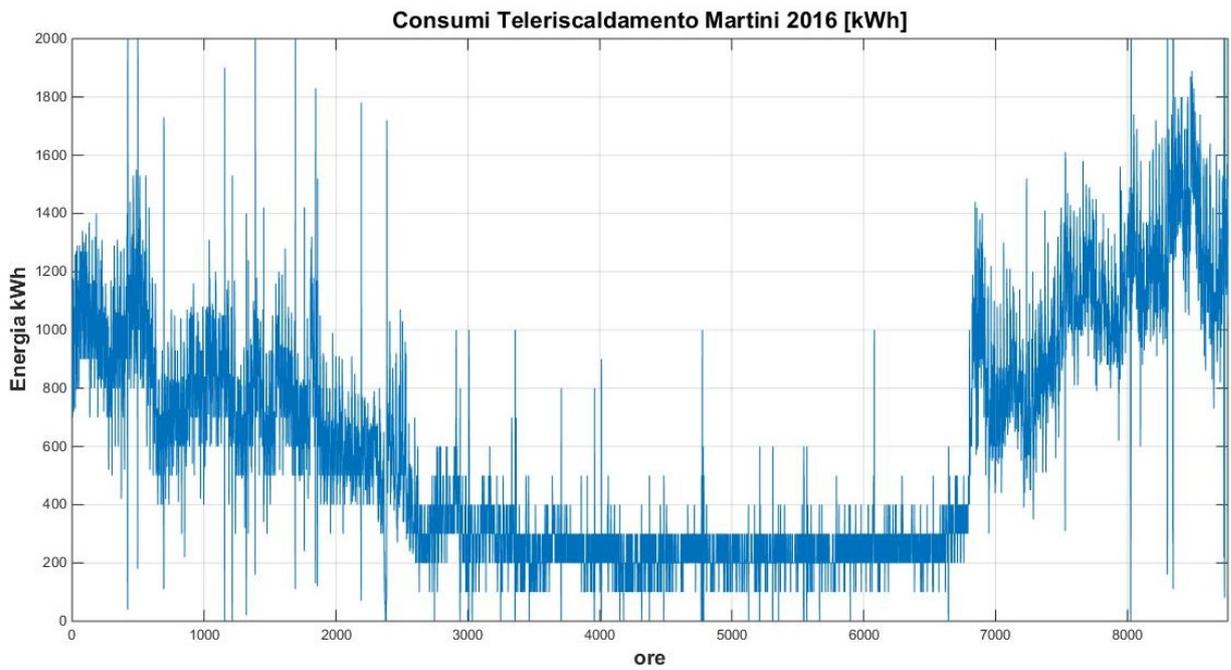


Figura 4.2.14 Consumi teleriscaldamento 2016

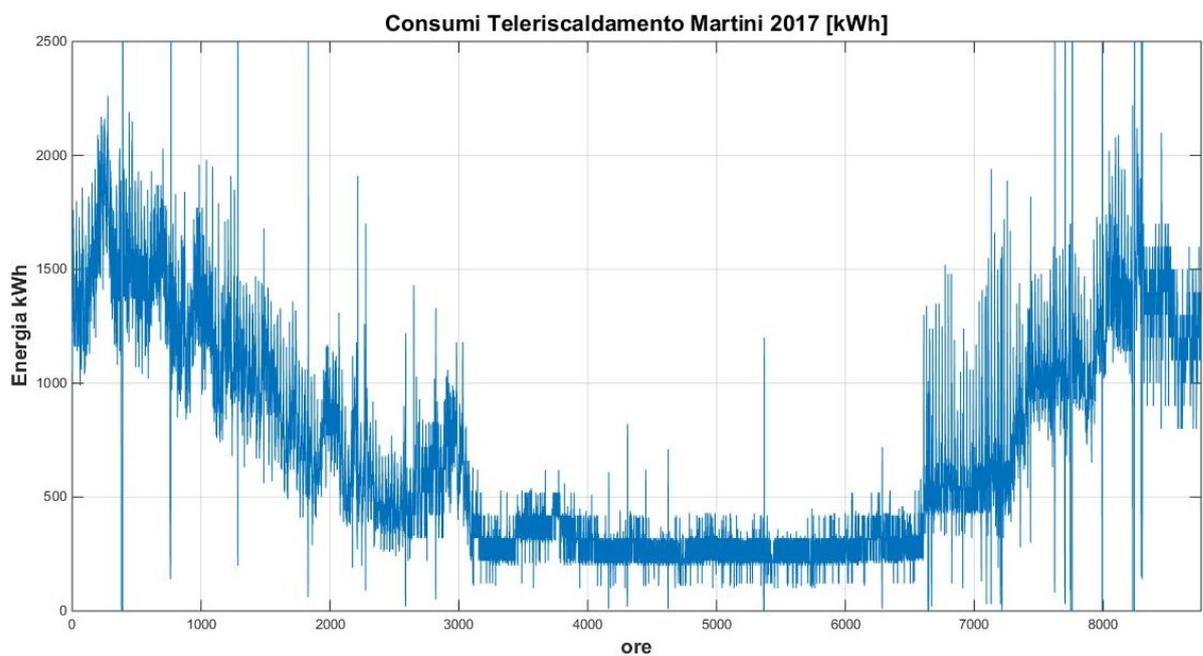


Figura 4.2.15 Consumi teleriscaldamento 2017

Le rappresentazioni dei consumi orari offrono un'idea di massima dell'andamento durante l'anno, in questo particolare caso si è voluto evidenziare quanto i sopracitati errori di misurazione inficino su tutti i valori presenti.

Dagli stessi dati orari ricavati, è stato possibile tracciare, come nel caso del vettore energia elettrica, dei *carpet plot*, utili per riconoscere gli andamenti all'interno della giornata e le differenze tra i giorni festivi e feriali.

Per semplicità vengono riportati i grafici relativi al solo anno 2017, nuovamente in tre versioni, variando la *colorbar*: in scala totale, sui valori minimi (da 0 kWh e 1000 kWh) e sui valori massimi (tra 1000 kWh e il valore massimo riscontrato, 2790 kWh).

Avendo questi dati a disposizione quindi:

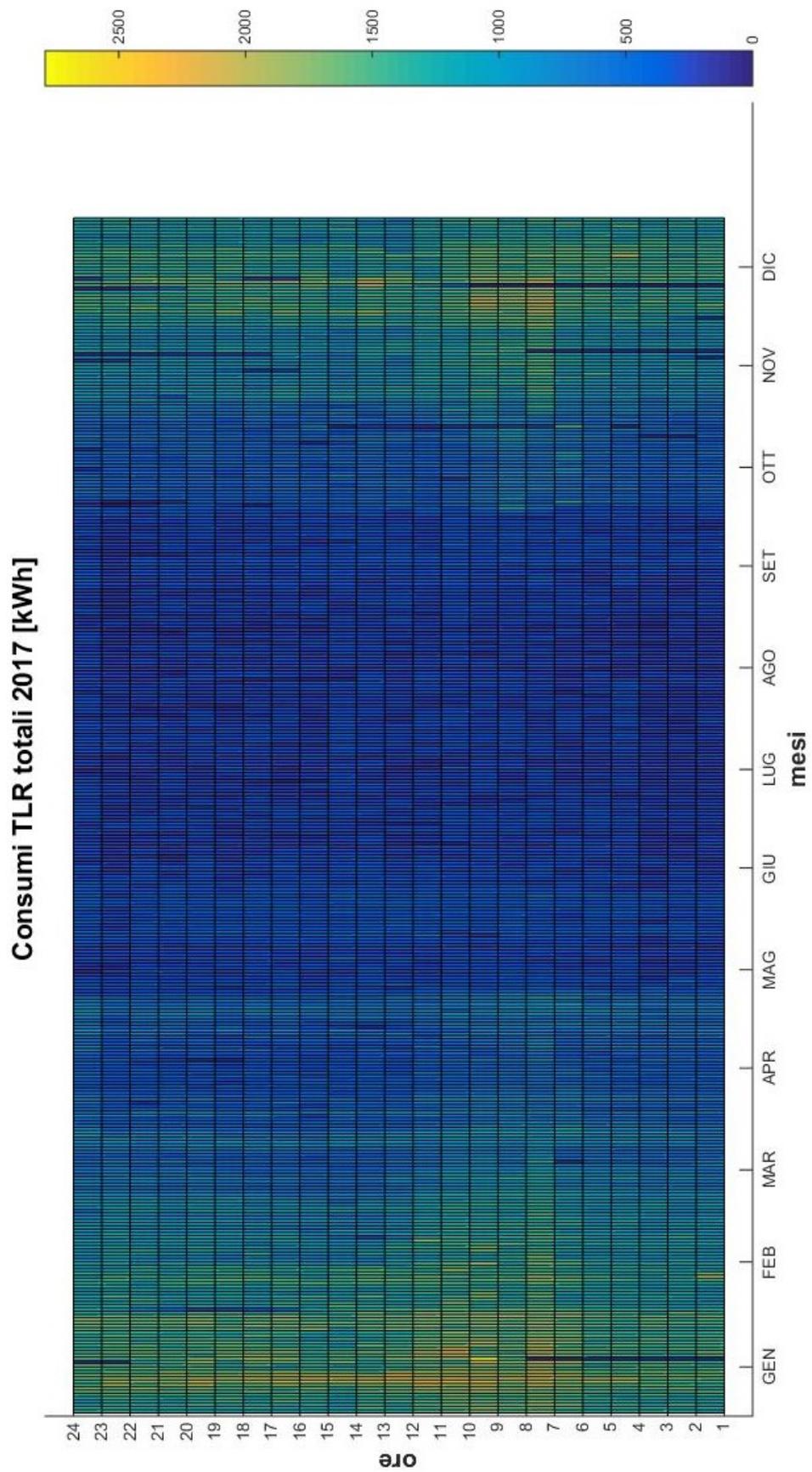


Figura 4.2.16 Consumi orari scala totale

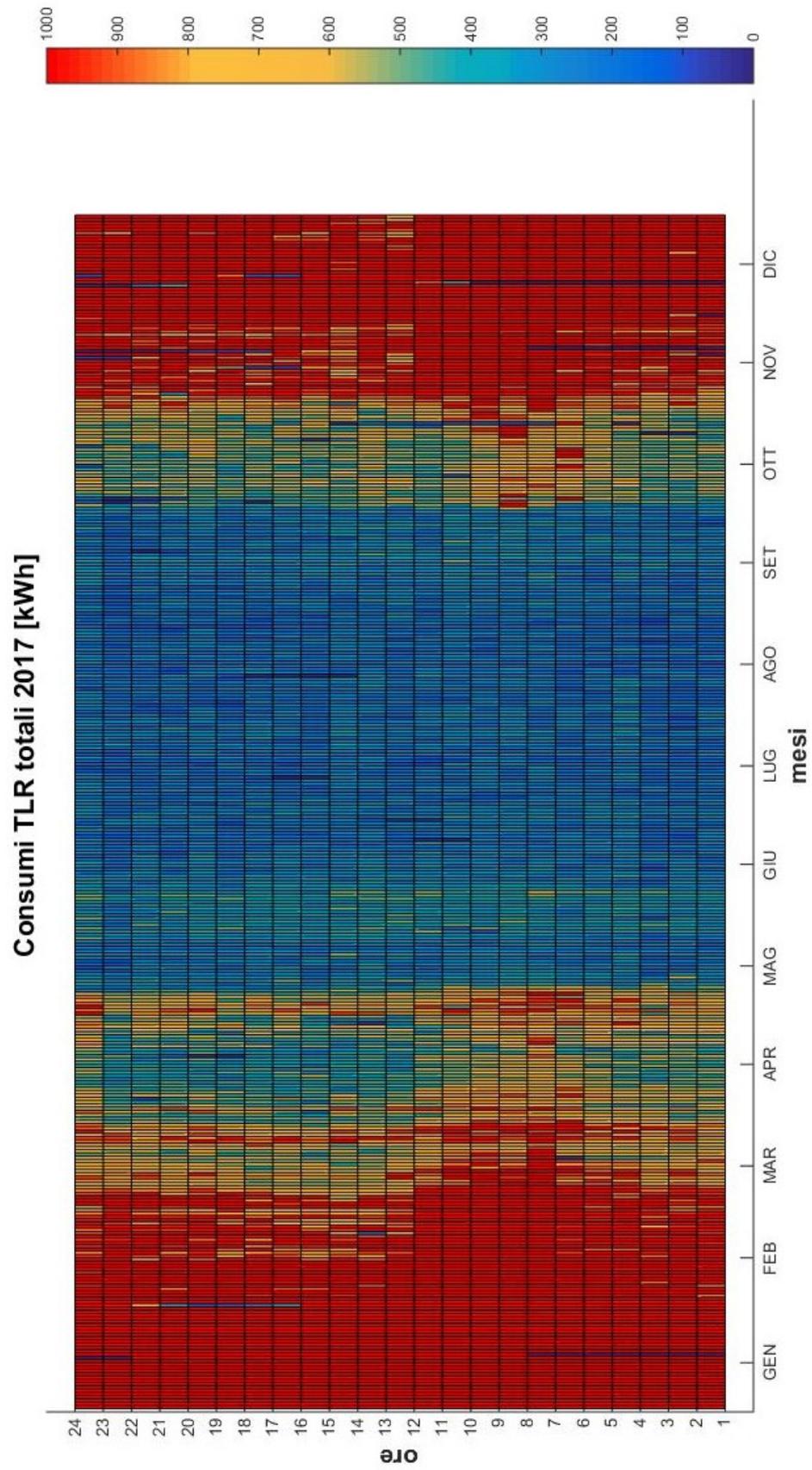


Figura 4.2.17 Consumi orari scala su minimi

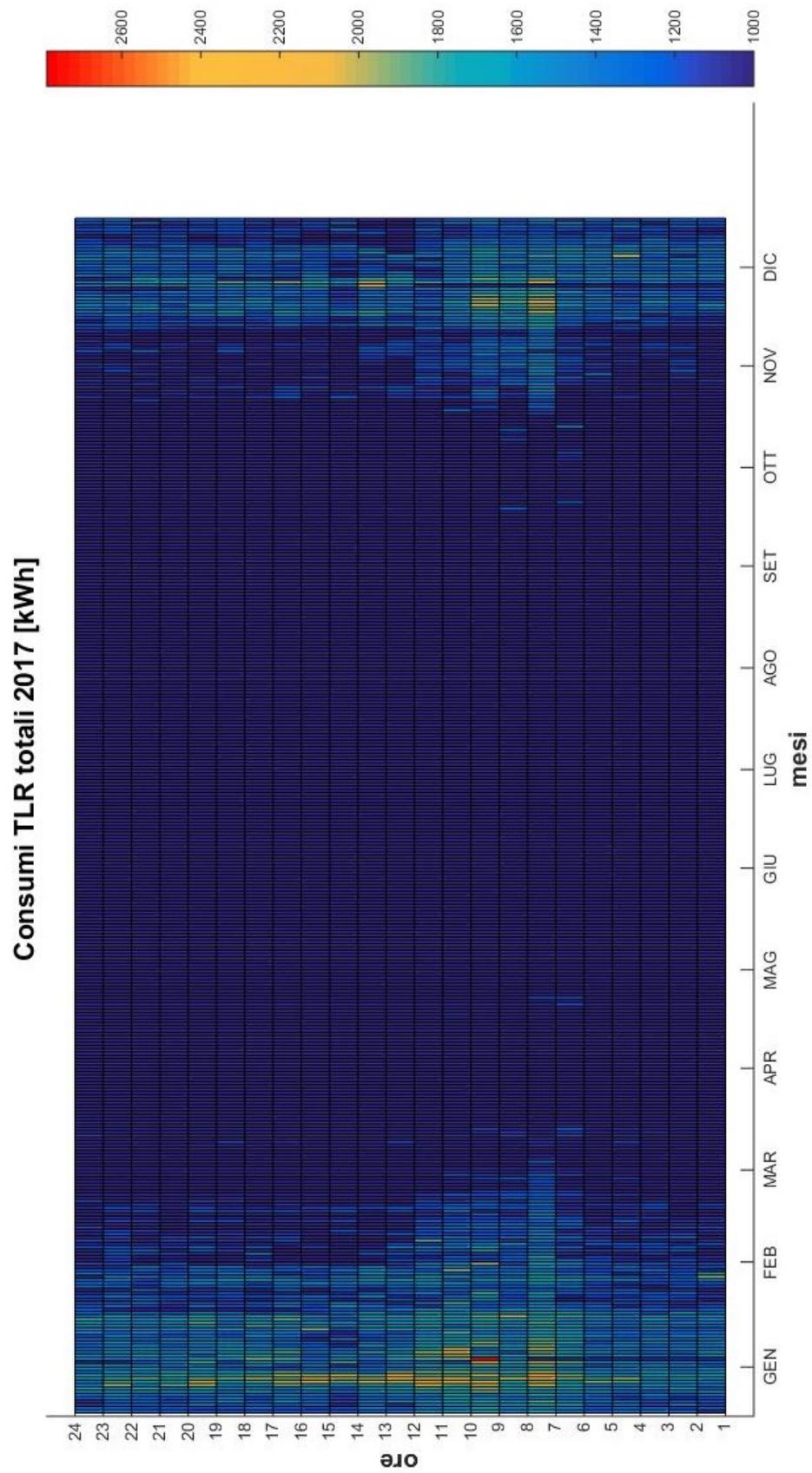


Figura 4.2.18 Consumi orari scala su massimi

Dal diagramma *full scale* si può notare come il trend annuale evidenzia una differenza tra i periodi estivi e invernali, resa sicuramente più netta dagli altri due grafici. Dalla scala sui minimi si nota infatti di come i consumi siano nettamente differenziabili tra il periodo che va dalla metà del mese di ottobre fino alla seconda metà del mese di marzo e il resto dell'anno.

Si nota anche di come non vi sia una sostanziale differenza verticale, e quindi di come rimanga quasi costante per tutto il giorno la richiesta di energia termica; allo stesso modo non è riscontrabile una netta differenziazione tra i giorni feriali e i giorni festivi.

I valori massimi trovati restano concentrati solamente nel periodo centrale di gennaio e nella prima metà del mese di dicembre; i picchi sono sostanzialmente distaccati dai valori misurati nelle vicinanze, ma risulta complicato definire se sia correlato a qualche comportamento anomalo del sistema o ad errori di misurazione.

Variando ancora la scala sui minimi, è risultato che per tutto l'anno 2017 il consumo da teleriscaldamento non scende mai al di sotto dei 130 kWh, a meno di pochissimi valori che raggiungono lo zero, verosimilmente sintomo di errori di misurazione.

Esattamente come nel caso delle caldaie a gas metano, anche con il teleriscaldamento si è utilizzato l'anno 2017 come riferimento per la ripartizione degli usi finali. Le componenti preponderanti collegate alle stazioni di scambio con il teleriscaldamento riguardano il riscaldamento del presidio e la produzione di acqua calda sanitaria.

Come nel caso precedente la quota di ACS è ricavata come media pesata nei 122 giorni del periodo estivo che intercorrono tra giugno e settembre; la quota risulta essere di 206381,6 kWh al mese.

Tabella 4.2.8. Suddivisione dei consumi termici da teleriscaldamento

2017 – Suddivisione ACS e Riscaldamento da TLR					
Periodo	effetto utile [kWh]	ACS [kWh]	% ACS	Riscaldamento [kWh]	% riscaldamento
gen	1140210	206382	18%	933828	82%
feb	808960	206382	26%	602578	74%
mar	610610	206382	34%	404228	66%
apr	395590	206382	52%	189208	48%
mag	319720	206382	65%	113338	35%
giu	228500	228500	100%	0	0%
lug	198100	198100	100%	0	0%
ago	187250	187250	100%	0	0%
set	212590	212590	100%	0	0%
ott	468240	206382	44%	261858	56%
nov	747680	206382	28%	541298	72%
dic	1009780	206382	20%	803398	80%
TOTALE 2017	6327230	2477492,459	36%	3849738	64%

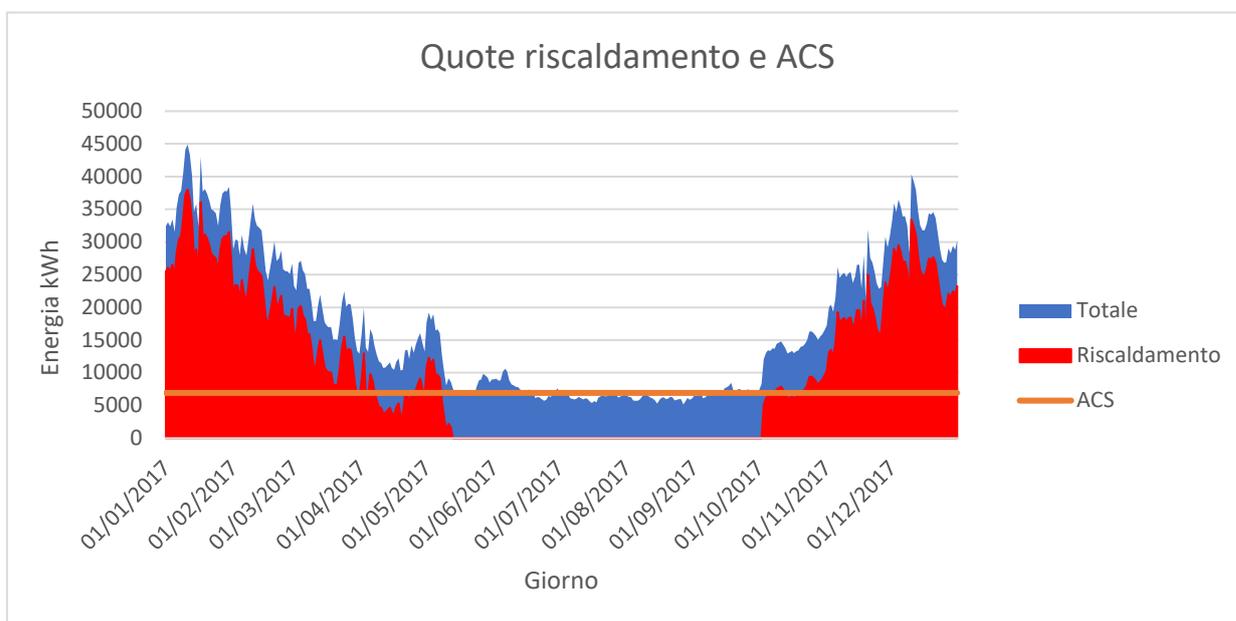


Figura 4.2.19 Suddivisione grafica dei consumi da TLR

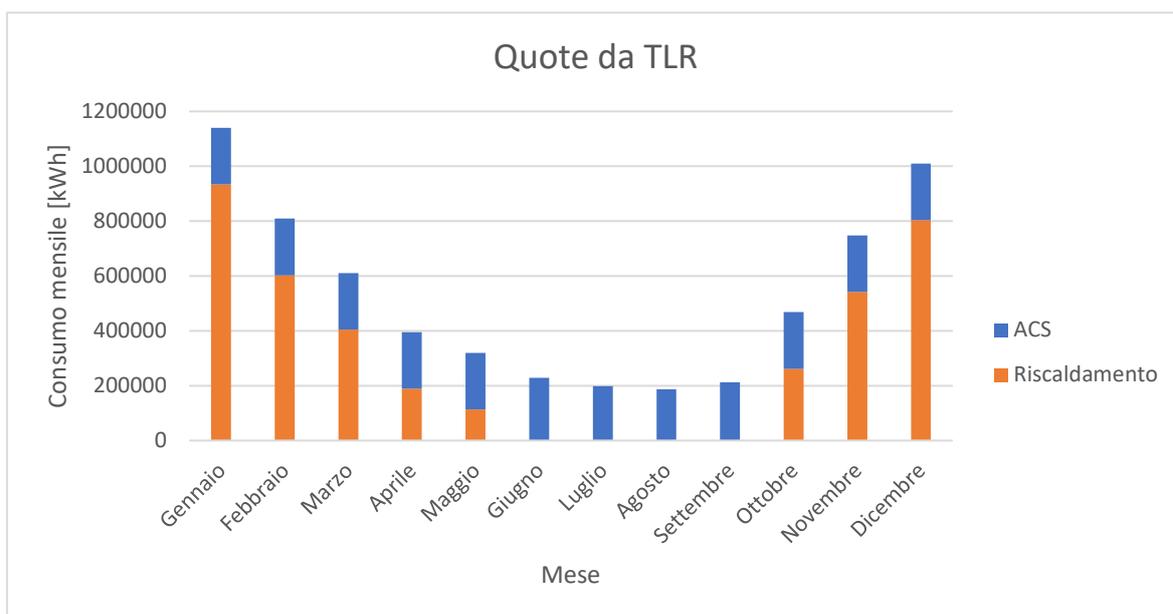


Figura 4.2.20 Quote mensili suddivise per uso finale

Nonostante siano presenti i dati relativi ai tre anni, è risultato più interessante valutare i soli consumi del 2017 poiché si nota una crescita nel consumo da teleriscaldamento dovuta a un crescente utilizzo da parte della struttura di questa fonte. In futuro i collegamenti infatti saranno sicuramente sempre più ampi.

4.2.2.1 Dettaglio sui consumi del teleriscaldamento

Dai dati orari ricavati e dai *carpet plot* si evidenziano alcune criticità che hanno generato delle perplessità sulla gestione del sistema teleriscaldamento. In particolare, la poca differenza riscontrata lungo le ore della giornata e l'assenza di notevoli differenze tra i giorni festivi e feriali, hanno spinto ad approfondire queste correlazioni.

In primis, con i dati ricevuti dal distributore, sono stati suddivisi i consumi giornalieri da teleriscaldamento tra giorni feriali e festivi, correlati con la temperatura media esterna.

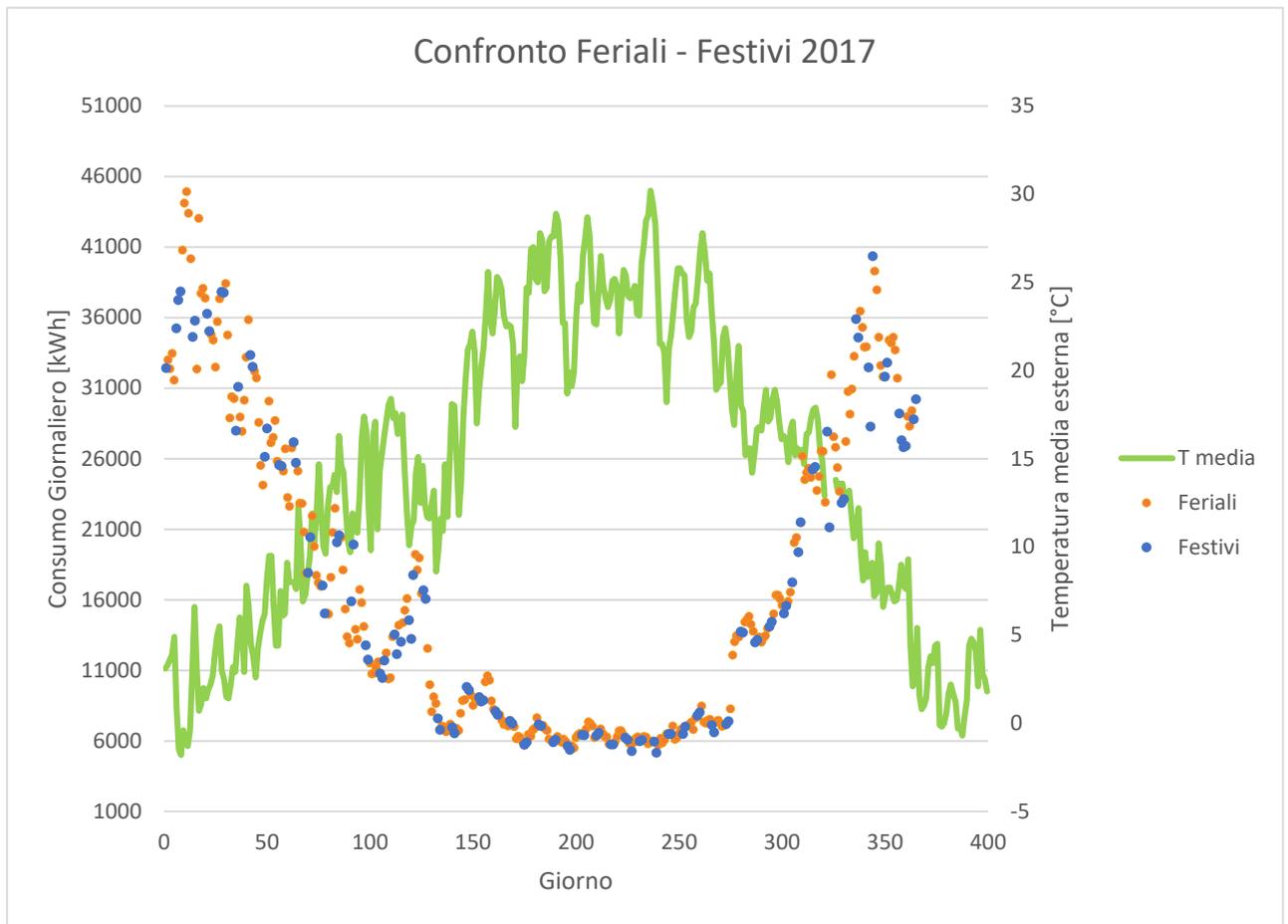


Figura 4.2.21 Confronto tra i consumi giornalieri per i giorni festivi e feriali, P.O. Martini

Risalta subito di come la differenza, al contrario del caso valutato per l'energia elettrica, sia poco netta e definita. A primo impatto risulterebbe che tra i giorni feriali e festivi non vi sia alcuna differenza, e che il presidio sia sempre scaldato allo stesso modo totalmente.

Per approfondire maggiormente questa parte di studio si è effettuata la stessa suddivisione tra i dati relativi ai tre misuratori dei tre scambiatori principali, con sigla 115, 116 e 117.

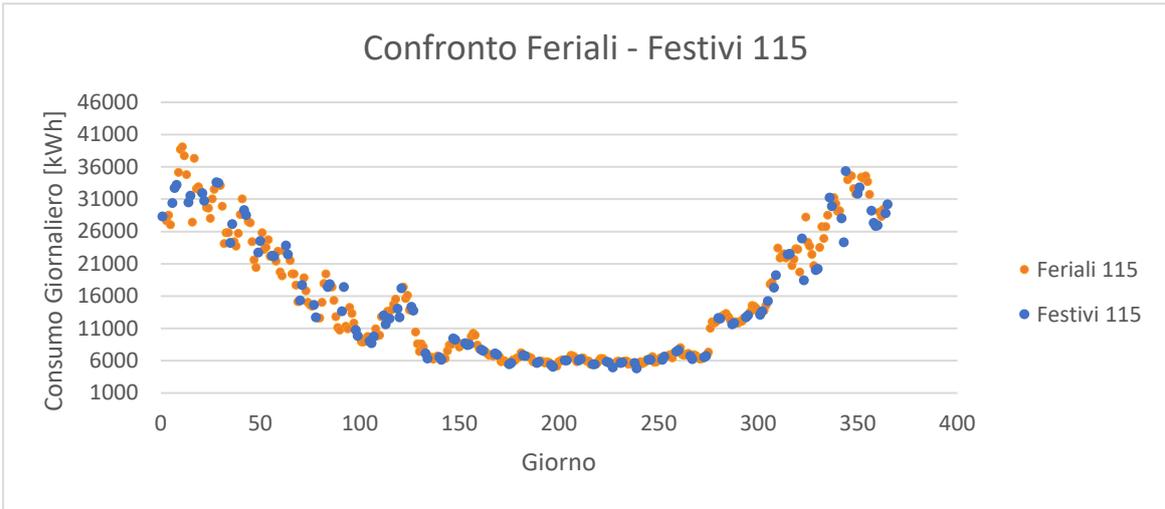


Figura 4.2.22 Confronto tra i consumi giornalieri per i giorni festivi e feriali, scambiatore 115 P.O. Martini

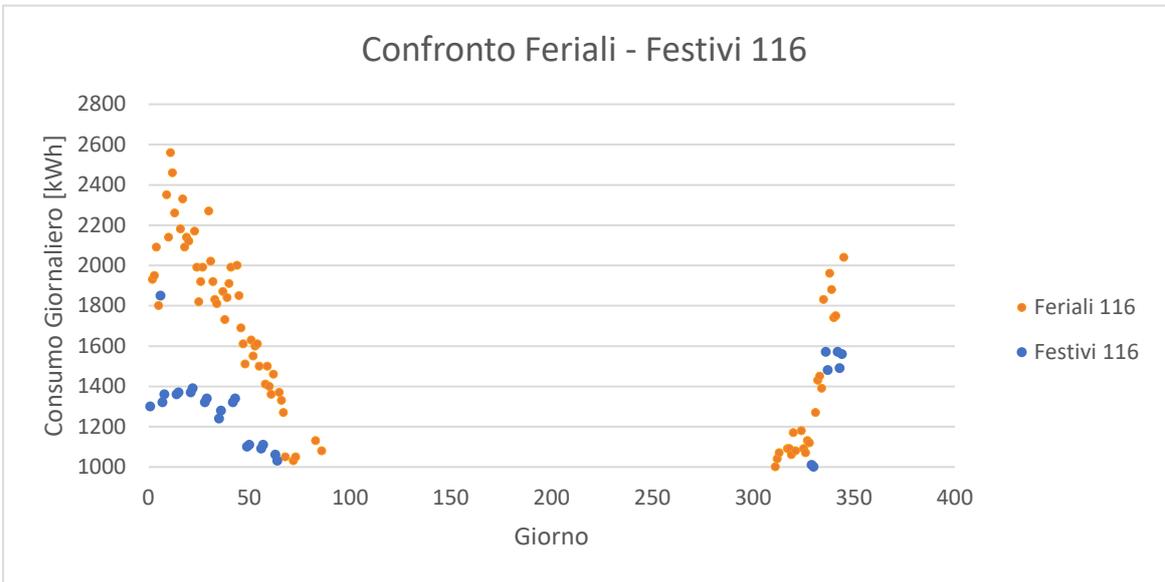


Figura 4.2.23 Confronto tra i consumi giornalieri per i giorni festivi e feriali, scambiatore 116 P.O. Martini

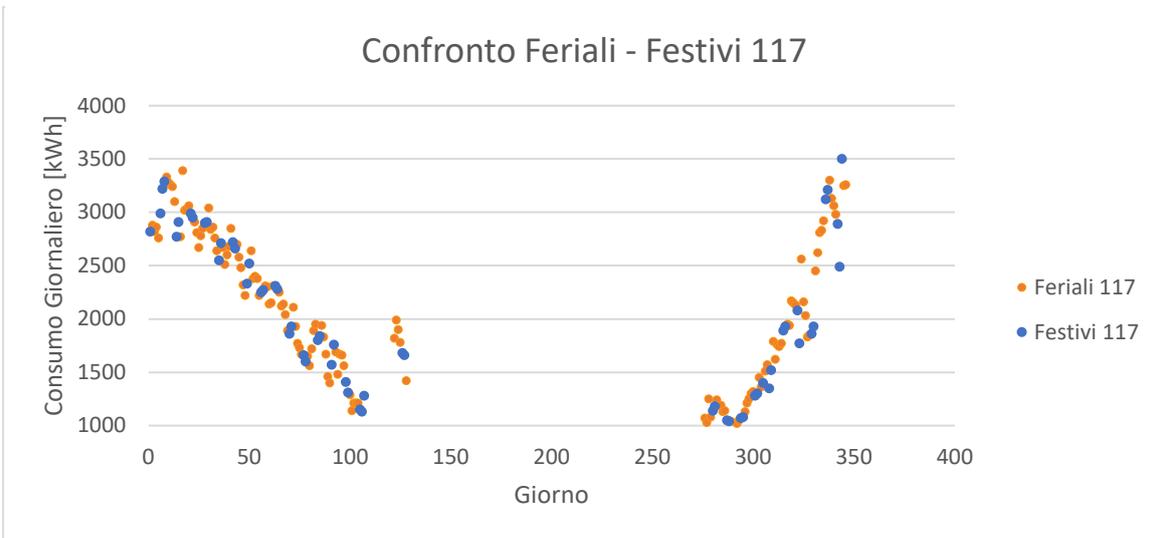


Figura 4.2.24 Confronto tra i consumi giornalieri per i giorni festivi e feriali, scambiatore 117 P.O. Martini

Lo scambiatore più grande risulta essere il “115”, collegato al riscaldamento del corpo centrale, al riscaldamento e ACS del corpo degenze e alle batterie calde del sesto e settimo piano delle UTA.

Il secondo scambiatore, il “116” è l’unico a rappresentare una sostanziale differenza tra i giorni feriali e festivi, essendo quello di taglia più piccola e collegato alla sola palazzina destinata agli uffici.

L’ultimo, il “117” è invece posto a servizio della palazzina dialisi, per il riscaldamento e per la produzione di acqua calda sanitaria; anche in questo caso l’andamento è simile allo scambiatore più grande.

Allo stesso modo sono stati rappresentati i consumi in funzione della temperatura esterna, con lo strumento che viene definito *Firma Energetica*. Vengono quindi ordinati i consumi giornalieri in funzione della temperatura medie esterna e dal grafico si possono fare delle considerazioni.

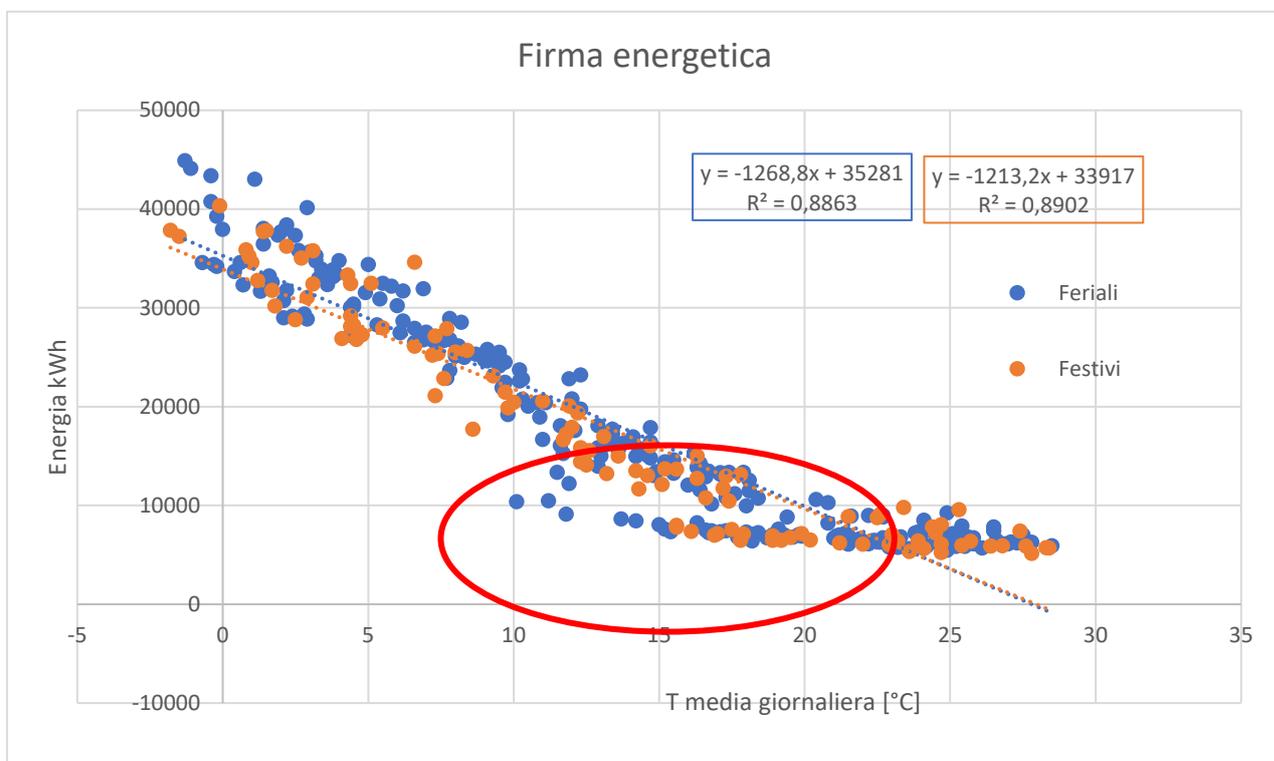


Figura 4.2.25 Firma energetica per i consumi giornaliera da TLR, P.O. Martini

Il valore di R^2 conferma di come la correlazione con la temperatura esterna si possa considerare accettabile, ma si nota allo stesso tempo di come, oltre alla vicinanza dei punti relativi ai giorni feriali e ai giorni festivi, vi sia un plateau orizzontale al di sotto dei 10000 kWh tra i 10°C e i 20°C.

Isolando i punti nel cerchio rosso della figura 4.2.24 viene evidenziata una correlazione particolare tra i punti con la stessa ascissa; a parità di temperatura infatti risultano consumi talvolta doppi corrispondenti a due periodi dell'anno ben definiti, il periodo autunnale e quello primaverile.

Questa osservazione può far comprendere come le mezze stagioni non siano gestite nella maniera più opportuna, a parità di temperatura ad aprile si riscontrano consumi doppi rispetto a quelli misurati a settembre, e persino la metà di altri misurati a marzo. Questa risulta essere un dato indicativo, ma sicuramente a conferma di come la regolazione del teleriscaldamento in questo caso sia fortemente dipendente dalle regolazioni stagionali degli impianti, legate tanto alla data prestabilita e poco dalle reali esigenze della struttura.

A conferma di questo sono stati anche analizzati alcune settimane e giorni tipo dell'anno:

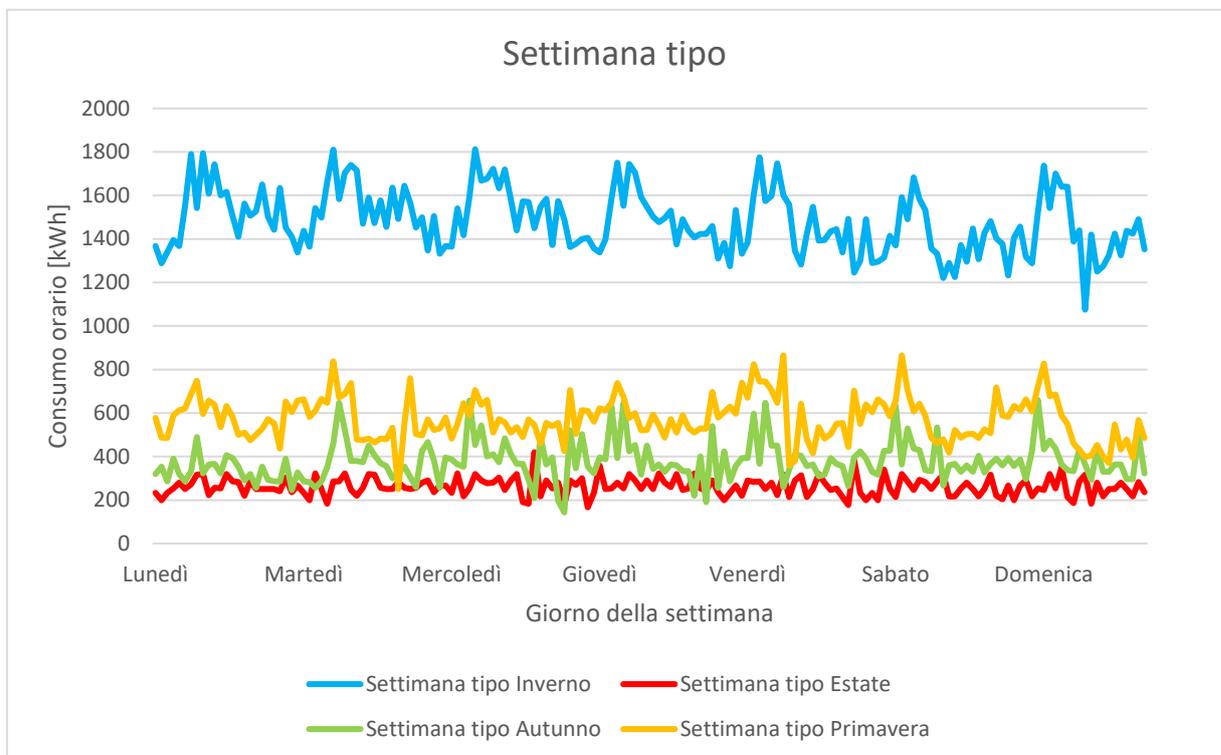


Figura 4.2.26 Settimana tipo consumi da teleriscaldamento

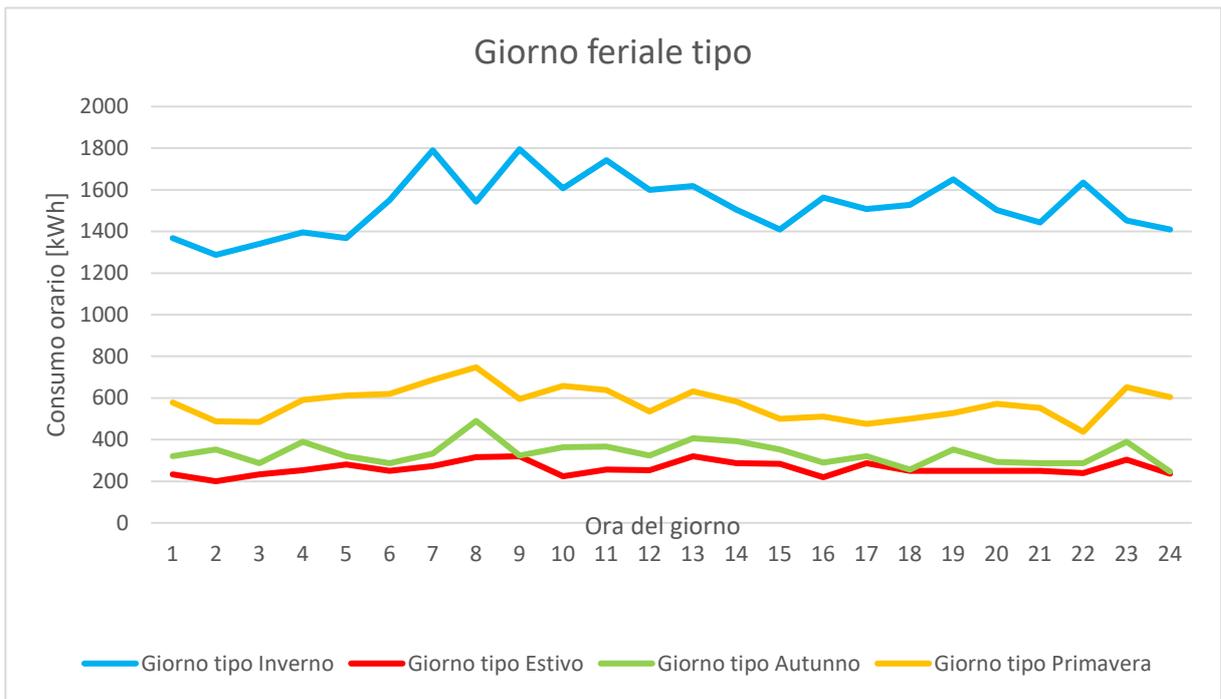


Figura 4.2.27 Giorno feriale tipo consumi da teleriscaldamento

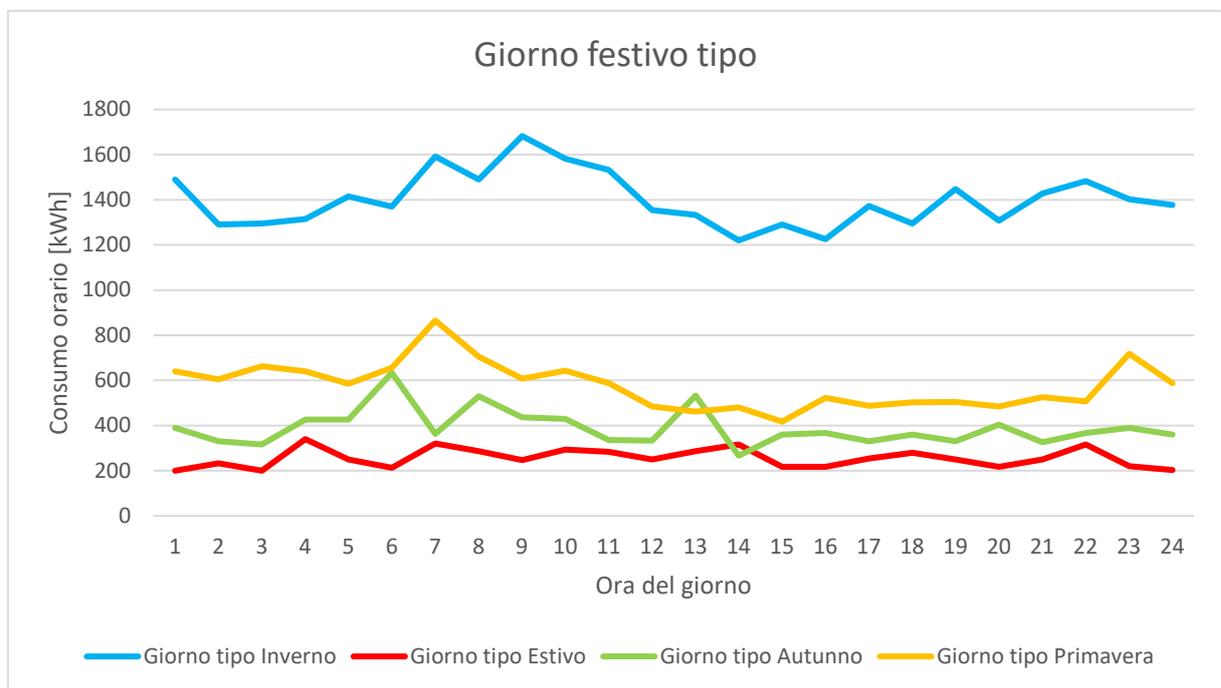


Figura 4.2.28 Giorno festivo tipo consumi da teleriscaldamento

Dalla figura relativa alla settimana tipo, si evidenzia ancora una volta come non vi sia differenza di utilizzo tra i giorni feriali e festivi, nettamente in disaccordo con l'andamento dei consumi elettrici.

Per quanto riguarda il giorno tipo, si osserva subito che l'andamento si discosta sostanzialmente dal classico andamento di richiesta termica in un giorno invernale²¹

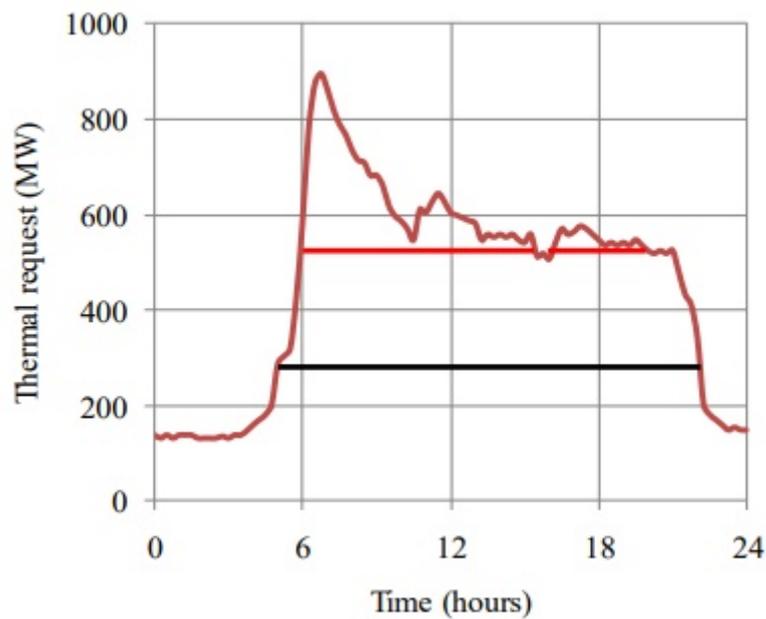


Figura 4.2.29 Richiesta termica media per un giorno invernale

Non è stato possibile trovare un confronto direttamente legato a un esempio pratico all'interno di una struttura sanitaria, ma sicuramente l'andamento giornaliero rappresentato in figura 4.2.25 non è paragonabile ad un andamento tipico di richiesta termica invernale.

²¹ Materiale didattico del corso di "Complementi di Energetica" del professor V. Verda, Politecnico di Torino

4.2.3 Riepilogo e suddivisione dei fabbisogni termici

Unendo i risultati ottenuti dalle considerazioni fatte sul gas metano e sul teleriscaldamento è stata determinata la ripartizione finale dei consumi termici nei diversi utilizzi, basata sul comportamento registrato del 2017.

In questo caso si sarebbe dovuta valutare una media nei tre anni di riferimento, ma come riportato in precedenza, i consumi di gas relativi al 2015 e al 2016 non sono consistenti e quindi risultano essere non realistici con il confronto attuale.

Vengono ora riportati la tabella finale con il riassunto delle quote di utilizzi finali quali riscaldamento, diviso tra teleriscaldamento e riscaldamento a vapore del blocco operatorio, produzione di ACS e sterilizzazione.

Tabella 4.2.9 Suddivisione dei fabbisogni di energia termica sugli usi finali

FABBISOGNO TERMICO - 2017													
Periodo	totale [kWh]	Sterilizzaz [kWh]	%	Riscaldamento a vapore [kWh]	%	quota TLR [kWh]	%	quota ACS [kWh]	%	quota riscaldamento TLR	%	Riscaldamento tot [kWh]	%
gen	1318193	107488	60%	70495	5%	1140210	86%	206382	16%	933828	71%	1004323	76%
feb	947278	107488	78%	30831	3%	808960	85%	206382	22%	602578	64%	633409	67%
mar	750064	107488	77%	31966	4%	610610	81%	206382	28%	404228	54%	436195	58%
apr	528300	107488	81%	25223	5%	395590	75%	206382	39%	189208	36%	214431	41%
mag	456865	107488	78%	29657	6%	319720	70%	206382	45%	113338	25%	142995	31%
giu	328221	99721	100%	0	0%	228500	70%	228500	70%	0	0%	0	0%
lug	301104	103004	100%	0	0%	198100	66%	198100	66%	0	0%	0	0%
ago	291750	104500	100%	0	0%	187250	64%	187250	64%	0	0%	0	0%
set	335564	122974	100%	0	0%	212590	63%	212590	63%	0	0%	0	0%
ott	584264	107488	93%	8536	1%	468240	80%	206382	35%	261858	45%	270394	46%
nov	919686	107488	62%	64519	7%	747680	81%	206382	22%	541298	59%	605817	66%
dic	1180620	107488	63%	63352	5%	1009780	86%	206382	17%	803398	68%	866751	73%
TOTALE 2017	7941910	1290101	16%	324578	4%	6327230	80%	2477492	31%	3849738	48%	4174316	53%

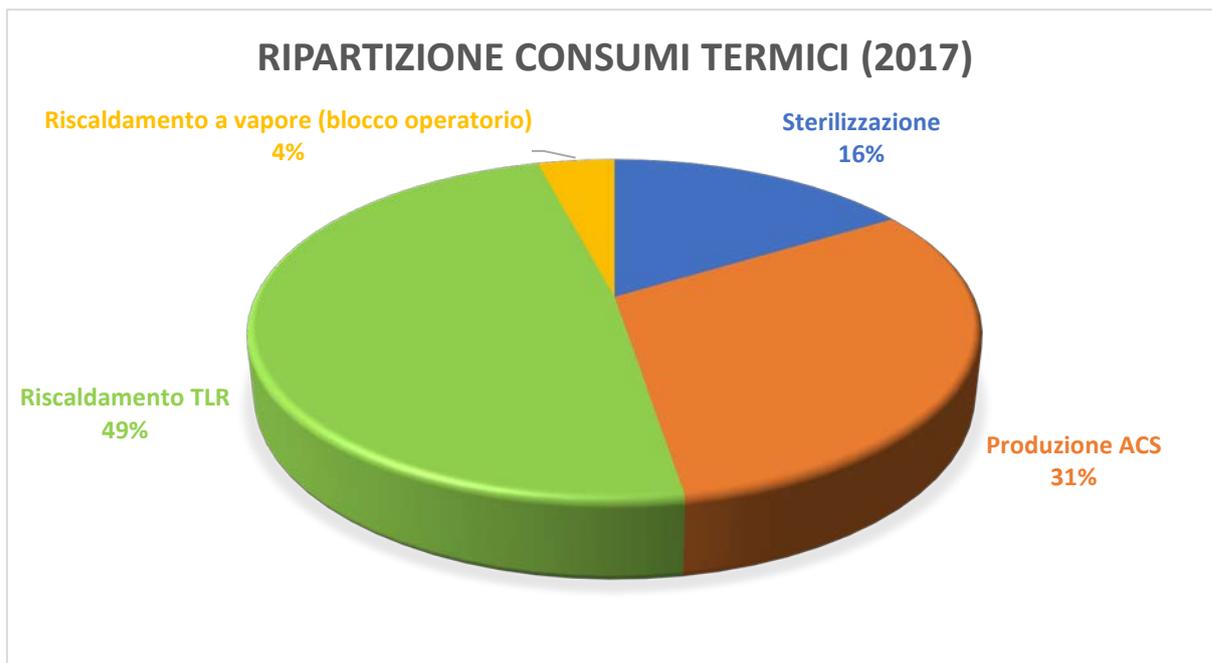


Figura 4.2.30 Ripartizione dei consumi di energia termica sugli usi finali

L'utilizzo maggiore del vettore energia termica è ovviamente attribuibile al riscaldamento della struttura con circa il 53% sul totale; a seguire la quota di produzione di acqua calda sanitaria, depurata di una piccola percentuale prodotta dalle caldaie a vapore del blocco operatorio poiché trascurabile.

La quota relativa alla sterilizzazione occupa circa il 16%, valore discreto considerando il solo utilizzo a scopo tecnico e medico.

4.3 Consumi idrici

Gli unici dati disponibili per i consumi idrici sono quelli ricavabili dalle bollette emesse e fatturate trimestralmente. La tabella riporta i consumi in Standard metri cubi, i consumi medi giornalieri, ottenuti dividendo i consumi sui giorni di fatturazione e la spesa relativa.

A cavallo del 2016 e del 2017, rispettivamente per l'ultimo trimestre e il primo, mancano alcuni dati relativi ai consumi, a seguito di un cambio di bollettazione da parte del fornitore; non è stato possibile pertanto riportare dei dati certi, a meno di alcune bollette parziali, anche se i consumi nei tre anni di riferimento rimangono pressoché costanti.

Tabella 4.3.1 Bollette acqua 2015, P.O. Martini

Trimestre	Consumi [mc]	Consumo medio [mc/giorno]	Spesa totale [€] (IVA 10%)
I	18315	68,2	€ 34.779,43
II	19241	69,4	€ 37.405,02
III	15639	56,7	€ 34.274,21
IV	17578	64,0	€ 33.673,89
TOTALE 2015	70773	64,6	€ 140.132,54

Tabella 4.3.2 Bollette acqua 2016, P.O. Martini

Trimestre	Consumi [mc]	Consumo medio [mc/giorno]	Spesa totale [€] (IVA 10%)
I	20613	68,3	€ 41.272,28
II	17060	70,4	€ 35.093,42
III	15628	55,7	€ 43.047,24
IV	-	-	€ 2.078,55
TOTALE 2016	53301	64,8	€ 121.491,48

Tabella 4.3.3 Bollette acqua 2017, P.O. Martini

Trimestre	Consumi [mc]	Consumo medio [mc/giorno]	Spesa totale [€] (IVA 10%)
I	-	-	€ 31.973,41
II	16713	57,9	€ 41.401,46
III	26125	70,9	€ 51.801,94
IV	11507	60,6	€ 26.606,09
TOTALE 2017	54345	63,1	€ 151.782,90

	Dati mancanti
	Dati parziali

4.4 Confronto e indici di Benchmark

Come anticipato nel capitolo 2.3 è importante confrontare tramite alcuni indici di prestazione energetica utilizzati nel contesto ospedaliero, i consumi dell'ospedale Martini con dei valori di indicazione presi in letteratura.

Confrontare la variazione degli indici nei tre anni risulterebbe essere un buon metro di paragone per valutare miglioramenti o peggioramenti negli usi dell'energia nell'ospedale, e allo stesso tempo confrontarsi con realtà simili.

Ecco riassunti i dati utili per il presidio oggetto di studio:

Tabella 4.4.1 Dati del P.O. Martini

Superficie totale [m²]	38.752
Volume totale [m³]	124.006
posti letto	249

Tabella 4.4.2 Riassunto consumi di energia primaria per Energia Elettrica

Energia Elettrica				
Anno	kWh/anno	kWh/ giorno	tep/MWh	tep/anno
2015	4895782	13413	0,187	915,5
2016	4810594	13144		899,6
2017	4784338	13107		894,7

Tabella 4.4.3 Riassunto consumi di energia primaria per Gas Metano

Gas Metano				
Anno	Sm3/anno	kWh/anno	tep/1000 Sm3	tep/anno
2015	22	168,78	0,836	0,0
2016	154703	1186881,41		129,3
2017	210464	1614679,80		175,9

Tabella 4.4.4 Riassunto consumi di energia primaria per il teleriscaldamento

Teleriscaldamento				
Anno	kWh/anno	kWh/ giorno	tep/kWh	tep/anno
2015	4618480	12653,36	8,59845E-05	397,1
2016	5200740	14209,67		447,2
2017	6289940	17232,71		540,8

I fattori di conversione utilizzati sono rispettivamente²²:

- 0.187 tep/ MWh per quanto riguarda l'energia elettrica
- 0.836 tep/1000 Sm³ di gas naturale
- 1/11630 tep/kWh per il teleriscaldamento

Gli indicatori ottenuti risultano essere quindi:

Tabella 4.4.5 Indicatori energetici da Energia Elettrica

Indicatori - Energia Elettrica						
Anno	kWh/m ²	kWh/m ³	kWh/p.l.	tep/m ²	tep/m ³	tep/p.l.
2015	126,34	39,48	19661,78	0,02	0,0074	3,7
2016	124,14	38,79	19319,65	0,02	0,0073	3,6
2017	123,46	38,58	19214,21	0,02	0,0072	3,6

Tabella 4.4.6 Indicatori energetici da Gas Metano

Indicatori - Gas Metano						
Anno	kWh/m ²	kWh/m ³	kWh/p.l.	tep/m ²	tep/m ³	tep/p.l.
2015	0,00	0,00	0,68	0,00	0,0000	0,0
2016	30,63	9,57	4766,59	0,00	0,0010	0,5
2017	41,67	13,02	6484,66	0,00	0,0014	0,7

Tabella 4.4.7 Indicatori energetici da Teleriscaldamento

Indicatori - Teleriscaldamento						
Anno	kWh/m ²	kWh/m ³	kWh/p.l.	tep/m ²	tep/m ³	tep/p.l.
2015	119,18	37,24	18548,11	0,01	0,0032	1,6
2016	134,21	41,94	20886,51	0,01	0,0036	1,8
2017	162,31	50,72	25260,80	0,01	0,0044	2,2

Dalla figura si può notare di come i calcoli si assestino sugli stessi valori ricavati da uno studio del 2017 pubblicato da IRES Piemonte sugli ospedali e strutture sanitarie del territorio. Un esempio quindi sui tep/m² (che risulta essere pari a 0.03 sommando i contributi dei vettori energetici) classifica il presidio Martini in una classe energetica "bassissima".

Da un altro studio del Politecnico di Torino ²³si può anche effettuare un confronto sui MWh elettrico per posto letto rispetto ad altri presidi piemontesi (valore medio per il presidio Martini, 19.55 MWh/PL).

²² Fattori ricavati da "Ricognizione sui consumi e sulla spesa dei vettori energetici del patrimonio edilizio e sanitario" di IRES Piemonte

²³ Dipartimento di energetica "Convenzione tra politecnico di Torino e azienda sanitaria TO2 per attività e consulenza relativa alla conservazione e l'uso razionale dell'energia" Vittorio Verda

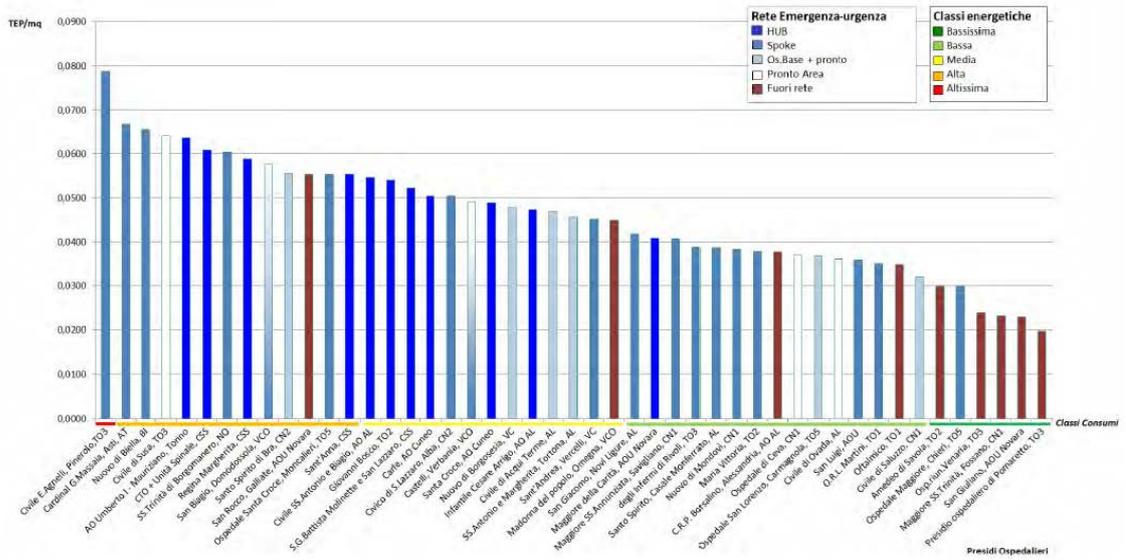


Figura 4.4.1 Tep al metro quadro per i presidi ospedalieri del Piemonte, IRESS 2017

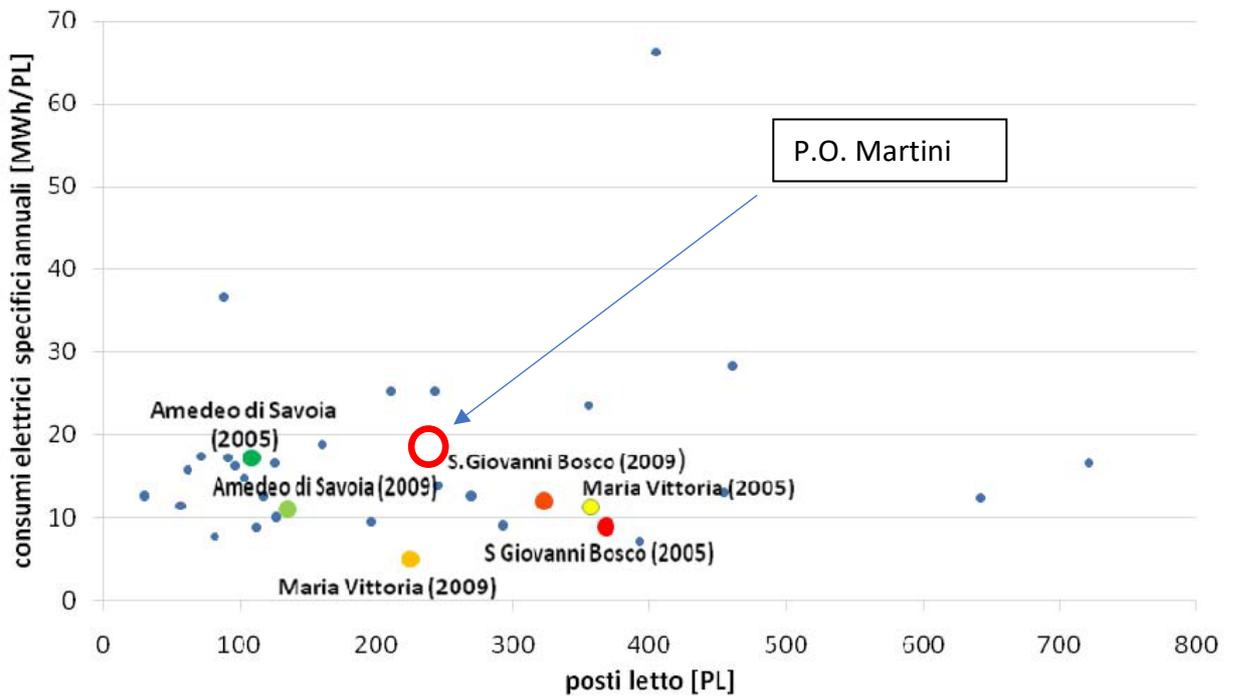


Figura 4.4.2 Consumo specifico di energia elettrica per posto letto, ospedali piemontesi

4.5 Confronto spese

Nella seguente tabella e nel seguente grafico vengono aggiunti i confronti tra le spese relative ai vettori energetici per l'anno 2017. Risulta interessante confermare come l'energia termica e l'energia elettrica siano ripartiti in uguale misura per l'utilizzo e di conseguenza anche in termini economici.

Tabella 4.5.1 Confronto spesa 2017

Spesa 2017 [€]	
Energia Elettrica	608.552,86 €
Teleriscaldamento	376.606,25 €
Gas Metano	83.291,23 €
Acqua	151.782,90 €
TOTALE	1.220.233,24 €

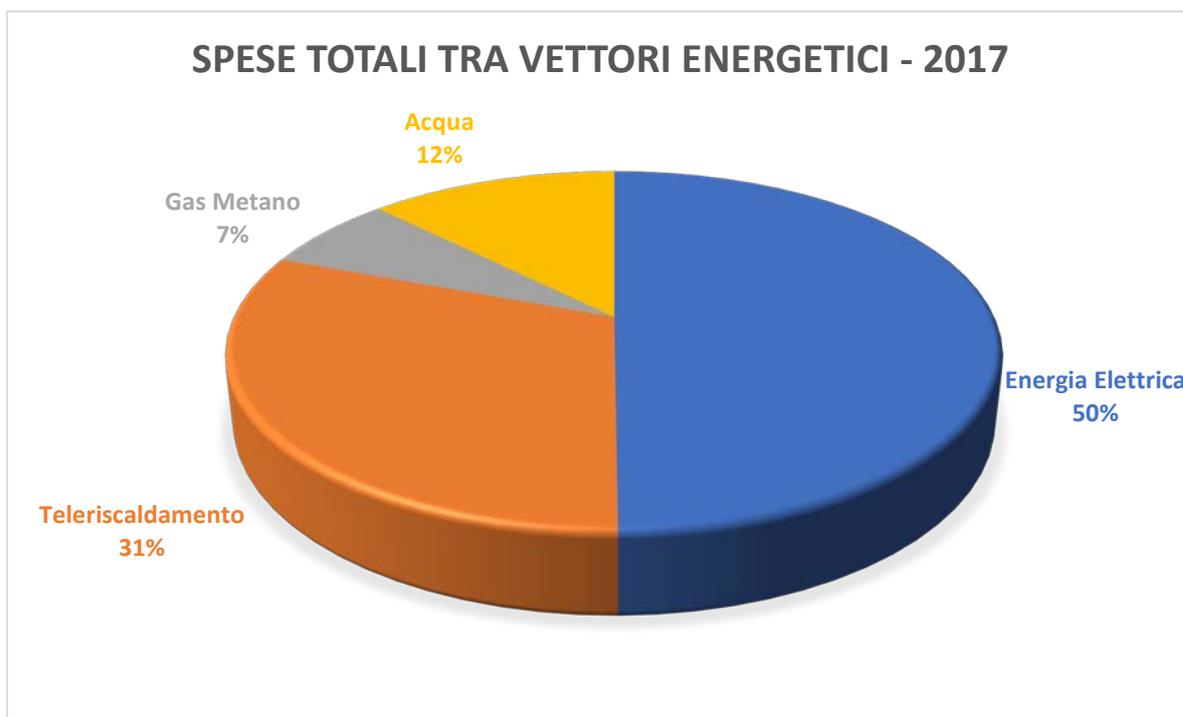


Figura 4.5.1 Spese totali tra vettori energetici, 2017

Capitolo 5 - Valutazione sull'utilizzo della Cogenerazione e misure di efficientamento

L'analisi energetica svolta in questa trattazione, offre degli strumenti utili per definire le criticità presenti nella gestione energetica dell'ospedale Martini e allo stesso tempo permette di comprendere dove intervenire e in che misura. In realtà come queste è importante definire un ordine con cui affrontare le possibili misure di efficientamento, a seconda delle reali necessità del plesso ma allo stesso tempo alla luce delle politiche e delle decisioni della direzione sanitaria che coordina l'ospedale.

Oltre ad alcune migliorie che già si stanno attuando nel corso degli anni, con la sostituzione delle vecchie lampade a favore di nuove a tecnologia LED, con la sostituzione dei serramenti e con la commutazione dei gruppi frigoriferi più vetusti, si è scelto di proporre un sistema di cogenerazione che vada in ausilio al gruppo di caldaie presenti nell'ospedale Martini.

5.1 La cogenerazione

La cogenerazione all'interno di una struttura sanitaria di questo tipo risulta essere sicuramente una scelta ideale per una serie di esigenze:

- Elevata domanda di riscaldamento negli ambienti, anche tramite acqua calda per tutto l'anno
- Domanda simultanea di energia elettrica e termica che nel totale risulta essere suddivisa in maniera equa
- Elevata domanda di energia con un ritmo quotidiano alto e un carico base costante, sia nei giorni festivi che feriali

In generale dalla Direttiva Europea 2004/8/CE ²⁴ la cogenerazione viene definita come “la generazione simultanea in un unico processo di energia termica ed elettrica e/o di energia meccanica”.

²⁴ Decreto Legislativo 8 febbraio 2007, n.20, “Attuazione della direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia, nonché modifica della direttiva 92/42/CEE”.

I vantaggi all'utilizzo di questa tecnologia sono rilevanti dal punto di vista energetico e di rendimenti, come mostrato in figura 5.1.1, ma specialmente dal punto di vista economico ed ambientale.

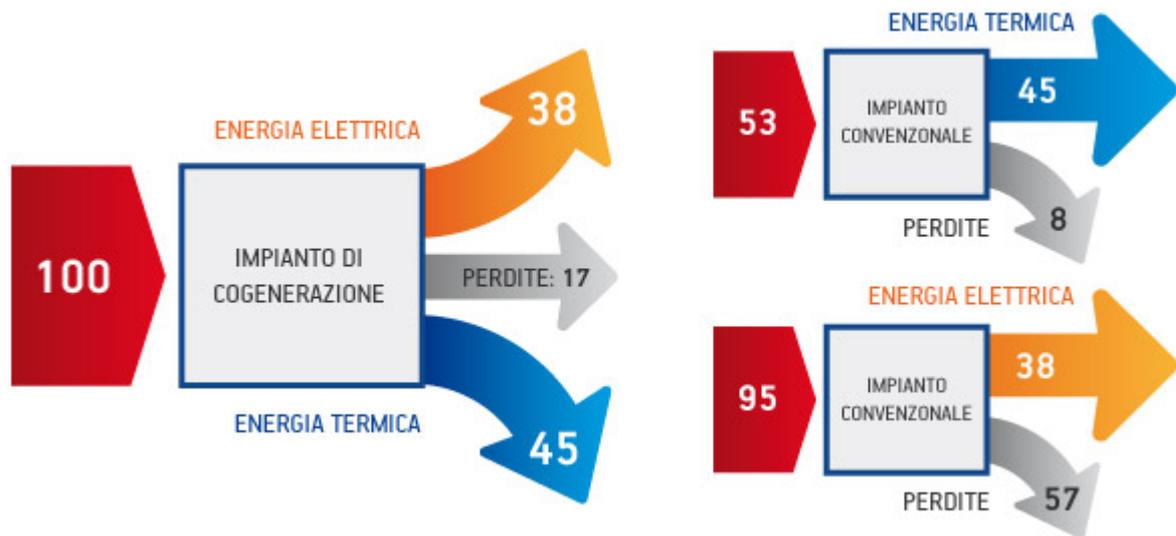


Figura 5.1.1 Rendimenti a confronto tra cogenerazione e produzione separata

Come si può notare dalla figura, la soluzione cogenerativa offre notevoli vantaggi dal punto di vista dei rendimenti che, a parità di consumo termico ed elettrico, risultano più alti con una minore richiesta di energia primaria.

Il primo decreto a livello nazionale è la Delibera 42/02 e s.m.i. dell'AEEG²⁵ che definisce la cogenerazione come *“La produzione combinata di energia elettrica e calore alle condizioni definite dall'AEEG²⁶, che garantiscano un significativo risparmio energetica rispetto alla produzione separata”*.

²⁵ Delibera 42/02 dell'AEEG che definisce le “Condizioni per il riconoscimento della produzione combinata di energia elettrica e calore come cogenerazione ai sensi dell'articolo 2, comma 8, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79”

²⁶ AEEG, Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, sostituita dalla nuova ARERA, Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente

Queste condizioni sono espresse tramite due indici, l'IRE e il LT:

- IRE (Indice di Risparmio Energetico) è definito come il rapporto tra il risparmio di energia primaria conseguita dalla sezione di cogenerazione rispetto alla produzione separata e l'energia primaria richiesta dalla produzione separata. Tale valore deve essere maggiore di una determinata soglia richiesta, pari al 10% per le nuove sezioni cogenerative.

L'IRE è espresso dalla seguente formula

$$IRE = \frac{E_{c,s} - E_c}{E_{c,s}} = 1 - \frac{E_c}{E_{ce,s} + E_{ct,s}} = 1 - \frac{E_c}{\frac{E_e}{p \cdot \eta_{e,s}} + \frac{E_{t,civ}}{\eta_{t,s,civ}} + \frac{E_{t,ind}}{\eta_{t,s,ind}}} \geq IRE_{min}$$

Dove:

- $E_e [MWh_{el}]$: energia elettrica utile prodotta annualmente dall'impianto al netto delle perdite di trasformazione principali e dalla potenza assorbita dagli ausiliari
- $E_{t,civ} [MWh_{el}]$: energia termica utile prodotta annualmente dall'impianto per usi civili;
- $E_{t,ind} [MWh_{el}]$: energia termica utile prodotta annualmente dall'impianto per usi industriali
- $\eta_{t,civ}$: rendimento termico medio annuo di un impianto destinato alla sola produzione di energia termica per usi civili (convenzionalmente pari a 0.8)
- $\eta_{t,ind}$: rendimento termico medio annuo di un impianto destinato alla sola produzione di energia termica per usi industriali (convenzionalmente pari a 0.9)
- p : coefficiente che tiene conto delle minori perdite di trasporto e trasformazione che gli impianti cogenerativi comportano quando consumano l'energia elettrica autoprodotta

$$p = \frac{p_{imm} \cdot E_{e,imm} + p_{auto} \cdot E_{e,auto}}{E_{e,imm} + E_{e,auto}}$$

Dove p_{imm} e p_{auto} sono valutati da tabelle in funzione della tensione

- $\eta_{e,s}$: rendimento elettrico netto medio annuo di un impianto destinato alla sola produzione di energia elettrica; il suo valore è tabulato in funzione della potenza e del tipo di combustibile

- LT (Limite Termico) è il rapporto tra l'energia termica utile annualmente prodotta e l'effetto utile complessivamente generato su base annua dalla sezione cogenerativa. Questo valore dà un'idea del recupero termico dell'impianto.

$$LT = \frac{E_t}{E_t + E_{el}} \geq LT_{min}$$

A seguito poi della direttiva europea 2004/08/CE²⁷, recepita in Italia dal D.lgs n°20 del 02/02/2007²⁸, viene introdotta in sostituzione dell'IRE l'indice denominato Primary Energy Saving (PES) insieme ad altri due indici; questi tre indici permettono di qualificare un impianto di cogenerazione con la qualifica di CAR, Cogenerazione ad Alto Rendimento:

- PES, Primary Energy Saving, serve a valutare il risparmio di energia primaria, con alcuni vincoli più stringenti dell'IRE

$$PES = 1 - \frac{1}{\frac{\eta_{t,CHP}}{\eta_{t,rif}} + \frac{\eta_{el,CHP}}{\eta_{el,rif}}}$$

Dove:

- $\eta_{t,rif}$ e $\eta_{el,rif}$ sono i rendimenti di riferimento per la generazione di energia elettrica e termica definiti in funzione del tipo di combustibile utilizzato, da produzione separata.
 - $\eta_{t,CHP}$ e $\eta_{el,CHP}$ sono i rendimenti termici ed elettrici in cogenerazione
- Rendimento totale, che deve essere superiore ad una soglia minima

$$\eta_{tot} = \eta_{el,CHP} + \eta_{t,CHP}$$

- Elettricità da cogenerazione: nelle unità di riferimento con rendimento complessivo annuo inferiore ai valori indicati, la cogenerazione è calcolata come

$$E_{CHP} = H_{CHP} \cdot C_{eff}$$

Dove:

- E_{CHP} : Elettricità da cogenerazione
- H_{CHP} : Calore utile prodotto da cogenerazione

²⁷ DIRETTIVA 2004/8/CE Del Parlamento Europeo del Consiglio dell'11 febbraio 2004 sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia e che modifica la direttiva 92/42/CEE

²⁸ Decreto Legislativo 8 febbraio 2007, n.20, "Attuazione della direttiva 2004/8/CE sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia, nonché modifica della direttiva 92/42/CEE".

- C_{eff} : Rapporto energia / calore

Questo calcolo deve essere basato sull'effettivo rapporto energia/ calore, in alternativa di possono utilizzare valori statistici.

L'impianto di cogenerazione è fondamentalmente composto da un motore primo per la produzione di energia meccanica, un alternatore per la trasformazione in energia elettrica e di sistemi di scambiatori per il recupero del calore.

Le tipologie di cogeneratori, differenziabili per via della tecnologia, del campo di applicazione e della taglia sono:

- Motore a combustione interna (M.C.I.)
- Microturbine a gas, motori a ciclo Stirling
- Turbina a gas a ciclo combinato con recupero di calore (C.C.)
- Turbina a vapore in contropressione (T.V. Cp.)
- Turbina a gas con recupero di calore (T.G.)
- Turbina a vapore a condensazione (T.V.Cd.)
- Pile a combustibile
- Motori a vapore
- Ciclo organico di Rankine (ORC)

Nel nostro specifico caso si è optato per via della tecnologia e della taglia richiesta per il dimensionamento di utilizzare un Motore a Combustione interna.

5.2 Motore a Combustione Interna (M.C.I.)

Il motore a combustione interna o motore endotermico alternativo risulta essere una delle tecnologie più diffuse per le applicazioni cogenerative. Nel range di interesse, intorno ai 500 kW di potenza, vi sono sicuramente le celle a combustibile che mantengono elevati valori di efficienza elettrica, ma allo stesso tempo possiedono ancora notevoli limiti tecnologici che ne ostacolano la piena diffusione.

I motori riescono, come visibile in figura 5.2.1 ricavato da uno studio dell'Insitute of Combustion Technology, a coprire un vasto range di potenza elettrica, dal campo della microcogenerazione fino alla media, garantendo buoni rendimenti.

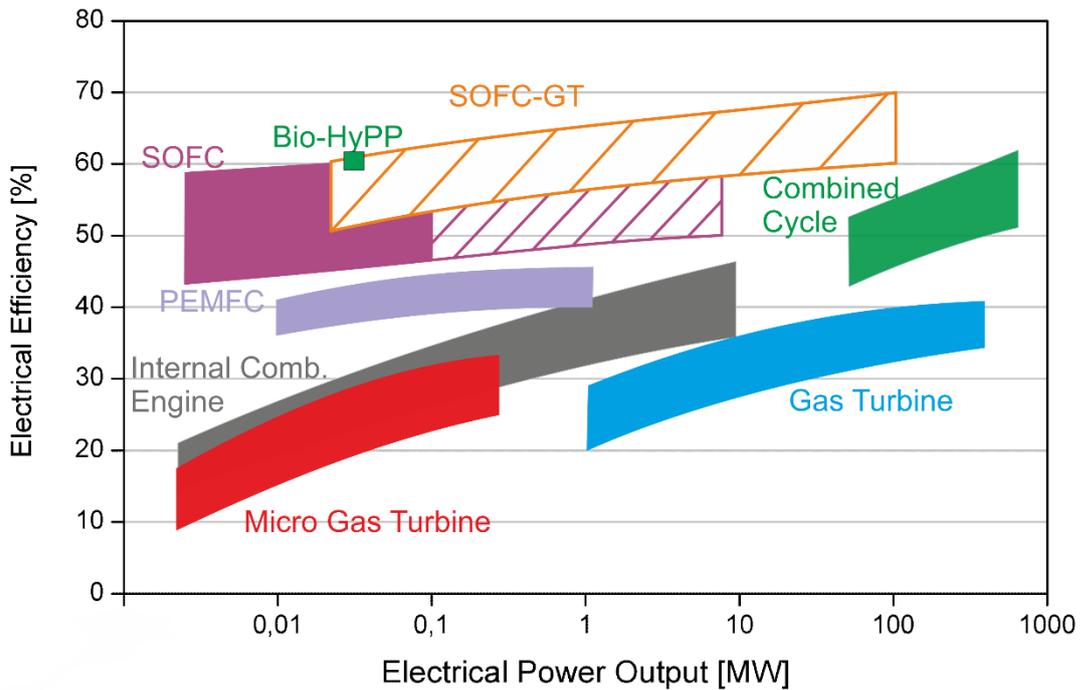


Figura 5.2.1 - Confronto tra motori primi sul piano Potenze elettrica - rendimento elettrico (Institute of Combustion Technology)

La scelta del motore alla base del cogeneratore oggetto di studio ha cercato di conciliare le caratteristiche in termini di prestazioni con le esigenze dell'utenza servita: il contesto ospedaliero richiede caratteristiche quali la flessibilità di impiego, l'affidabilità di esercizio e l'adattabilità ai mutamenti e agli ampliamenti dei carichi. La tecnologia che meglio si adatta a tali esigenze è, appunto, quella dei motori a combustione interna.

5.3 Studio di fattibilità di un motore cogenerativo all'interno del presidio Martini

Viene dunque ora implementato uno studio di massima per il dimensionamento e il calcolo dei tempi di ritorno dell'investimento per quanto riguarda un sistema di cogenerazione nel presidio Martini.

L'obiettivo è proporre uno strumento alternativo o di ausilio alle caldaie del blocco operatorio, utilizzate come generatore di vapore per riscaldare gli ambienti, per riscaldare l'acqua calda sanitaria e per la produzione di vapore tecnico a scopo di sterilizzazione.

Proprio questa caratteristica ha reso complessa la scelta di un motore adatto a queste esigenze, ma esistono tuttavia dei motori a combustione interna dai quali è possibile recuperare vapore scambiando calore con i fumi di scarico ad altissima temperatura.

La scelta della macchina cogenerativa necessaria e della sua taglia è stata fatta andando ad analizzare le curve di carico elettrico e termico tipiche del sistema; come riportato in precedenza, non è stato possibile ricevere i consumi orari di gas e quindi del carico termico, ma sono disponibili solamente i dati elettrici.

Sono state ricostruite, partendo dai dati disponibili, le giornate e le settimane tipo per i diversi periodi dell'anno e mediate all'interno della stagione, la taglia della macchina di conseguenza è stata valutata sui valori massimi di carichi orari riscontrati.

L'utilizzo di misuratori e di contatori sicuramente fornirebbe il fabbisogno corretto del sistema, dimensionando in maniera più conservativa il cogeneratore che in questo modo dovrà per la maggior parte del tempo lavorare in regolazione.

La macchina può dunque lavorare in due condizioni, ad inseguimento termico e ad inseguimento elettrico. Nel primo caso viene controllata la temperatura di ingresso dell'acqua utenza e l'apparecchio modulerà la potenza generata per mantenere il fluido a quella temperatura, seguendo appunto il fabbisogno termico. L'energia elettrica eccedente viene reimpressa in rete.

Nel secondo caso invece il sistema cogenerativo modulerà la propria potenza inseguendo l'utenza elettrica.

Per questa logica di funzionamento è necessaria l'installazione di un misuratore amperometrico per misurare l'energia elettrica prelevata da rete e un dissipatore di energia termica per dissipare l'eventuale surplus di calore non assorbita dall'impianto.

In questo caso studio, per fornire una proposta completa, si studieranno due casi, uno a inseguimento termico e il secondo ad inseguimento elettrico.

5.3.1 Dimensionamento

Per il presidio Martini è stata studiata la possibilità di installazione di un motore cogenerativo endotermico a ciclo otto ideale e alimentato a gas naturale acquistato direttamente dalla rete di distribuzione già esistente. L'energia termica in questi termini risulta essere preziosa e pertanto si è scelto di dimensionare la macchina puntando al totale autoconsumo del calore prodotto.

Per determinare la taglia del cogeneratore si è partiti dal periodo dell'anno con più dati disponibili, l'inverno del 2017. I consumi giornalieri termici infatti sono disponibili solamente per il periodo che va da novembre 2016 a febbraio 2017, rendendo sensato un confronto con i consumi orari elettrici.

I dati termici giornalieri sono stati mediati uniformemente ipotizzando un funzionamento costante di 15 ore, dalle 7:00 sino alle 21:00; per massimizzare le ore di funzionamento del motore, al fine di rientrare velocemente dei costi di investimento, si è scelto di far lavorare il cogeneratore nelle stesse 15 ore.

Il dimensionamento proposto è stato fatto facendo una media delle settimane in cui si sono riscontrate temperature medie esterne più basse.

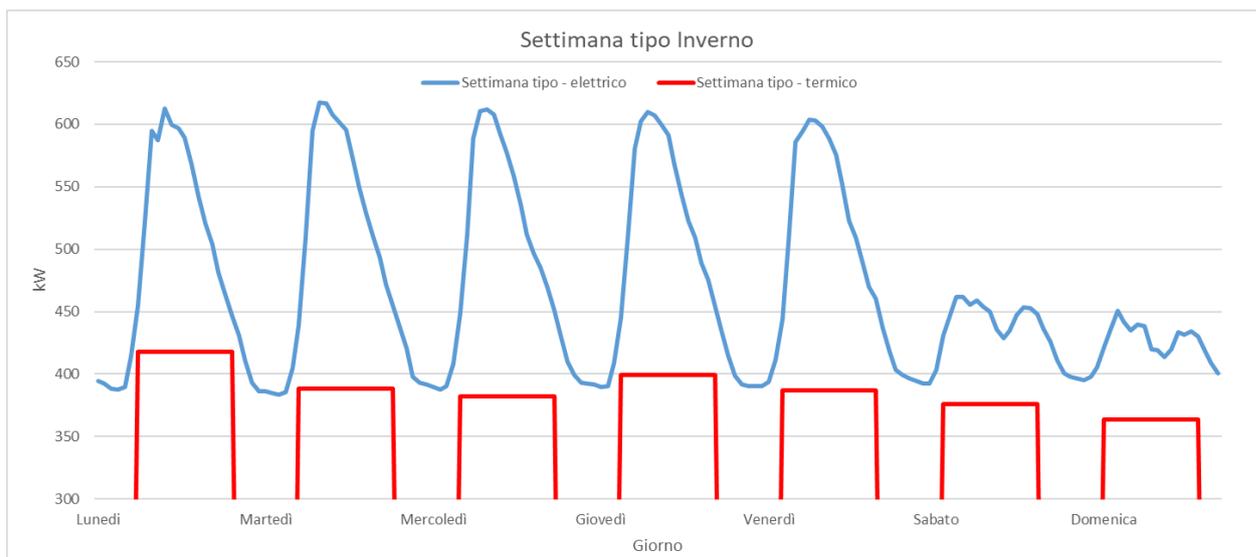


Figura 5.3.1 Settimana tipo invernale, carico elettrico e termico

Il fabbisogno medio valutato per il periodo invernale risulterebbe essere di circa 380 kW termici mentre il consumo elettrico è ben più alto poiché riferito all'intero ospedale.

La taglia ideale del cogeneratore quindi si potrebbe ricavare assecondando questi consumi ma, dato il consistente utilizzo di vapore che si dovrebbe soddisfare, in commercio non si è trovata nessuna macchina adatta. L'unica soluzione possibile è sovradimensionare in maniera accettabile il motore per poter adempiere alla richiesta, e verosimilmente lavorare alcune ore dell'anno in regolazione.

Il motore preso in considerazione come esempio eroga 430 kW di potenza elettrica e 533 kW di termica, suddivisi in 276 kW sotto forma di acqua calda (70°C / 82°C) e in 257 kW utilizzati per la produzione di vapore.

Ipotizzando quindi le ore di funzionamento specificate prima gli andamenti stagionali delle settimane tipo risultano essere:

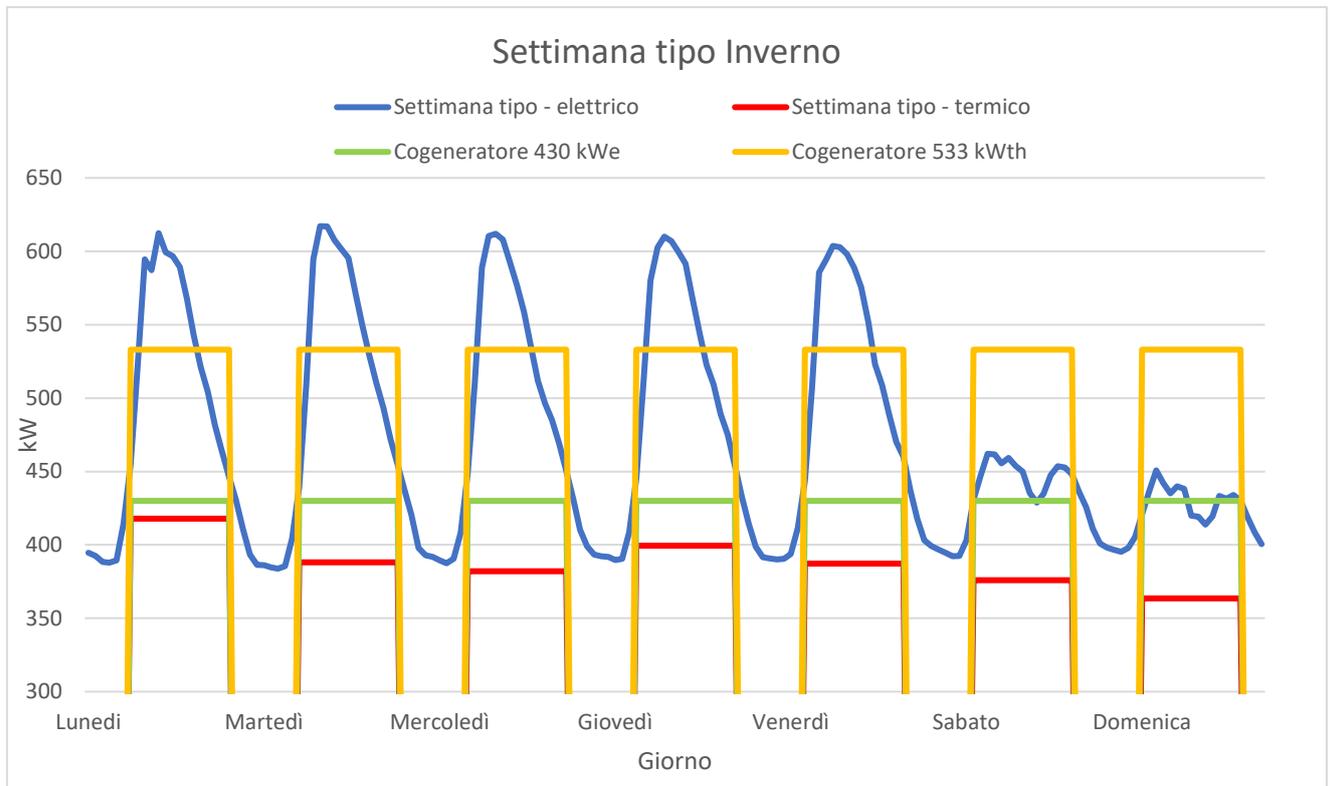


Figura 5.3.2 Potenze nominali del cogeneratore, settimana tipo invernale

Il motore ipotizzato è il E3262 LE 232 fornito da MTM Energia per un dimensionamento di massima, le principali caratteristiche di progetto sono riportate in figura, come estratto dalla scheda tecnica.



Natural Gas Engine E 3262 LE 232

Preliminary Technical Data

		METRIC		
		50 °C		
		50 Hz		
Mixture cooling up to				
Rating Data*				
Air ratio		1,64	1,60	1,56
Load	%	100	75	50
Ignition timing	grad	20	20	20
ISO standard rating	kW	450	337	225
Coolant heat	kW	233	200	165
Mixture heat HT	kW	43	18	1
Mixture heat LT	kW	15	11	9
Exhaust heat up to 120 °C	kW	257	198	140
Radiation heat max.	kW	21	10	6
Energy input	kW	1090	828	583
Fuel Consumption	MJ/kWh	8,7	8,8	9,3
Efficiency*				
mechanical	%	41,3	40,7	38,6
thermal	%	48,9	50,3	52,5
total	%	90,2	91,0	91,1
Mass flows				
Combustion air	kg/h	2200	1631	1120
Fuel	kg/h	79	60	42
Exhaust gas mass flow rate, wet	kg/h	2279	1691	1162
Exhaust gas mass flow rate, dry**	Nm ³ /h	1819	1351	929
Coolant mass flow rate	kg/h	38094		
Mixture cooling water mass flow rate LT	kg/h	2558		
Mixture cooling water mass flow rate HT	kg/h	8458		
Temperatures				
Exhaust gas temp. max. before turboch.	°C	631		
Exhaust gas temp. max. after turboch.	°C	464		
Emissions				
NO _x	mg/Nm ³	< 500	Correlation 5 % O ₂	
CO	mg/Nm ³	< 750	Correlation 5 % O ₂	
HCHO	mg/Nm ³	< 80	Correlation 5 % O ₂	
NMHC	mg/Nm ³	< 50	Correlation 5 % O ₂	
HC	mg/Nm ³	< 850	Correlation 5 % O ₂	

Figura 5.3.3 Estratto della scheda tecnica del motore MAN



Figura 5.3.4 Motore MAN E3262 LE 232

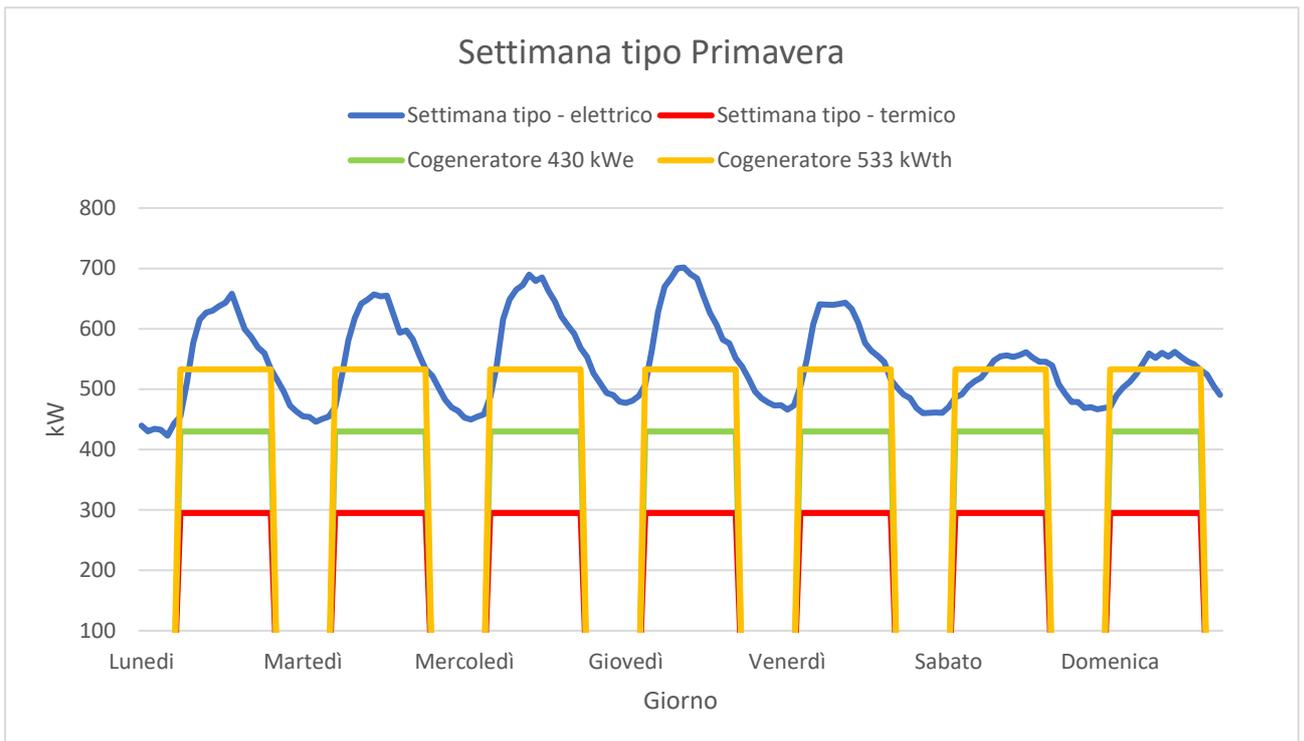


Figura 5.3.5 Potenze nominali del cogeneratore, settimana tipo primaverile

Vengono per completezza anche riportati i grafici relativi a tutte le stagioni di cui si hanno solamente le medie pesate sulle 15 ore giornaliere dei consumi mensili termici registrati in bolletta.

Nel caso primaverile, così come nei successivi, la potenza termica installata è molto superiore al fabbisogno stimato, mentre l'energia elettrica risulta essere 24 ore su 24 al di sotto del reale fabbisogno della struttura.

Per questa ragione nei casi proposti saranno analizzate due soluzioni utili a non disperdere l'energia termica prodotta.

Nella fattispecie nel primo caso studio il cogeneratore sarà in regolazione al 50% nei mesi intermedi e totalmente spento in estate, mentre nel secondo caso l'eccesso di energia termica sarà convertita tramite gli scambiatori del teleriscaldamento.

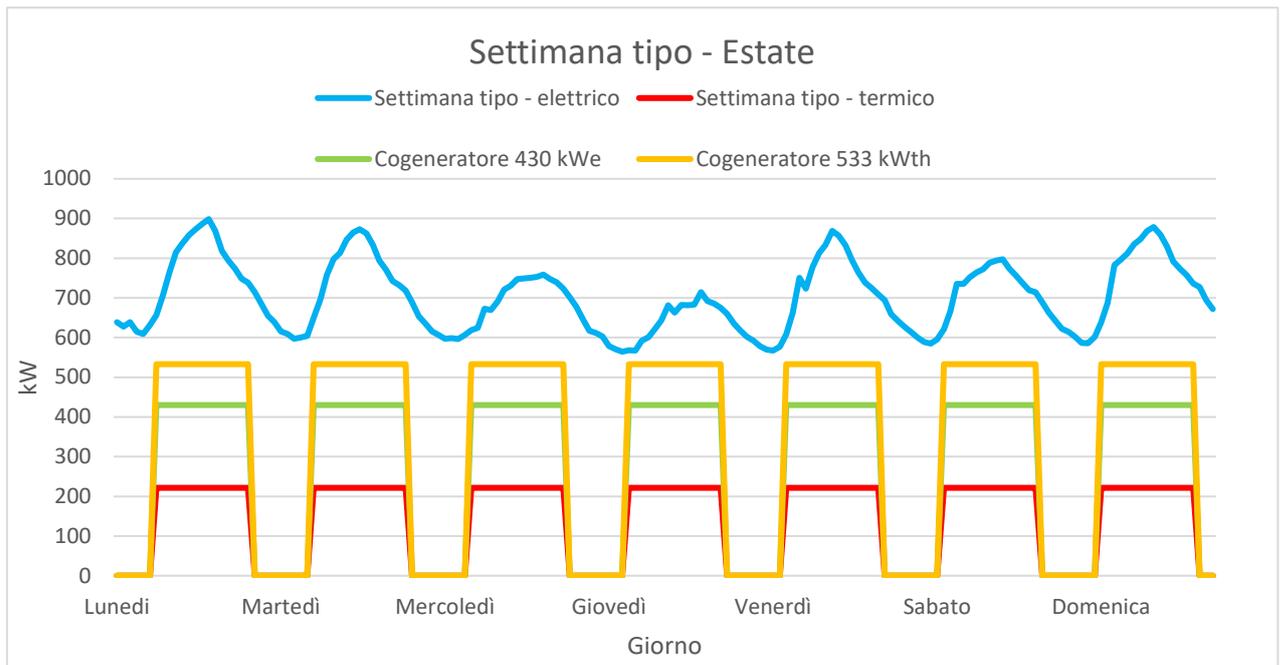


Figura 5.3.7 Potenze nominali del cogeneratore, settimana tipo estiva

L'energia elettrica prodotta dal cogeneratore è di sicuro utilizzo all'interno del plesso ospedaliero poiché costantemente al di sotto della curva della settimana tipo.

Il calore prodotto, tuttavia, eccede in maniera particolarmente significativa il fabbisogno del blocco operatorio. L'ipotesi di Trigenerazione è stata vagliata per poter recuperare questa energia termica tramite una macchina ad assorbimento, ma si sono incontrati due limiti invalicabili: recuperare calore dal vapore non è energeticamente conveniente in questo caso e all'interno dell'ospedale i gruppi frigo sono decentralizzati e di nuova costruzione, posti in isole all'esterno della struttura.

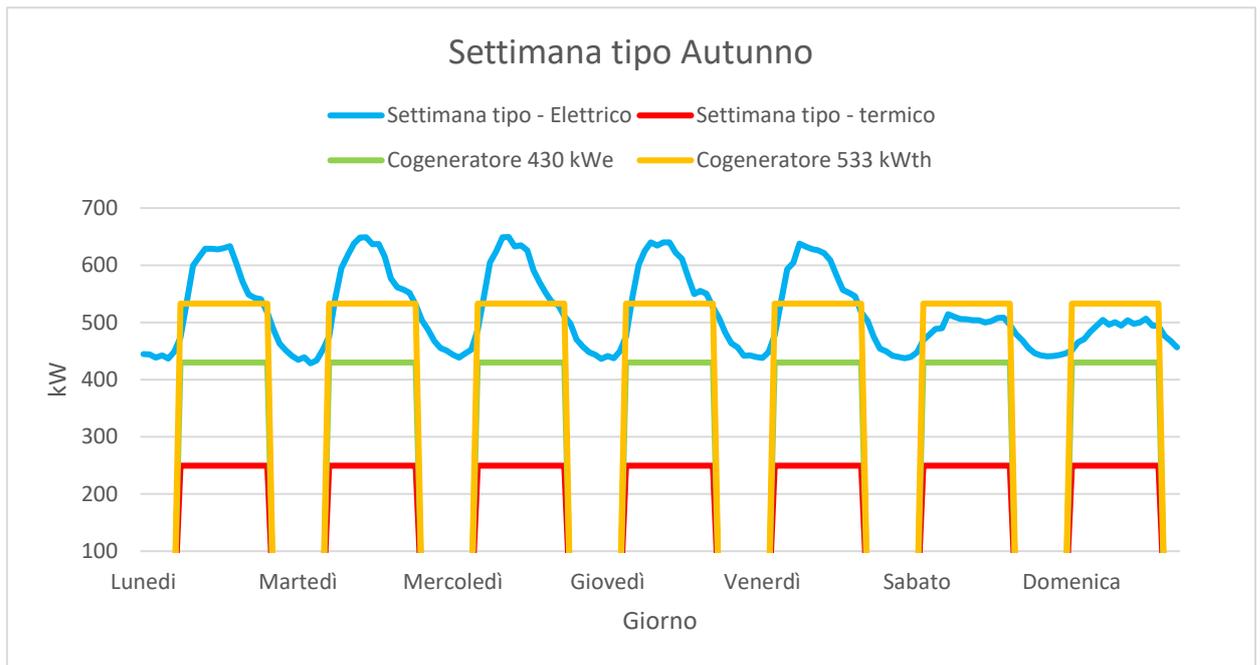


Figura 5.3.7 Potenze nominali del cogeneratore, settimana tipo autunnale

5.3.2 Analisi economica

Determinata la taglia del cogeneratore, si sono analizzati i possibili costi di intervento che tengono conto dell'investimento iniziale, della manutenzione e dei costi energetici.

I due casi studio sono:

- CASO 1: la regolazione viene supposta ad inseguimento termico, per cui il cogeneratore lavorerà quasi al 100% durante i periodi più freddi dell'anno per poi dimezzare le ore di funzionamento nelle mezze stagioni ed essere totalmente spento nei mesi estivi.

In questo caso il calore prodotto, suddiviso in produzione di acqua utile per il riscaldamento e vapore recuperato dai fumi di scarico, dovrà essere quasi totalmente utilizzato, considerando nei casi peggiori una perdita di energia termica del 15 / 20%. L'energia elettrica sarà totalmente auto-consumata dalla rete poiché risulta essere totalmente al di sotto della richiesta totale dell'ospedale.

- CASO 2: la regolazione viene supposta ad inseguimento elettrico; la macchina in questo modo lavorerà quasi costantemente durante il giorno, a carico nominale nel periodo invernale e parziale nei mesi più caldi.

Per poter assicurare però un utilizzo dell'energia termica prodotta, che eccederà le reali necessità del solo blocco operatorio, si dovrà aggiungere uno scambiatore sul motore da collegare alla rete utilizzata dal teleriscaldamento.

Soltanto in questo modo si consentirà un utilizzo totale dell'energia termica prodotta, una parte per scaldare e produrre vapore per il blocco operatorio e una parte ad ausilio degli impianti collegati al teleriscaldamento.

I valori economici dei costi e delle spese sono unici per i due casi di regolazione, che saranno confrontati tra di loro soltanto alla fine.

5.3.2.1 Costo di Investimento

La ditta MTM Energia che ha proposto il cogeneratore della suddetta taglia ha fornito un preventivo di massima di 410.000,00 € per l'installazione comprensiva di:

- Realizzazione di apposita cofanatura insonorizzata
- Sistema di recupero termico acqua motore più intercooler HT (High Temperature)
- Locale quadro comando e controllo
- Caldaia a tubi di fumo per la produzione di vapore dai gas di scarico
- Contatori per l'energia elettrica prodotta e il combustibile utilizzato
- Smantellamento delle vecchie caldaie

In letteratura una valutazione di massima per i costi di installazione ²⁹ di un gruppo cogenerativo risulta essere tra i 700-1000 €/kWel per i motori medio grandi (da 100 kW a 1000 kW) e di 1500 – 2500 €/kWel per le taglie nel range dei 5-100 kW.

Con il confronto dei due valori il costo proposto dalla ditta MTM Energia risulta essere verosimile e viene utilizzato tale nel primo caso e aumentato di 15.000,00 € per i lavori di installazione non inclusi e altrettanti 10.000,00€ nel secondo, ipotizzando dei lavori aggiuntivi per l'allaccio allo scambiatore utilizzato con il teleriscaldamento.

Tabella 5.3.1 Riassunto dei costi di investimento iniziali

	Caso 1	Caso 2
Costo impianto	€ 410.000,00	€ 410.000,00
Costo lavori accessori	€ 15.000,00	€ 25.000,00
TOTALE	€ 425.000,00	€ 435.000,00

²⁹ Dr.Ing. Blasi R., "ENERGIE RINNOVABILI PER LA SALUTE: L'impianto di trigenerazione e sonde geotermiche per l'Ospedale San Giovanni Bosco di Napoli", Università degli Studi di Napoli Federico II;

5.3.2.2 Costi di manutenzione

Esattamente come per l'investimento iniziale, anche in questo caso il venditore ha proposto un valore per i costi di manutenzione che si aggira sui 0.03 €/kWh elettrico.

Questo costo rappresenta la manutenzione ordinaria annuale del cogeneratore, a cui deve essere aggiunta la cosiddetta "Grande Revisione" da effettuare mediamente ogni 60 000 ore di funzionamento dell'impianto. In questo caso il raggiungimento di questo monte ore, con le ipotesi fatte, risulta notevolmente al di fuori del payback time e quindi non di interesse per questo tipo di studio.

5.3.2.3 Costi dell'energia elettrica

Il risparmio monetario derivante dall'autoproduzione di energia elettrica è sicuramente il motivo fondamentale per cui la tecnologia della piccola cogenerazione è sostenibile dal punto di vista economico. Per stimare l'energia elettrica autoprodotta e di conseguenza quella risparmiata si è fatto riferimento alla media dei tre anni, utilizzandolo come modello per gli anni a seguire.

In sostanza sono state supposte delle ore di funzionamento e la potenza del cogeneratore in regolazione per valutare l'energia prodotta e, sottraendo questa ricavata al consumo misurato, si è ricalcolata la bolletta fittizia che si pagherebbe in seguito all'installazione del motore.

Tabella 5.3.2 Calcolo dell'energia da acquistare, caso 1

CASO 1					
Periodo	Pot el media [kW]	Ore al mese [h]	En prodotta [kWh]	En Comprata (Media triennio) [kWh]	En da acquistare [kWh]
gen	430	465	199950	343903,3	143953,3
feb	430	420	180600	312920	132320
mar	430	465	199950	343927	143977
apr	215	450	96750	349818,7	253068,7
mag	215	465	99975	401758	301783
giu	0	0	0	482275	482275
lug	0	0	0	567570,5	567570,5
ago	0	0	0	527770,3	527770,3
set	215	450	96750	421037,4	324287,4
ott	215	465	99975	383219,9	283244,9
nov	430	450	193500	352014	158514
dic	430	465	199950	344024,7	144074,7
TOTALE		4095	1367400		

Tabella 5.3.3 Calcolo dell'energia da acquistare, caso 2

CASO 2					
Periodo	Pot el media [kW]	Ore al mese [h]	En prodotta [kWh]	En Comprata (Media triennio) [kWh]	En Da comprare [kWh]
gen	430	465	199950	343903,3	143953,3
feb	430	420	180600	312920	132320
mar	430	465	199950	343927	143977
apr	430	450	193500	349818,7	156318,7
mag	430	465	199950	401758	201808
giu	430	450	193500	482275	288775
lug	430	465	199950	567570,5	367620,5
ago	430	465	199950	527770,3	327820,3
set	430	450	193500	421037,4	227537,4
ott	430	465	199950	383219,9	183269,9
nov	430	450	193500	352014	158514
dic	430	465	199950	344024,7	144074,7
TOTALE		5475	2354250		

Per valutare il costo dell'energia elettrica da ottenere dalla rete si è fatto riferimento a un dato dei più aggiornati dell'ARERA sui prezzi finali per clienti non domestici alimentati in alta tensione. In particolare, è stato utilizzato un prezzo relativo al solo approvvigionamento energetico pari a 68,50 €/ MWh per il 2017.

La restante parte dei costi che comprendono il trasporto, la distribuzione, la misurazione, gli oneri di sistema, è stata calcolata con le tariffe stabilite dall'Autorità per l'anno 2017.

La scelta di operare ³⁰ in questo modo ricade sul fatto che l'unica componente della bolletta elettrica su cui si possono avere speculazioni di mercato è la componente energia. Per utenze non domestiche vi è infatti l'obbligo di aderire al mercato libero dell'energia elettrica, dove le offerte sulla componente energia della bolletta cambiano in base all'operatore. Perciò si è scelto di prendere il prezzo medio per utenze simili per la sola componente di approvvigionamento e di calcolare il resto, per una precisione maggiore.

Vengono riportate nella tabella i valori delle componenti di prezzo:

Tabella 5.3.4 Componenti fisse della bolletta elettrica, valori 2017

TRASPORTO		
Quota energia -Tras _E	0,066	c€/kWh
Quota fissa - Tras _P	1924,15	c€/kW/anno
DISTRIBUZIONE		
quota fissa	1975469,01	c€/pod/anno
quota potenza	0	c€/kWh/anno
quota energia	0,02	c€/kWh
MISURAZIONE		
Quota fissa MIS ₁	95637,66	c€/pod/anno
ONERI GENERALI DI SISTEMA		
A2	0,024	c€/pod/anno
	0,01	c€/kWh
A3	0	c€/pod/anno
	0,333	c€/kWh
A4	0,0182	c€/kWh
A5	371,85	c€/pod/anno
	0,059	c€/kWh
AS	13384,27	c€/kWh
AE	4,787	c€/kWh
UC3	0,08	c€/kWh

³⁰ Da "ottimizzazione energetico-economica di un impianto di cogenerazione a servizio di un ospedale tramite simulazione dinamica" di Calogero Andrea Savaia, relatore prof. Marco Carlo Masoero

UC4	366,68	c€/kWh
UC6	0,014	c€/kWh
UC7	0,04	c€/kWh
MCT	0,301	c€/kWh

Il totale di energia elettrica da acquistare dalla rete nei due casi risulta esser quindi:

Tabella 5.3.5 Costo dell'energia elettrica da acquistare

Energia elettrica da acquistare [€]	CASO 1	CASO 2
gen	€ 24.295,69	€ 24.295,69
feb	€ 22.332,28	€ 22.332,28
mar	€ 24.641,43	€ 24.299,69
apr	€ 42.387,90	€ 26.382,66
mag	€ 50.312,49	€ 34.049,08
giu	€ 79.673,99	€ 48.196,42
lug	€ 93.549,42	€ 61.022,59
ago	€ 87.074,93	€ 54.548,10
set	€ 53.973,39	€ 38.402,58
ott	€ 47.296,81	€ 30.931,34
nov	€ 26.753,17	€ 26.753,17
dic	€ 24.316,18	€ 24.316,18
TOTALE	€ 576.607,67	€ 415.529,77

La componente accisa presente nelle bollette elettriche deve essere applicata anche all'energia auto consumata; i prezzi per l'utenza, definiti dall'autorità sono fornite in tabella e calcolate mese per mese.

Tabella 5.3.6 Prezzi delle accise, 2017

ACCISA		
Forniture fino a 1 200 000 kWh/mese		
Primi 200 000 kWh /mese	1,25	c€/kWh
Oltre i 200 000 kWh/mese	0,75	c€/kWh

Quindi per i due casi risulta essere:

Tabella 5.3.7 Accise calcolate nei due casi

ACCISA	CASO 1	CASO 2
gen	€ 2.499,37	€ 2.499,38
feb	€ 2.257,50	€ 2.257,50
mar	€ 2.499,37	€ 2.499,38
apr	€ 1.209,37	€ 2.418,75
mag	€ 1.249,68	€ 2.499,38
giu	€ 0	€ 2.418,75
lug	€ 0	€ 2.499,38
ago	€ 0	€ 2.499,38
set	€ 1.209,37	€ 2.418,75
ott	€ 1.249,68	€ 2.499,38
nov	€ 2.418,75	€ 2.418,75
dic	€ 2.499,37	€ 2.499,38
TOTALE	€ 17.092,50	€ 29.428,13

5.3.2.4 Costo dell'energia termica

Per valutare la spesa del gas di alimento, ante e post installazione del cogeneratore, si è adottato un metodo simile a quello utilizzato per l'energia elettrica. Il gas metano con il cogeneratore servirà sia alla produzione di energia termica che di energia elettrica e pertanto sarà verosimilmente una spesa più alta rispetto alla produzione separata.

La potenza della macchina e le ore di funzionamento sono direttamente ricavabili dalle ipotesi fatte per la produzione di energia elettrica e gli Standard metri cubi necessari al funzionamento sono stati calcolati come:

$$\dot{Q} = \frac{En_{th}}{\eta_{th,CHP} \cdot PCI_{gas}} \quad [Sm^3]$$

Con

- $En_{th} [kWh]$: Energia termica necessaria al funzionamento
- $\eta_{th,CHP}$: rendimento termico del cogeneratore
- $PCI_{gas} \left[\frac{kWh}{Sm^3} \right]$: Potere calorifico inferiore del gas metano, posto uguale a $9.58 \frac{kWh}{Sm^3}$

In questo caso l'anno di riferimento per i consumi termici è il 2017 poiché i dati degli anni precedenti non risultano essere attendibili.

Tabella 5.3.8 Spesa di gas metano post cogenerazione, Caso 1

CASO 1					
Periodo	Pot th media [kW]	Ore al mese [h]	En prodotta [kWh]	Sm ³ necessari	Spesa [€]
gen	533	465	247845	55695	€ 24.002,80
feb	533	420	223860	50305	€ 32.808,83
mar	533	465	247845	55695	€ 23.202,19
apr	266	450	119700	26899	€ 11.198,50
mag	266	465	123690	27795	€ 9.801,61
giu	0	0	0	0	€ 0,00
lug	0	0	0	0	€ 0,00
ago	0	0	0	0	€ 0,00
set	266	450	119700	26899	€ 19.838,97
ott	266	465	123690	27795	€ 10.633,39
nov	533	450	239850	53898	€ 20.299,31
dic	533	465	247845	55695	€ 20.115,08
TOTALE		4095	1694025	380677	€ 171.900,68

Tabella 5.3.9 Spesa di gas metano post cogenerazione, Caso 2

CASO 2					
Periodo	Pot th media [kW]	Ore al mese [h]	En prodotta [kWh]	Sm ³ necessari	Spesa
gen	533	465	247845	52852	€ 22.777,51
feb	533	420	223860	47737	€ 31.134,01
mar	533	465	247845	52852	€ 22.017,76
apr	533	450	239850	51147	€ 21.293,63
mag	533	465	247845	52852	€ 18.637,48
giu	533	450	239850	51147	€ 18.307,05
lug	533	465	247845	52852	€ 39.157,74
ago	533	465	247845	52852	€ 39.142,06
set	533	450	239850	51147	€ 37.723,22
ott	533	465	247845	52852	€ 20.219,09
nov	533	450	239850	51147	€ 19.263,07
dic	533	465	247845	52852	€ 19.088,24
TOTALE		5475	2918175	622289	€ 308.760,85

Anche in questo caso sono stati utilizzati i prezzi medi per utenze non domestiche dell'ARERA riferite all'anno 2017 che sono comprensivi dell'approvvigionamento, delle componenti di trasporto e degli oneri di sistema.

Il prezzo medio di acquisto al netto delle imposte è di 0.2495 €/ Sm³; per quanto riguarda le accise, invece, la legge n.44 del 2012 ³¹ stabilisce che vi sia una quota di gas naturale defiscalizzato per gli impianti di cogenerazione, a prescindere dalla qualifica CAR. La quota di gas soggetto a defiscalizzazione è pari a 0,22 m³/kWhel con prezzo di accisa diversificato a seconda delle percentuali di vendita e consumo. La restante parte di gas naturale è sottoposta ad accisa per usi industriali.

Tabella 5.3.10 Riassunto dei valori delle accise per il gas naturale

ACCISA		
Quota Alto Rendimento elettrico 0,22 m ³ /kWh		
Tariffa sulla vendita	0,0004493	€/Sm ³
Tariffa sull'autoconsumo	0,00013479	€/Sm ³
Quota rimanente		
Cogeneratori + caldaie	0,012498	€/Sm ³

Le spese all'anno relative ai due casi risultano essere quindi:

Tabella 5.3.11 Tabella riassuntiva dei costi per le accise all'anno nei due casi

	CASO 1		CASO 2	
	Sm ³	€	Sm ³	€
Quota defiscalizzata	300828	€ 40,55	517935	€ 69,81
Quota non defiscalizzata	79849	€ 997,95	104354	€ 997,95
TOTALE all'anno	380677	€ 1.038,50	622288,84	€ 1.067,76

³¹ DECRETO LEGGE. 2 marzo 2012, n. 16 Disposizioni urgenti in materia di semplificazioni tributarie, di efficientamento e potenziamento delle procedure di accertamento.

5.3.2.5 Analisi economica

Per effettuare l'analisi economica delle due soluzioni proposte si è utilizzato il metodo dei flussi di cassa attualizzati (Discounted Cash Flow Method) e quindi del VAN (Valore Attuale Netto). Vengono definiti i flussi di cassa riassuntivi, entranti e uscenti:

Tabella 5.3.12 Flussi di cassa per la valutazione economica

CASO 1	
Flussi Uscenti	Flussi entranti
Costo d'investimento	Risparmio Acquisto Energia elettrica
Costo manutenzione del cogeneratore	
Acquisto Energia elettrica	
Acquisto Gas Naturale	
CASO 2	
Flussi Uscenti	Flussi entranti
Costo d'investimento	Risparmio Acquisto Energia elettrica
Costo manutenzione del cogeneratore	Risparmio Acquisto da Teleriscaldamento
Acquisto Energia elettrica	
Acquisto Gas Naturale	

I flussi di cassa portano con sé inevitabilmente un margine d'errore dovuto sostanzialmente alle stime dei costi di investimento iniziale, all'utilizzo delle sole bollette dell'anno 2017 per il calcolo e in particolar modo alle oscillazioni non prevedibili del costo dell'energia elettrica e del gas metano.

In questa valutazione è stata utilizzata la differenza positiva tra i due flussi di cassa come costante nel corso degli anni, così come lo è stata per il 2017.

Il parametro utilizzato per conoscere i tempi di ritorno degli investimenti è il VAN, Valore Attuale Netto (Net Present Value) che, in ambito finanziario, è la somma dei flussi di cassa originati da un progetto, attualizzati ad un tasso di sconto in un arco di tempo definito.

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{(1+k)^i} - I$$

Dove:

- I : il costo d'investimento iniziale
- G_i : flusso di cassa netto riferito all' i -esimo periodo
- k : il tasso d'attualizzazione;
- n : periodo di fine vita utile dell'investimento.

Per valutare il tasso di attualizzazione k si fa riferimento al calcolo del costo medio ponderato del capitale WACC (Weighted Average Cost of Capital) che rappresenta la media ponderata dei costi del capitale di rischio e quello di debito;

È calcolato come:

$$WACC = K_d(1 - t) \cdot \frac{D}{D + E} + K_e \cdot \frac{E}{D + E}$$

Dove:

- D (Debt): quota di capitale investito presa in prestito;
- E (Equity): capitale proprio investito;
- K_d : costo del capitale di debito, calcolato come somma dello spread (5% attualmente)
- t : l'aliquota fiscale non considerata durante la trattazione;
- K_e : il costo del capitale di rischio.

I valori di D ed E dipendono dal piano economico dell'azienda e, in assenza di tali informazioni, sono stati ipotizzati valori di D ed E pari al 50%.

K_d è stato calcolato come la somma dello spread (posto ragionevolmente al 5%³²) e dell'Euro Interest Rate Swap. In particolare, per tale valore sono stati considerati i tassi storici³³ ed è stata effettuata una media tra i valori di IRS a 20 anni del 2017 e 2018. Il valore ottenuto è 1.20%. K_d risulta dunque pari a 6.20%.

³² Savaia C. A., "Ottimizzazione energetico-economica di un impianto di cogenerazione a servizio di un ospedale tramite simulazione dinamica", Politecnico di Torino, 2018;

³³ www.euribor.it

Per il calcolo di K_e si fa riferimento alla seguente formula:

$$K_e = R_f + \beta(R_m - R_f) \quad (4.6)$$

Dove:

- R_f : tasso d'interesse privo di rischio o *Risk free*;
- β : fattore di sensitività del rendimento atteso sul rendimento di mercato;
- $(R_m - R_f)$: tasso d'interesse premio atteso dal mercato azionario rispetto a quello in titoli di debito privi di rischio, noto con l'acronimo ERP.

Per R_f è stata fatta una media tra i tassi B.T.P a 10 anni³⁴ del 2016 e del 2017. Il valore ottenuto è 1.77%. Per il valore di β è stato supposto un valore unitario mentre per l'ERP è stato considerato un valore medio tra i valori del 2016³⁵ e 2017³⁶. Il valore assunto per l'ERP è 6%.

Si ottiene un valore di K_e pari a 7,7%. Dalla formula (4.5) si ottiene un **WACC pari a 6,99%**.

Vengono mostrati nelle seguenti tabelle e grafici i risultati della valutazione economica per i due casi e l'andamento del VAN nell'arco di 12 anni.

³⁴ Ministero dell'economia e delle finanze- dipartimento del Tesoro;

³⁵ Fernandez P. , Pershin V. , Ancin I. F., "Market Risk Premium used in 71 countries in 2016: a survey with 6.932 answer", IESE Business School, University of Navarra;

³⁶ Fernandez P. , Pershin V. , Ancin I. F., "Discount Rate (Risk –Free Rate and Market Risk Premium) used for 41 countries in 2017: a survey", IESE Business School, University of Navarra.

CASO 1 – Inseguimento Termico

Tabella 5.3.13 Flussi di cassa per il caso 1

CASO 1	
Costo impianto	410.000,00 €
Costo lavori accessori	15.000,00 €
COSTO Investimento	425.000,00 €

CASO 1	
ANTE Cogenerazione	
Costo Energia Elettrica annuo	850.501,20 €
Costo Energia Termica annuo	101.615,30 €
POST Cogenerazione	
Acquisto Energia elettrica annuo	588.174,33 €
Acquisto Gas Naturale annuo	196.588,01 €
Costi di manutenzione annui	41.022,00 €
Accise annue Energia elettrica	17.092,50 €
Accise annue Gas metano	1.038,50 €

Flusso di cassa annuo TOT	108.201,17 €
----------------------------------	---------------------

Tabella 5.3.14 Valore attuale netto calcolato negli anni, caso 1

Anni	VAN
0	-425.000,00 €
1	-326.635,30 €
2	-237.212,84 €
3	-155.919,70 €
4	-82.016,84 €
5	-14.832,43 €
6	46.244,31 €
7	101.768,62 €
8	152.245,27 €
9	198.133,13 €
10	239.849,36 €
11	277.773,21 €
12	312.249,44 €

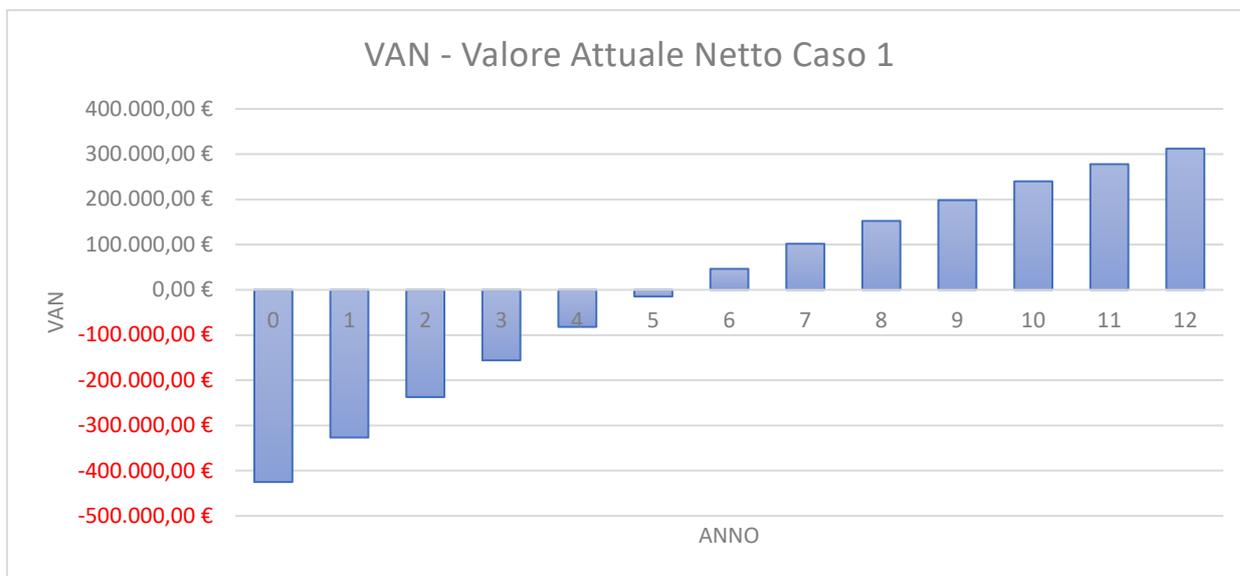


Figura 5.3.8 Andamento del VAN negli anni, caso1

CASO 2 – Inseguimento elettrico

Tabella 5.3.15 Flussi di cassa per il caso 2

CASO 2	
Costo impianto	410.000,00 €
Costo lavori accessori	15.000,00 €
COSTO Investimento	425.000,00 €

CASO 2	
ANTE Cogenerazione	
Costo Energia Elettrica annuo	850.501,20 €
Costo Energia Termica annuo	101.615,30 €
POST Cogenerazione	
Acquisto Energia elettrica annuo	427.096,43 €
Acquisto Gas Naturale annuo	308.760,85 €
Costi di manutenzione annui	70.627,50 €
Accise annue Energia elettrica	29.428,13 €
Accise annue Gas metano	1.067,76 €
Risparmio annuo TLR	-97.325,44 €

Flusso di cassa annuo TOT	212.461,27 €
----------------------------------	---------------------

Tabella 5.3.16 Valore attuale netto calcolato negli anni, caso 2

Anni	VAN
0	-435.000,00 €
1	-241.853,39 €
2	-66.265,56 €
3	93.359,73 €
4	238.473,64 €
5	370.395,37 €
6	490.324,22 €
7	599.350,45 €
8	698.465,20 €
9	788.569,52 €
10	870.482,54 €
11	944.948,92 €
12	1.012.645,62 €

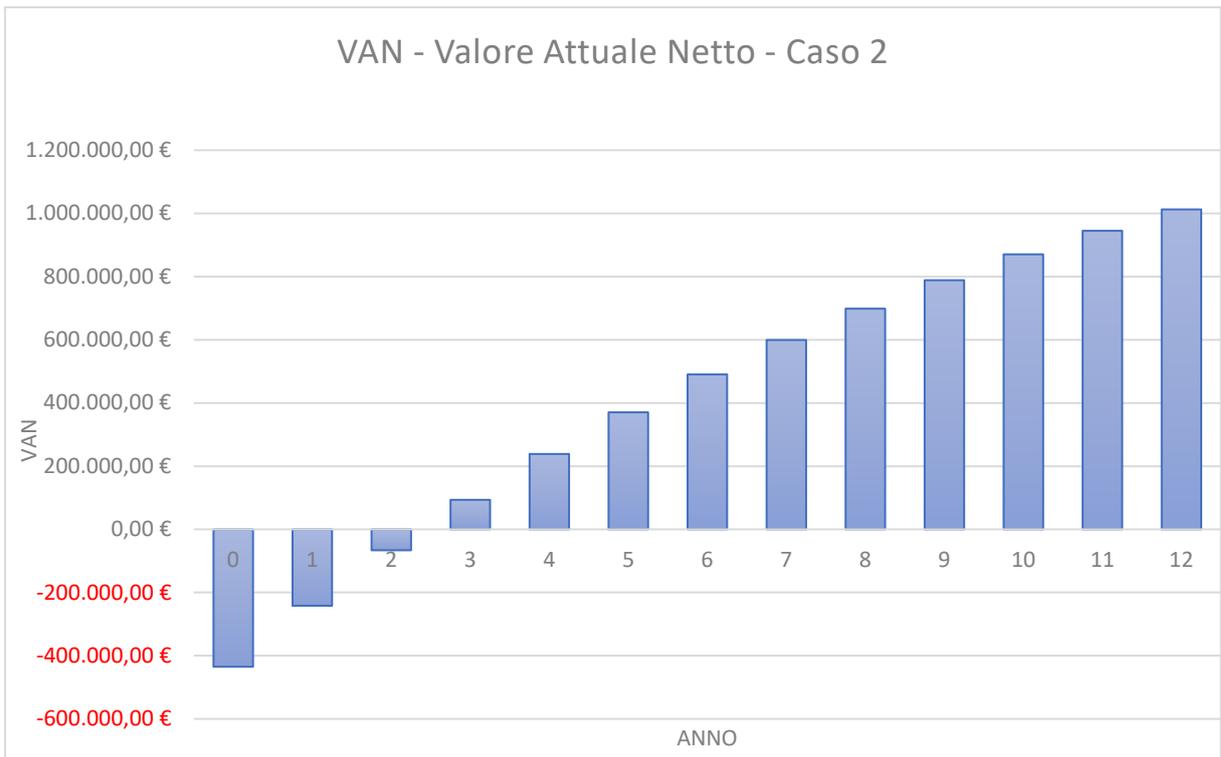


Figura 5.3.9 Andamento del VAN negli anni, caso 2

Viene riportato ora il confronto tra gli andamenti del VAN per i due casi presi in esame:

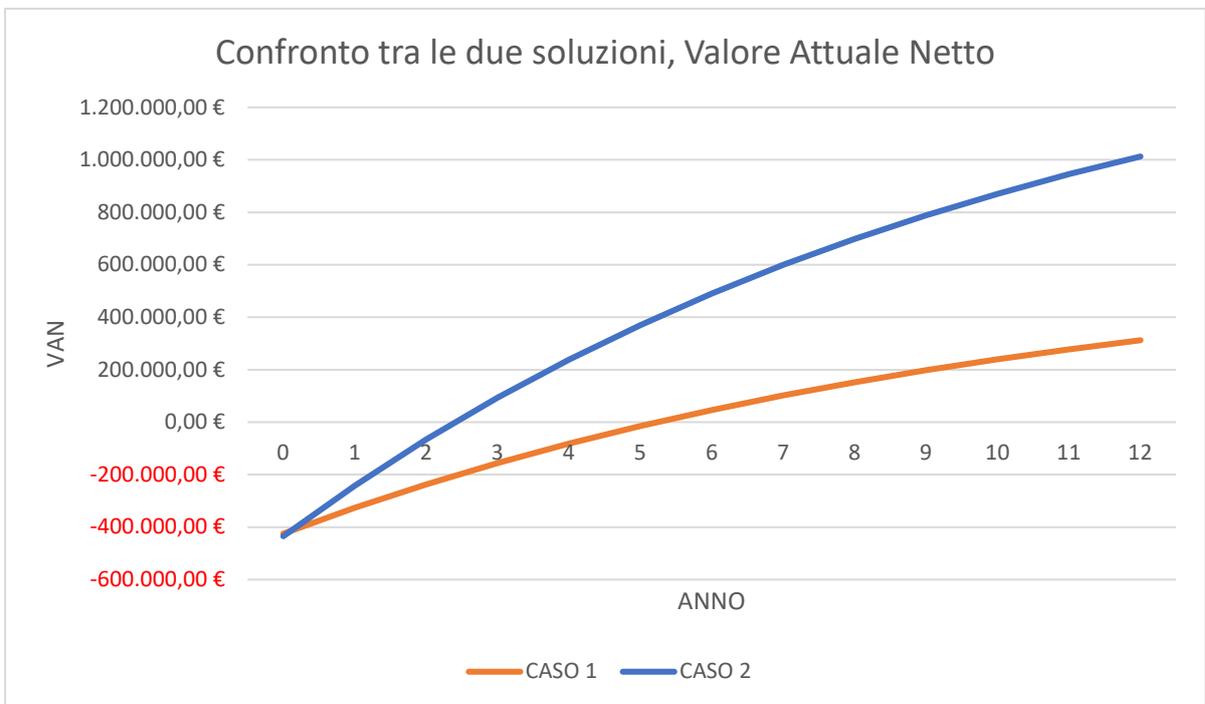


Figura 5.3.10 Confronto tra i due casi

5.3.3 Payback Period e valutazioni finali

Utilizzando il metodo del VAN risulta immediato ricavare il payback period, dopo la quale viene ripagato completamente l'investimento iniziale.

Nel caso 1 risulta infatti essere di circa 5.2 anni, mentre nel secondo caso è circa 2.8 anni. Il caso numero 2 sarà quello che permetterà un rientro dell'investimento più rapido.

Questo risultato risulta essere in linea con le aspettative, poiché nel caso 1 con inseguimento termico, il motore funziona in regolazione e per solamente **4095** ore all'anno, da ipotesi. In questo modo risulta più lungo recuperare capitale con l'autoconsumo di energia elettrica poiché prodotta in minor quantità.

Nel secondo caso invece il tempo di ritorno risulta essere ragionevole per due ragioni sostanziali: le ore di funzionamento in inseguimento elettrico risultano essere più alte, circa **5475**, con un maggiore recupero sull'energia elettrica, ma soprattutto dal risparmio che si potrebbe ricavare dal teleriscaldamento, valutato intorno ai 90.000 / 100.000 euro l'anno.

La seconda opzione risulterebbe essere quindi la più favorevole, ma l'ipotesi di allaccio agli scambiatori del teleriscaldamento necessita di verifiche tecniche più precise, e soprattutto di verifiche dal punto di vista ambientale e in termini di energia primaria.

Con questa soluzione, infatti, vi è un risparmio dal punto di vista economico, ma a livello generale vi sarebbe un maggiore utilizzo di energia primaria rispetto al teleriscaldamento e sicuramente una percentuale di emissioni non previste.

Emissions			
NO _x	mg/Nm ³	< 500	Correlation 5 % O ₂
CO	mg/Nm ³	< 750	Correlation 5 % O ₂
HCHO	mg/Nm ³	< 60	Correlation 5 % O ₂
NMHC	mg/Nm ³	< 50	Correlation 5 % O ₂
HC	mg/Nm ³	< 850	Correlation 5 % O ₂

Figura 5.3.11 Emissioni percentuali del cogeneratore, da scheda tecnica

In entrambi i casi inoltre si può valutare un ulteriore risparmio nel corso degli anni che riguarda lo smantellamento di due delle tre caldaie presenti, in ottica di risparmio economico per quanto riguarda la manutenzione e il controllo annuale a freddo dei generatori. Questo flusso di cassa non è stato considerato nei calcoli precedenti poiché non si conosce un preventivo realistico per lo smantellamento e in particolar modo a quanto potrebbe ammontare il totale della mancata manutenzione; in questo senso le ipotesi fatte sono conservative.

La proposta della cogenerazione risulta essere quindi realizzabile e conveniente all'interno del presidio Martini, ma questo studio di fattibilità preventivo non è privo di ipotesi che in fase successiva dovrebbero essere rivalutate.

Nodo cruciale per un corretto dimensionamento sicuramente riguarderebbe l'utilizzo di misuratori e contatori per valutare con precisione oraria l'utilizzo del vapore e delle caldaie, poiché una simulazione su più ore di funzionamento risulterebbe più realistica. Per quanto riguarda l'energia elettrica, la dipendenza dalle oscillazioni di mercato per l'acquisto incidono sullo studio, ma, restando sulla taglia proposta, tutta l'energia elettrica autoprodotta può essere utilizzata.

Nel calcolo non sono stati inseriti all'interno dei flussi di cassa la vendita dell'energia elettrica, che da ipotesi è totalmente utilizzata, né i possibili guadagni dovuti dall'acquisto di titoli di efficienza energetica, per cui sarebbe necessario un contatto più preciso con una ESCO (Energy Service Company).

5.4 Installazione di VSD sugli ausiliari di pompaggio

Viene ora sviluppata un'ipotesi di calcolo con i dati disponibili sui guadagni ottenibili dalla sostituzione di circolatori vetusti con nuovi a tecnologia con Inverter.

Come esposto nel capitolo 4.1.4.6 non esiste un computo effettivo dei circolatori all'interno dell'ospedale e pertanto è stato fatto un censimento sugli ausiliari accessibili, riportando i dati di targa di ognuno. Il risultato ottenuto è che circa il 60% di questi non utilizza inverter per la regolazione, ma solamente sistemi di "on-off".

Le regolazioni a velocità variabile tramite VSD (Variable speed Drive), infatti, pur avendo dei costi di investimento più alti rispetto ad altre soluzioni, permettono di regolare l'output della pompa sulle richieste delle utenze, ottimizzando l'efficienza energetica.

Alcune sostituzioni sono già in atto all'interno della struttura, ma con questo studio preliminare vengono valutati i risparmi attendibili con questo tipo di intervento.

I vantaggi ottenibili adottando la regolazione con inverter risultano essere:

- Semplificazione impiantistica
- Semplicità di regolazione
- Riduzione della manutenzione
- Riduzione del rumore
- Elevate performance

Gli inverter hanno tuttavia un costo al kW ³⁷variabile in funzione della taglia della macchina, costi che possono variare da 600 €/kW per le taglie piccole fino a circa 120 €/kW per potenze maggiori di 10 kW.

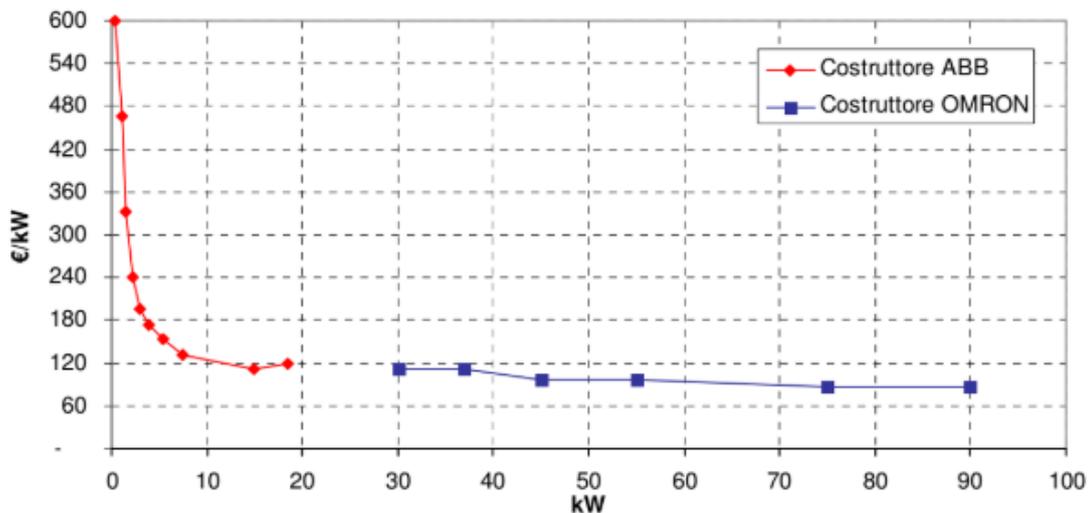


Figura 5.4.1 Curva dei costi in funzione della taglia dell'inverter

Non avendo a disposizione i dati relativi alle prevalenze e soprattutto alle ore di funzionamento delle pompe si è ipotizzato un calcolo per comprendere meglio quali possono essere i vantaggi ottenibili in termini energetici ed economici.

³⁷ "Motori elettrici e variatori di velocità ad alta efficienza", ENEA

La media delle potenze dei circolatori censiti è tra 1,5 kW e 6 kW, e si è deciso di calcolare una pompa di potenza media di 3 kW. Si è supposto un utilizzo di 3000 ore all'anno della pompa, che con l'utilizzo dell'inverter verranno suddivise in 500 ore all'anno a potenza massima, 1000 ore al 75% di potenza e le restanti 1500 al 50% di potenza.

In altri studi questa suddivisione si è verificata essere realistica.³⁸

Tabella 4.5.1 Risultati simulazione con Inverter

Regolazione con INVERTER	Ore [h/anno]	Ore percentuali	Fatt di Potenza	Pot erogata rispetto alla nominale [%]	En [kWh]
Regime 1	500	17%	75%	90%	1012,5
Regime 2	1000	33%	50%	75%	1125
Regime 3	1500	50%	20%	50%	450
TOTALE	3000				2587,5

Anche il fattore di potenza è stato ricavato da dati tabellati, poiché non disponibili i dati di portata e prevalenza.

Tabella 4.5.2 Risultati confronto regolazione on-off con regolazione Inverter

Soluzione con INVERTER		
Potenza [kW]	3	
Costo in elettrica	0,068	€/kWh
Costo inverter	1050	€
Rendimento inverter	95%	
En assorbita on/off	8100	kWh
En assorbita inverter	2723,68	kWh
Differenza En assorbita	5376,32	kWh
Risparmio medio annuo	365,59	€

Con queste ipotesi, e con il costo dell'energia elettrica medio utilizzato nel dimensionamento del cogeneratore risulta per la sola pompa da 3 kW un risparmio di 365€ l'anno, a fronte di un investimento di 1050€.

I tempi di ritorno dell'investimento risultano essere di circa 5 anni per questo caso, ma si arriva fino a 7 con i circolatori da 1 kW;

Il risparmio risulta essere consistente in ottica futura, ma l'investimento iniziale non giustifica un rientro economico su scala breve.

³⁸ "Pompe e ventilatori, regolazioni e LCC" da FIRE, Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia

Conclusioni

Il lavoro svolto in collaborazione con l'ASL Città di Torino ha evidenziato alcune carenze dal punto di vista organizzativo. All'interno della struttura vi è infatti un grande interesse verso il tema dell'efficientamento energetico, ma allo stesso tempo vi è una mancanza di dati e informazioni organizzate sulla gestione dell'energia, sugli impianti, sulla bollettazione e sui consumi. Un'altra tesi sviluppata sullo stesso presidio ospedaliero ha infatti analizzato l'implementazione di un sistema di gestione dell'energia che permetta un modello di approccio più snello e semplificato.

L'utilizzo, infatti, di misuratori o di contatori potrebbero sicuramente offrire una analisi più precisa della suddivisione dei consumi elettrici e termici fatta nel capitolo 4 anche se le ripartizioni calcolate risultano essere comunque risultati attendibili e realistici.

Sono emersi alcuni dubbi sulla gestione del teleriscaldamento, sia alla luce delle analisi giornaliere e settimanali del profilo di carico, sia ponendo a confronto i carpet plot dei consumi orari con quelli relativi all'energia elettrica. Le differenze tra feriali e festivi sono infatti notevoli considerando il lato elettrico, ma sono quasi inesistenti dal punto di vista termico. In seguito a sopralluoghi tecnici, questa versione è stata infatti confermata poiché gli impianti di riscaldamento sono accesi costantemente, anche in assenza di utenza nei giorni festivi.

L'azienda punta molto sullo sviluppo della rete allacciata al teleriscaldamento, ma allo stesso tempo la grande mole di utenze collegate necessita di un controllo più rigoroso per evitare sprechi e permettere di risparmiare su questa fonte.

Alla luce di questo, la gestione dell'ospedale Martini risulta comunque essere nella media, tra le strutture sanitarie regionali, ed essendo a contatto con la direzione sanitaria si è in ogni caso notato un interesse al miglioramento.

L'azienda ha infatti già optato per alcuni interventi di efficientamento energetico per la struttura quali:

- Installazione di pannelli fotovoltaici
- Sostituzione di lampade obsolete a fluorescenza con nuove e tecnologia a LED
- Sostituzione dei serramenti mono-vetro con finestre con telaio in acciaio e vetrocamera
- Sostituzione dei gruppi frigoriferi vetusti

La proposta di cogenerazione presentata risulterebbe essere un ottimo investimento in ottica di risparmio energetico, con un tempo di ritorno più rapido sfruttando l'inseguimento elettrico della macchina. Lo studio preliminare ha evidenziato tuttavia alcuni limiti per via dei pochi dati reperibili, per cui sarebbe opportuno uno studio approfondito dei profili di carico termico ed elettrico. Allo stesso tempo viene fatto presente che inevitabilmente si dovrà agire diminuendo la richiesta di energia termica dal teleriscaldamento, andando contro quella che si è dimostrata essere in questi ultimi anni la politica della direzione sanitaria.

L'installazione di inverter negli organi circolatori è risultato essere un intervento con tempi di ritorno medio lunghi ma che permetterebbe allo stesso tempo un discreto risparmio energetico. Questo può pertanto considerarsi un intervento importante ma non prioritario.

BIBLIOGRAFIA

Riferimenti legislativi e normativi

- [1] *Decreto del Presidente della Repubblica del 14 gennaio 1997 - Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento alle regioni e alle province autonome di Trento e Bolzano, in materia di requisiti strutturali, tecnologici ed organizzativi minimi per l'esercizio delle attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private.*
- [2] *Decreto del Presidente della Repubblica numero 412 del 26 agosto 1993 - Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici negli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia.*
- [3] *Circolare Ministero dei Lavori Pubblici del 22 novembre 1974, numero 13011- Requisiti fisico-tecnici per le costruzioni edilizie ospedaliere. Proprietà termiche, igrometriche, di ventilazione e di illuminazione.*
- [4] *UNI CEI/TR 11428:2011-Gestione dell'energia. Diagnosi energetiche. Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica.*
- [5] *UNI EN 16247-1:2012 Energy Audits - Part 1: General Requirements.*
- [6] *UNI EN 16247-2:2014 Energy Audits - Part 2: Buildings.*
- [7] *UNI/TS 11300-1:2008-Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.*
- [8] *UNI/TS 11300-2:2008-Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.*
- [9] *UNI/TS 11300-3:2010-Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.*
- [10] *UNI CEI EN ISO 50001:2011- Sistemi di gestione dell'energia. Requisiti e linee guida per l'uso.*
- [11] *UNI 10339:1995-Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.*
- [12] *UNI 11425:2011-Impianto di ventilazione e condizionamento a contaminazione controllata per il blocco operatorio.*
- [13] *UNI EN 12464-1:2011- Luce e illuminazione. Illuminazione nei posti di lavoro. Parte 1: Posti di lavoro interni.*
- [14] *UNI EN 12464-2:2011- Luce e illuminazione. Illuminazione nei posti di lavoro. Parte 2: Posti di lavoro in esterno.*
- [15] *Decreto Legislativo 4 luglio 2014, n.102. 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.*
- [16] *UNI EN 15232-1:2017 Prestazione energetica degli edifici - Parte 1: Impatto dell'automazione, del controllo e della gestione tecnica degli edifici.*
- [17] *Deliberazione del consiglio regionale N° 616 - 3149: requisiti strutturali, tecnologici ed organizzativi minimi per l'autorizzazione all'esercizio delle Attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private, 2000.*
- [18] *ASHRAE 170-2017-Ventilation of Health Care Facilities.*

Documentazione specialistica

- [19] ENEA, «Elementi su come elaborare la documentazione necessaria al rispetto degli obblighi previsti nell'art. 8 del decreto legislativo 102/2014 in tema di diagnosi energetica».
- [20] P. Conti *et al.*, «Definizione di una metodologia per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario», ENEA, RdS/2011/143, set. 2011.
- [21] ARESS, «Linee guida per l'efficienza energetica del sistema sanitario regionale del Piemonte», 2010.
- [22] ENEA, «Rapporto Annuale Efficienza Energetica 2017, Executive Summary», 2017.
- [23] ASSOEGE, «Linee Guida per la Formulazione di una Proposta Commerciale per la Diagnosi Energetica nel campo civile ed industriale», giu. 2015.
- [24] S. Crippa, «Studio dei consumi energetici in ambito ospedaliero», Politecnico di Milano, 2013.
- [25] M. C. Masoero, S. Vitto, S. Azzini, e M. Bacci, «I consumi energetici negli ospedali parametrati sui volumi: valutazione di alcune realtà in Piemonte, Lombardia e Liguria». 2009.
- [26] Vittorio Verda «Dipartimento di energetica "Convenzione tra politecnico di Torino e azienda sanitaria TO2 per attività e consulenza relativa alla conservazione e l'uso razionale dell'energia»
- [27] D. Iatauro, «Gli indicatori energetici nelle strutture ospedaliere». ENEA, 20-set-2010.
- [28] F. Belcastro, D. Di Santo, e G. Fasano, «Indici di benchmark di consumo per diverse tipologie di edificio e all'applicabilità di tecnologie innovative nei diversi climi italiani negli edifici ospedalieri», ENEA, RdS/2010/196, set. 2010.
- [29] Jacopo Toniolo e M. C. Masoero, «Il monitoraggio continuo di impianti HVAC: il progetto iSERV cmb», 2012, vol. unico, pagg. 225–235.
- [30] «Riqualificazione energetica nella sanità», Enzo Bigiotti, 2012.

Riferimenti Aziende

- [31] «Sito Ufficiale dell'ASL Città di Torino Azienda Sanitaria Locale» <http://www.aslcittaditorino.it/>
- [32] «MTM Energia» <http://www.mtmenergia.com/>
- [33] «GE Power», <https://www.ge.com/power/gas/reciprocating-engines>

Sitografia

- [34] «ENEA Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile», <http://www.enea.it/it>
- [35] «AssoEGE – Associazione degli Esperti in gestione dell'Energia» <https://www.assoege.it/>
- [36] «FIRE - Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia», <http://www.fire-italia.org/>
- [37] «UNI - ENTE ITALIANO DI NORMAZIONE», <http://www.uni.com/>
- [38] «Arpa Piemonte», <http://www.arpa.piemonte.gov.it>
- [39] «Cogenerazione», <http://www.sea-energia.eu/it/impianti/tecnologie>
- [40] «MyGreenBuildings.org formazione efficienza energetica edifici», *MyGreenBuildings*. <http://www.mygreenbuildings.org/>
- [41] «SYENERGIA - Efficienza Energetica in sinergia con una squadra di Professionisti», *SYENERGIA* <https://syenergia.it>
- [42] «Heating and Air Conditioning Services & Systems | Trane» <http://www.trane.com/>

RINGRAZIAMENTI

Il primo grande grazie va ai miei compagni di tesi, Sara, Giuseppe e Antonio, siete stati di grande aiuto e supporto in questi mesi e grazie al lavoro di squadra siamo riusciti a portare a termine il tutto.

Un grazie al professor Masoero e all'ing. Toniolo per avermi concesso questa possibilità e per essere stati presenti durante il percorso.

Ringrazio l'ASL Città di Torino per avermi ospitato e avermi messo il materiale necessario a disposizione, in particolar modo Michele Marvaso, energy manager che ci ha seguito più da vicino in questi mesi. Un grazie anche al personale di Via San Secondo tra cui il dottor Ilardi, l'architetto Pastore e ai tecnici del P.O. Martini per la disponibilità e la pazienza.

Un grazie gigante ai miei genitori e ad Alice, insieme a tutta la famiglia; siete stati di grandissimo supporto in questi anni, il vostro amore e la vostra pazienza mi sono stati di grande aiuto per superare i momenti più difficili e raggiungere questo obiettivo. Mi avete dato la possibilità di affrontare questa università e spero di essere motivo di orgoglio per voi.

Ringrazio anche i miei top five, Francesco, Dario, Pela e Matte con Alessia, Giorgia, Daniele e Paolo, mi avete sempre supportato e sopportato!

Grazie ai miei mitici omertosi Simone, Rudi, Ignazio, Enrico, Andrea mi siete stati tanto vicini in questi anni e tutto è stato un po' più facile e bello insieme a voi!

Grazie a Tani, per tutto quello che hai fatto in questi lunghi anni, ci sei sempre stato e abbiamo condiviso veramente tanto.

A Zio e Zia, spero siate fieri di me.