

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica



TESI DI LAUREA

**Efficienza energetica e uso delle fonti rinnovabili locali:
caso dello stabilimento EthosEnergy**

Relatori:

Prof. Filippo Spertino

Prof. Marco Carlo Masoero

Relatore aziendale:

Ph.D. Ferrante De Benedictis

Candidato:

Grieco Dario

Ottobre 2017

Indice

INTRODUZIONE.....	i
1. ANALISI SITO.....	1
1.1 Storia aziendale e attività.....	1
1.2 Prodotti e mercato.....	2
1.3 Descrizione sito oggetto dell'analisi.....	3
1.4 Contesto territoriale.....	4
1.5 Stratigrafia e perdite termiche	5
1.6 Indice di prestazione energetica dell'edificio.....	7
2. IMPIANTI.....	13
2.1 Impianto elettrico.....	13
2.1.1 Impianto forza motrice.....	20
2.1.2 Impianti d'illuminazione.....	21
2.2 Impianti termici.....	23
2.1.1 Impianto trattamento termico.....	23
2.1.1 Impianto di riscaldamento.....	24
2.1.2 Impianto di raffrescamento e condizionamento.....	33
2.4 Impianto d'aria compressa.....	38
2.5 Macchinari.....	41
3. ANALISI ENERGETICA DEL CASO-STUDIO.....	45
3.1 Analisi Bottom-up.....	45

3.2 Gas Naturale.....	47
3.2.1 Storico costi e consumi.....	50
3.2.2 Correlazione consumo riscaldamento/temperatura esterna.....	53
3.2.3 Analisi puntuale ultima annualità.....	57
3.3 Energia Elettrica.....	59
3.3.1 Storico costi e consumi.....	60
3.3.2 Analisi puntuale ultima annualità.....	62
3.3.3 Analisi costo del kilowattora.....	63
3.4 Suddivisione dei consumi.....	70
3.4.1 Gas Naturale.....	70
3.4.2 Energia Elettrica.....	71
3.5 Energia Primaria.....	76
3.5.1 Storico consumi e costi.....	76
3.5.2 Analisi puntuale ultima annualità.....	80
3.6 Emissioni di CO ₂	85
4. RILIEVI SPERIMENTALI DEI PROFILI DI ASSORBIMENTO.....	87
4.1 Caratteristiche del sistema.....	89
4.2 Tipo di monitoraggio.....	90
4.3 Campagna di monitoraggio.....	93
5. MISURE DI RIDUZIONE EFFETTUATE.....	96
5.1 Intervento sulla gestione dell'impianto d'illuminazione.....	96
5.2 Intervento sull'impianto d'aria compressa	97
5.3 Intervento sulle pompe per il condizionamento.....	98

6. KPI E BENCHMARKING.....	99
6.1 Gas Naturale.....	102
6.1.1 Consumo gas naturale su fatturato.....	102
6.1.2 Costo gas naturale su fatturato.....	104
6.1.3 Costo specifico gas naturale.....	105
6.2 Energia Elettrica.....	106
6.2.1 Consumo energia elettrica su fatturato.....	106
6.2.2 Costo energia elettrica su fatturato.....	107
6.2.3 Costo specifico energia elettrica.....	108
6.3 Energia Primaria.....	109
6.3.1 Costo specifico energia primaria.....	110
6.3.2 Costo dell'energia primaria su fatturato.....	112
6.3.3 Intensità energetica.....	113
6.3.4 Consumo per addetto.....	114
7. SOLUZIONI PROPOSTE E ANALISI COSTI-BENEFICI.....	117
7.1 Intervento sulla gestione dell'impianto d'illuminazione normale.....	118
7.2 Installazione di un impianto fotovoltaico.....	125
7.2.1 Valutazione economica dell'investimento.....	133
7.3 Coibentazione del tetto.....	136
8. CONCLUSIONI.....	140
BIBLIOGRAFIA.....	142
ELENCO GRAFICI.....	144

ELENCO TABELLE.....	145
ELENCO FIGURE.....	146

Introduzione

Lo scopo della tesi consiste nell'analisi dei consumi energetici di un'azienda, la EthosEnergy Italia Spa, e nella riduzione degli stessi mediante interventi di efficientamento energetico e copertura di una parte del consumo energetico con un impianto fotovoltaico. La EthosEnergy Italia Spa ha sede a Torino in corso Romania 661 e si occupa della produzione e della manutenzione di turbine a gas per uso industriale.

È divisa in un lato officina, l'impianto produttivo vero e proprio, il Reparto L, il magazzino, una zona uffici e la zona Coating & Repair (ex Turbo Service Torino).



Fig 1: EthosEnergy Italia Spa vista dall'alto

Lo studio ha avuto avvio dall'analisi preliminare, considerando la localizzazione, la struttura degli edifici e l'indice di rendimento energetico attuale (EP_i). Tutti gli impianti elettrici, termici e d'aria compressa sono analizzati in questa fase per comprendere appieno il modo in cui il sito è costruito e come funziona.

Dopo questa analisi preliminare, verrà eseguita la caratterizzazione dal punto di vista energetico. In primo luogo, verrà costruito un modello Bottom-Up per riepilogare tutte le fonti, i vettori e gli usi finali del sistema energetico. La fonte (gas naturale) e il vettore (energia elettrica) sono stati analizzati in termini di consumi annuali e mensili, costi totali e specifici e condizioni contrattuali, disponendo di tutti i dati forniti dai contatori e dai documenti di fatturazione. Ogni sorgente o vettore sarà suddiviso in base agli usi finali, utilizzando una rappresentazione grafica del diagramma Sankey, considerando anche le emissioni di CO_2 .

Successivamente saranno valutati i profili di assorbimento. Essi verranno monitorati tramite il software Energy Sentinel WEB per analizzare i consumi e valutare eventuali modifiche nella configurazione del sistema energetico.

Una volta che le fonti e i vettori principali sono stati studiati, si passerà allo studio dei KPI (Key Performance Indicator) utili a monitorare e confrontare lo stato di efficienza di una realtà operante in un determinato settore. Tali valori verranno confrontati con quelli forniti dall'ISTAT, che rappresentano la situazione legata a società della stessa classe merceologica. Questo ci ha permesso così di classificare il sito industriale.

Basandosi sui risultati ottenuti, verranno affrontate alcune proposte per migliorare in modo efficace l'efficienza energetica del sito industriale.

Analizzando nel dettaglio investimenti e risparmi, saranno proposte alcune soluzioni per migliorare il sito industriale dal punto di vista energetico, come ad esempio: la sostituzione delle lampade nell'impianto d'illuminazione normale e l'installazione di un impianto fotovoltaico.

Capitolo 1

Analisi sito

1.1 Storia aziendale ed attività

L' 8 ottobre 2013, John Wood Group PLC e Siemens AG conclusero l'accordo per formare una joint venture costituita da Wood Group GTS (Manutenzione e power solution) e Siemens Turbocare .

La divisione GTS di Wood Group è stata fondata 30 anni fa ed è nata per essere fornitore indipendente di servizi e soluzioni di apparecchiature rotanti per i mercati del petrolio e del gas. I loro servizi sono disponibili in tutto il mondo ed includono: costruzione di centrali elettriche e approvvigionamento, operazioni di manutenzione, riparazione e revisione, ottimizzazione e revisione di gas, turbine a vapore, pompe, compressori e altre macchine rotanti ad alta velocità.

La "TurboCare service network" fu fondata nel 1998 come fornitore di servizi indipendenti e fu incorporata nel 2001 a TurboCare Inc.

L'azienda è passata attraverso diverse acquisizioni prima di essere marchiata con il nome di "TurboCare" stabilizzandosi come business unit all'interno di Siemens nel 2006.

La joint venture costituita da Wood Group GTS (Manutenzione e power solution) e Siemens Turbocare diede vita alla EthosEnergy.

Esso è un fornitore di servizi e attrezzature rotanti integrate alla produzione di energia, petrolio, gas e settori industriali.

L'unione ha portato diversi benefici sfruttando i punti di forza complementari di Wood Group e Siemens nel settore dei servizi post vendita delle macchine rotanti.

Wood Group ha una profonda esperienza in operazioni di asset, manutenzione, gestione del rischio e l'ottimizzazione del ciclo di vita, di costruzione di centrali elettriche e ha una forte presenza nei settori del petrolio e del gas e di processo, invece TurboCare ha

da sempre operato principalmente nel segmento della generazione di potenza, offrendo turbina a gas aftermarket, turbina a vapore generatori, riparazione e servizi di produzione.

Dopo aver ricevuto l'approvazione di regolamentazione per l'affare, EthosEnergy è stata costituita il 6 maggio del 2014.

1.2. Prodotti e mercato

Come abbiamo già specificato in precedenza EthosEnergy è leader di settore e fornisce soluzioni per supportare l'intero ciclo di vita di beni energetici come: turbine a gas, turbine a vapore, generatori e compressori .

La vasta esperienza in tutte le fasi del ciclo di vita delle turbine (progettazione, costruzione, messa in servizio, funzionamento, manutenzione, riparazione, revisioni e aggiornamento) insieme alla flessibilità aiutano a capire, comprendere e soddisfare le diverse esigenze .

EthosEnergy impiega più di 4.500 persone, con clienti in 100 paesi, è un'organizzazione, che unisce la conoscenza e l'esperienza nel settore tecnico collettiva di entrambe le società per formare la migliore squadra del settore.

I prodotti e servizi di includono:

- Power Project e Equipment Solutions incluso l'EPC e servizi di ingegneria;
- servizi di gestione della costruzione, installazione e messa in servizio;
- operazioni e manutenzione (O & M);
- manutenzione, ottimizzazione su più macchine:
 - turbine a gas
 - turbine a vapore
 - generatori
 - compressori

1.3 Descrizione sito oggetto dell'analisi

Il sito oggetto della presente Analisi Energetica è la sede dell'organizzazione di EthosEnergy ubicata a Torino in Corso Romania 661.

La Fig.1 mostra il layout del sito industriale suddiviso nelle diverse aree e zone produttive.

Costituito essenzialmente da:

- Area Officina (montaggio e lavorazioni meccaniche);
- Magazzino;
- Area Coating & Repair (ex Turbo Service Torino);
- Reparto L;
- Palazzina uffici.

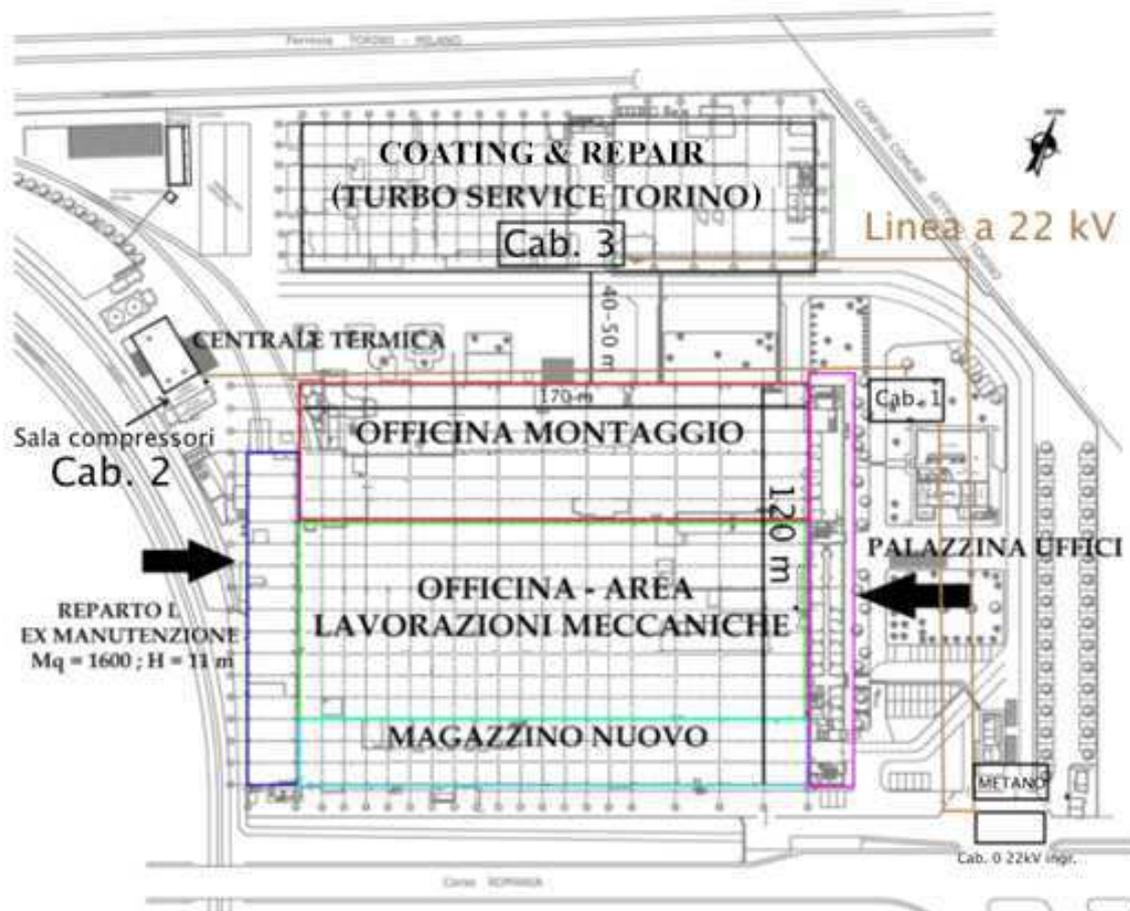


Fig. 2: Layout Ethosenergy

1.4 Contesto territoriale

L'edificio risulta essere situato in una zona industriale e, in base all'ubicazione geografica, presenta la seguente classificazione di riferimento per il periodo di riscaldamento invernale (dal 15 ottobre al 14 aprile).

Sito industriale in esame ^[2]	
Uso industriale	Produzione e uffici
Località	Torino
Indirizzo	Corso Romania, 661
Latitudine	45°4'41''16 N
Longitudine	07°40'33''96 E

Tab. I: Contesto territoriale

È possibile inoltre classificare la sede in base alla temperatura esterna media mensile, riportate di seguito. Le temperature sono riportate in gradi Celsius [°C].

Temperatura media mensile ^[3]		
Zona climatica^[4]	E	
Altezza dal mare	239 m ^[15]	
Gradi Giorno	2617	DD
Gennaio	3,7	°C
Febbraio	6,2	°C
Marzo	8,7	°C
Aprile	13,7	°C
Maggio	16	°C
Giugno	20,6	°C
Luglio	24,1	°C
Agosto	23,3	°C
Settembre	20,8	°C
Ottobre	12,5	°C
Novembre	7,9	°C
Dicembre	4	°C

Tab. II: Temperatura media mensile

1.5 Stratigrafia e perdite termiche

Le analisi sulla stratigrafia e le perdite termiche sono state realizzate per ridurre l'impatto energetico dell'involucro edilizio, considerando le precedenti opere conseguite dagli esperti di gestione energetica in EthosEnergy.

La stratigrafia della parete esterna è caratterizzata da 4 strati come rappresentato nella figura seguente:

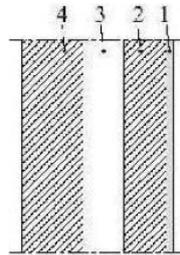


Fig. 3: Stratigrafia parete

È composta da 2 mattoni forati (rif. 2 e 4) con spessore di 15 cm, separati da una larghezza di 10 cm d'aria (rif. 3) utile per ridurre le perdite termiche. Infine lo strato di 2 cm (rif. 1) è costituito da intonaco bianco. Il coefficiente termico risultante è:

$$U_{parete} = 0,473 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad (1.1)$$

L'altro coefficiente termico da stimare è quello relativo alle finestre degli uffici e dell'officina ovvero :

$$U_{uff} = 2,41 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad (1.2)$$

$$U_{off} = 2,30 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Gli altri coefficienti di perdita termica sono riportati nella tabella sottostante.

Elemento	Orientamento	Area [m ²]	U [W/m ² ·K]
Uffici – Piano terra			
Parete	Nord-Est	103,87	0,47
	Nord-Ovest	28,65	0,47
	Sud-Est	28,65	0,47
	Sud-Ovest (Magazzino)	325,5	1,3
Soffitto		1036,18	2,64
Pavimento		1036,18	0,31
Finestre	Nord	221,75	2,41
Uffici – Piano rialzato			
Parete	Nord-Est	133,15	0,47
	Nord-Ovest	21,05	0,47
	Sud-Est	21,05	0,47
	Sud-Ovest (Magazzino)	264,12	1,3
Soffitto		612,33	2,64
Pavimento		612,33	1,92
Finestre	Nord	130,97	2,41
Uffici – Primo piano			
Parete	Nord-Est	53,77	0,47
	Nord-Ovest	36,96	0,47
	Sud-Est	36,96	0,47
	Sud-Ovest (Magazzino)	406,35	1,3
Soffitto		1002,75	0,6
Pavimento		1002,75	1,92
Finestre	Nord	352,80	2,41
Magazzino			
Parete	Nord-Est (Uffici)	1825,52	1,3
	Nord-Ovest	2011,71	0,47
	Sud-Est	2135,3	0,47
	Sud-Ovest (Magazzino)	912,6	0,47
Soffitto		16557,43	0,6
Pavimento		20248,62	0,31
Finestre	Nord	4546,39	2,3

Tab. III: Coefficienti di perdita termica suddivisi per zone

Gli uffici dispongono di una superficie disperdente pari a 5269,72 m² e di un volume di 13207,44 m³; Il magazzino presenta una superficie disperdente pari a 3100 m² e un volume di 43400 m³ e l'officina una superficie disperdente di 15400 m² e un volume di 215600 m³.

Superficie di dispersione termica		
Zone	Superficie [m ²]	Volume [m ³]
Uffici	5269,72	13207,44
Magazzino	3100	43400
Officina	15400	215600

Tab. IV: Superfici e volumi delle zone interessate

1.6 Indice di prestazione energetica dell'edificio

Per quanto riguarda il calcolo dell'Indice di prestazione energetica dell'edificio utilizzeremo l'equazione che fa riferimento agli edifici non residenziali:

$$EP_i = \left(\frac{Q_h}{Vol \cdot \eta_g} \right) \left[\frac{kWh}{m^3 anno} \right] \quad (1.3)$$

dove:

Q_h = fabbisogno di energia termica dell'edificio, espresso in kilowattora; Tiene conto di tutte le perdite termiche considerate in precedenza;

Vol = volume totale;

η_g = efficienza globale dell'impianto di riscaldamento.

Il fabbisogno di energia termica dell'edificio Q_h è funzione di 4 apporti, positivi e negativi, di calore che sono:

- Potenza termica dispersa per trasmissione attraverso l'involucro in funzione della differenza di temperatura tra interno ed esterno H_T , espressa in W/K;
- Potenza termica dispersa per ventilazione in funzione della differenza di temperatura tra interno ed esterno H_V , espressa in W/K;
- Energia termica entrante attraverso le superfici vetrate Q_S , espressa in kilowattora;
- Apporti energetici gratuiti interni Q_I , espressi in kilowattora.

$$Q_h = 0,024 \cdot GG \cdot (H_T + H_V) - f_x (Q_S + Q_I) \quad (1.4)$$

dove:

GG = Gradi Giorno della località individuata; nel caso di Torino risultano essere pari a 2617;

f_x = coefficiente di utilizzazione degli apporti gratuiti (adimensionale), assunto pari a 0,95.

La potenza termica dispersa per ventilazione è calcolata dalla seguente formulazione

$$H_V = 0,34 \cdot n \cdot V_{netto} \quad (1.5)$$

dove:

n = numero di ricambi d'aria, ricavato essere pari a 0,3 vol/h;

V_{netto} = pari al 70% del volume lordo dell'edificio, per edifici di tipo E.2 con pareti esterne di spessore inferiore ai 45 cm³;

L'energia termica entrante attraverso le superfici vetrate è calcolata secondo la seguente equazione:

$$Q_s = 0,2 \sum_{esposiz} I_{sol,i} \cdot S_{serr,i} \quad (1.6)$$

dove:

0,2 = coefficiente di riduzione che tiene conto del fattore solare degli elementi trasparenti e degli ombreggiamenti medi;

$I_{sol,i}$ = irradianza totale stagionale (nel periodo di riscaldamento) sul piano verticale, per ciascuna esposizione, espresso in kilowattora;

$S_{serr,i}$ = superficie vetrata dei serramenti in base all'esposizione, espresso in metri quadrati.

Gli apporti gratuiti interni si ricavano dalla seguente equazione:

$$Q_I = \frac{\Phi_{int} \cdot A_{pav}}{1000} \cdot h \quad (1.7)$$

dove:

Φ_{int} = apporti gratuiti interni, (4 W/m² per gli edifici a destinazione d'uso uffici⁵);

A_{pav} = superficie del pavimento dell'edificio, espresso in metri quadrati;

h = ore giornaliere di presenza degli apporti interni, assunto pari a 8 h/giorno;

Il valore del rendimento globale medio stagionale si determina come:

$$\eta_g = \eta_e * \eta_{rg} * \eta_d * \eta_{gn} \quad (1.8)$$

dove:

η_e = rendimento di emissione, valori di prospetto 17 della UNI/TS 11300-2

η_{rg} = rendimento di regolazione, valori di prospetto 20 della UNI/TS 11300-2

η_d = rendimento di regolazione, valori di prospetto 21 (a,b,c,d,e) della UNI/TS 11300-2

η_{gn} = rendimento di generazione, valori di prospetto 23 (a,b,c,d,e) della UNI/TS 11300-2

La valutazione di questa formulazione è difficile perché richiede molti dati, quindi è stata applicata la procedura semplificata da: "Metodo semplificato - Allegato 2 D.M. 26/06/2009 ". La procedura semplificata si basa sull'ipotesi che i carichi termici siano uguali ai carichi totali, ovvero si passa da un modello dinamico ad un modello non dinamico. Il carico di ventilazione è stato trascurato.

I valori limite sono stati dedotti dalla UNI STANDARD per gli edifici non residenziali e verranno confrontati con quelli valutati in relazione a uffici, officina e magazzino.

Di seguito viene mostrato il valore limite in base alla UNI TS 11300^[4] a seconda dei gradi giorno (GG):

S/V	Zone										
	A	B	C	D	E	F					
	≤ 600 DD	601 DD	900 DD	901 DD	1400 DD	1401 DD	2100 DD	2101 DD	3000 DD	≥ 3000 DD	DD
≤ 0,2	1,8	1,8	3,2	3,2	5,4	5,4	7,7	7,7	10,3	10,3	
≥ 0,9	7,4	7,4	11,5	11,5	15,6	15,6	18,3	18,3	25,1	25,1	

Tab. V: Valori limite riferiti alla UNI TS 11300 a seconda dei gradi giorno suddivisi per zone

Il fattore di forma, ossia il valore S / V stimato per gli uffici, officina e magazzino sono riportati di seguito:

$$\begin{aligned} \left(\frac{S}{V}\right)_{uff} &= 0,39 \text{ m}^{-1} & \left(\frac{S}{V}\right)_{off} &= 0,07 \text{ m}^{-1} \\ & & \left(\frac{S}{V}\right)_{mag} &= 0,07 \text{ m}^{-1} \end{aligned} \quad (1.9)$$

Considerando la tabella precedente e interpolando in base alla zona (E) e conoscendo i gradi giorno, si ottiene EP_{ilim} :

$$EP_{ilim,uff} = 12,7 \frac{kWh}{m^3 \cdot anno} \quad (1.10)$$

$$EP_{ilim,off} = 6,8 \frac{kWh}{m^3 \cdot anno}$$

Per valutare l' EP_i correlato all'edificio bisogna considerare il coefficiente correttivo globale (CC_{glob}).

Il CC_{glob} è ricavato da:

$$CC_{glob} = CC_{imp} \cdot CC_{trasm} \quad (1.11)$$

moltiplicando l' EP_{ilim} per il coefficiente correttivo globale risulta che gli EP_i sono:

$$EP_{iuff} = 15,11 \frac{kWh}{m^3 \cdot anno} \quad (1.12)$$

$$EP_{ioff} = 8,04 \frac{kWh}{m^3 \cdot anno}$$

dove:

CC_{imp} = coefficiente correttivo impianto di riscaldamento dato dal rapporto tra η_{lim}/η in valori percentuali. Per il calcolo dei rendimenti termico limite si è tenuto conto della potenza nominale della caldaia pari a 4,07 MW.

CC_{trasm} = coefficiente correttivo trasmittanza dell'edificio dato dal rapporto tra $U_{glob}/U_{glob,lim}$ che tengono conto dei coefficienti termici dei serramenti e del pavimento della struttura considerata.

Dividendo i valori di EP_i prima ottenuti, che corrispondono ai consumi dovuti al carico di riscaldamento e raffreddamento di uffici e officina, è possibile ottenere una prima stima del consumo di gas naturale e/o energia elettrica.

Per il gas naturale si è considerato un valore pari a 34850 kJ / Sm³ e un rendimento globale di 0,85. Inoltre, sono stati considerati due fattori di correzione per convertire i consumi in energia primaria.

Fattore di conversione nell'energia primaria	
NG [kWh _{prim} /kWh]	E.E. [kWh _{prim} /kWh]
1	2,174

Tab. VI: Fattori di conversione

I valori di EP_i ricavati sono molto vicini ai valori riportati dalla CENED^[5] (Certificazione Energetica degli Edifici) per attività simili:

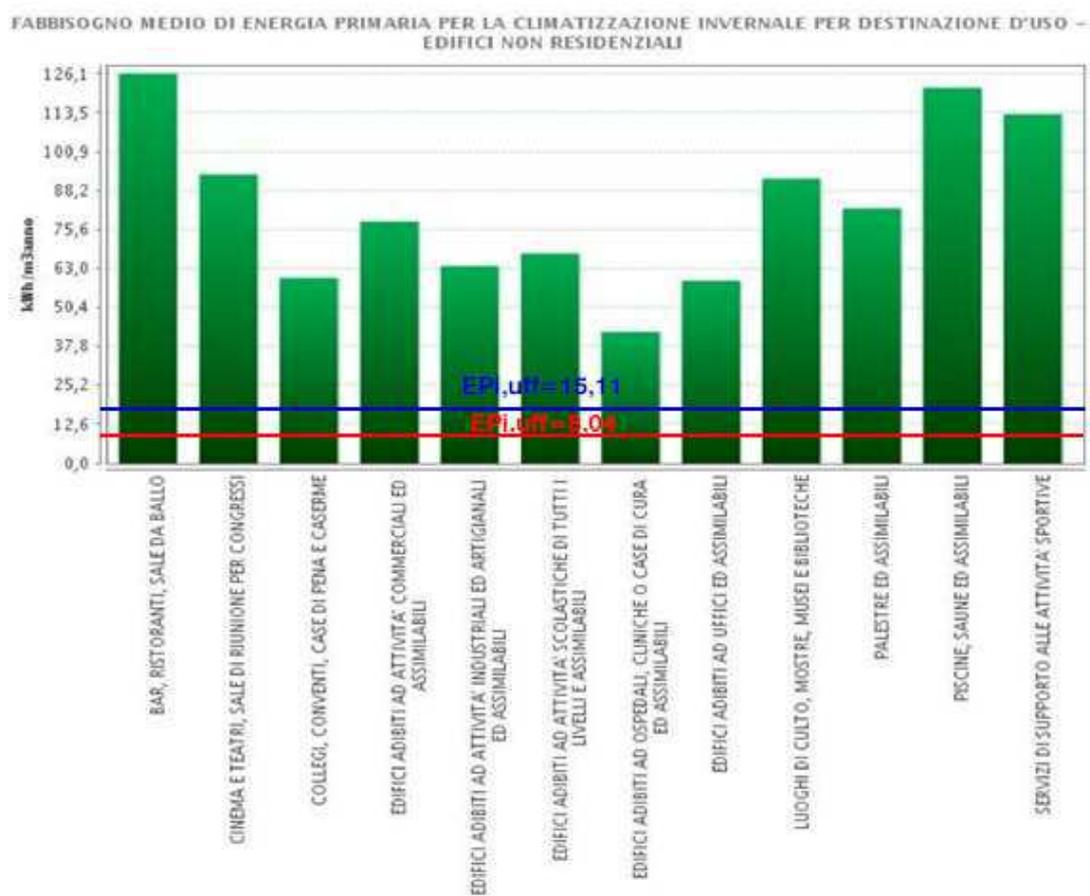


Fig. 4: La domanda media dell'energia primaria per il riscaldamento invernale – dati da CENED

Capitolo 2

Impianti

Al fine di avere un'idea quanto più generale possibile, la fase preliminare di audit energetico si concentra sull'osservazione e descrizione dell'impianto elettrico e termico, e in particolare sullo studio delle performance energetiche del sito; per poi passare alla fase di analisi, nella quale le criticità del sistema sono evidenziate e sottoposte a maggiore attenzione.

Nel caso dell'audit energetico effettuato in EthosEnergy, i dati e i valori facenti parte della fase preliminare sono stati accorpati tramite un lavoro di raccolta documentale e di analisi dei sistemi presenti.

2.1 Impianto elettrico

L'impianto elettrico è composto da 4 cabine di trasformazione principali (Cabina 0, 1, 2, 3) collegate alla rete di distribuzione.

La rete di distribuzione IREN che collega l'intero impianto dello stabilimento è da 22 kV.

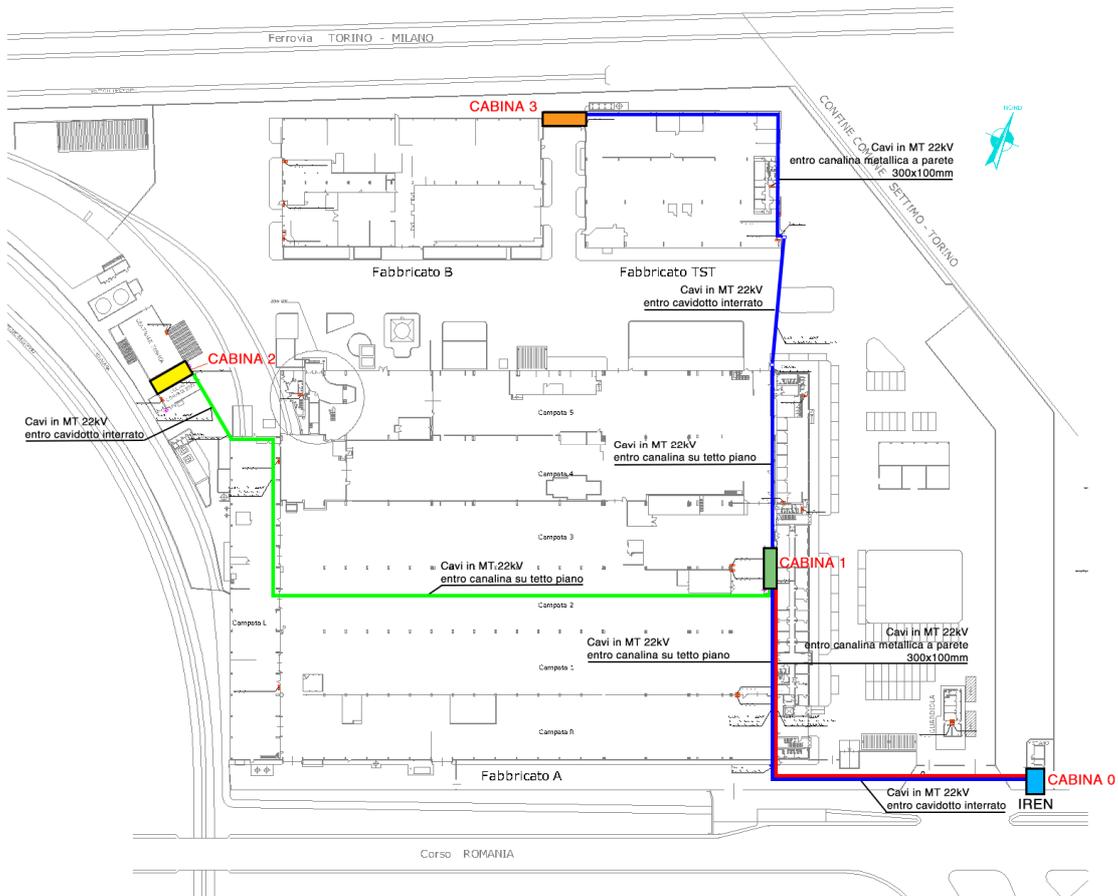


Fig. 5: Dislocazione delle cabine elettriche

Al punto di consegna è collegata la Cabina 0 situata vicino alla guardiola., la quale alimenta a 22 kV le cabine 1 e 3. La Cabina 0 e la Cabina 1 sono collegate tramite cavi in MT 22kV dentro una canalina metallica a parete. La Cabina 3 è collegata alla Cabina 0 con cavi in MT 22kV all'interno di una canalina sul tetto della Struttura A, per il primo tratto, e poi dentro un cavidotto interrato e una canalina metallica a parete, nel tratto finale.

La Cabina 2 è situata tra la centrale termica e il locale compressori ed è collegata alla Cabina 1 sempre tramite cavi in MT 22kV.

Le varie connessioni sono riportate nel dettaglio tramite uno schema a blocchi.

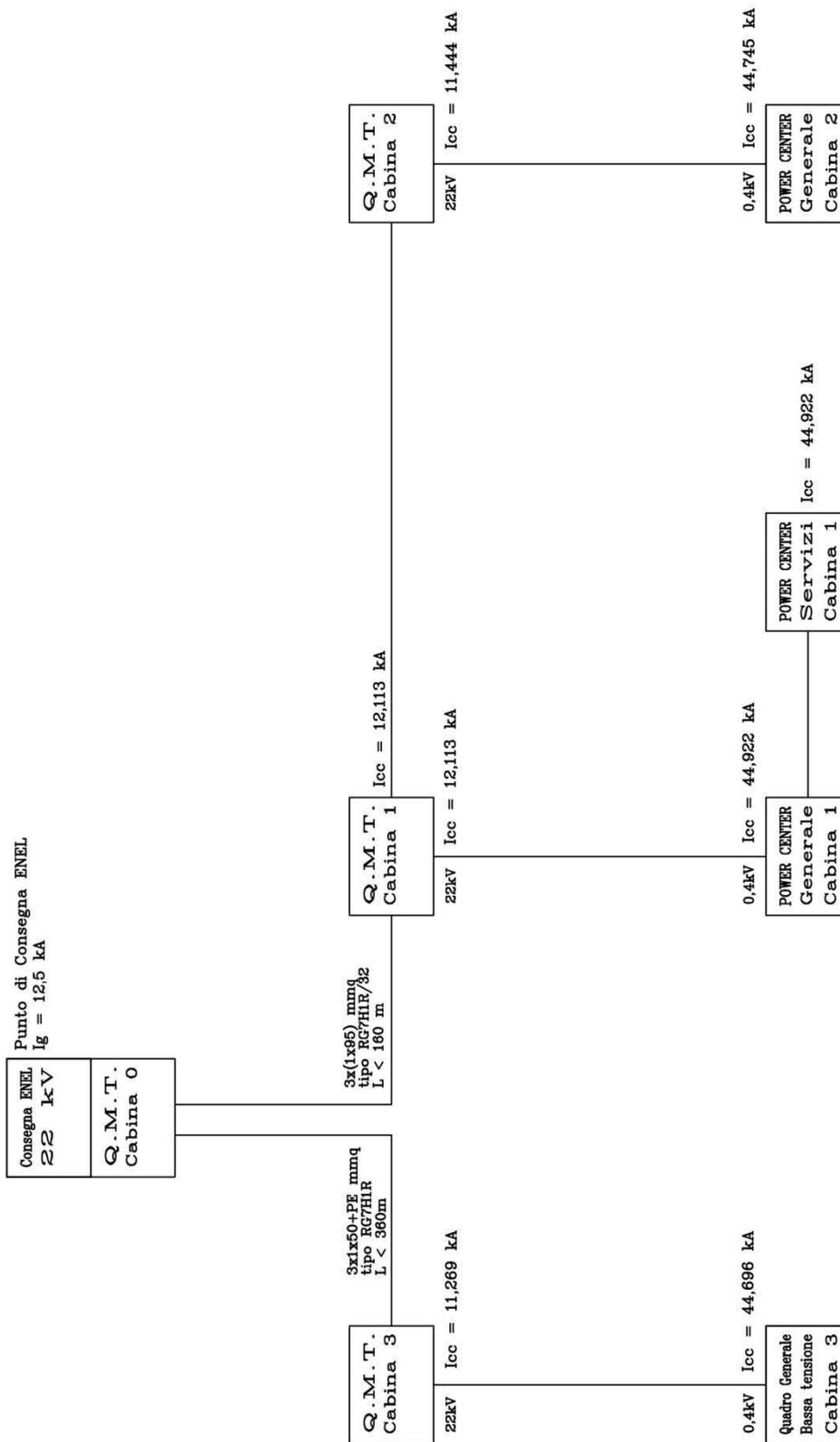


Fig. 6: Schema a blocchi impianto elettrico

All'interno della Cabina 0 vi sono due trasformatori TA e TV.

Com'è visibile dallo schema unifilare riportato in Fig.7 la Cabina 1 è costituita da 3 trasformatori, 2 dei quali con le seguenti caratteristiche:

- Trasformatore in resina;
- Tensione: $V_{\text{prim}}= 22\text{kV}$ - $V_{\text{sec}}= 400\text{V}$;
- $V_{\text{cc}}= 6\%$;
- Potenza apparente (VA)= 1000 kVA.

Il terzo trasformatore, invece ha i seguenti dati di targa:

- Trasformatore in resina;
- Tensione: $V_{\text{prim}}= 22\text{kV}$ - $V_{\text{sec}}= 400\text{V}$;
- $V_{\text{cc}}= 6\%$;
- Potenza apparente (VA)= 1250 kVA.

A monte dei tre trasformatori ci sono i sezionatori di isolamento e messa a terra dell'impianto e tre sezionatori meccanici e manuali.

Nella Cabina 1 i due trasformatori con le stesse caratteristiche sono sempre in funzione e il terzo è ridondante ed è possibile collegarlo tramite un congiuntore mettendo così in parallelo i tre trasformatori.

Maggiori dettagli sono visibili nello schema unifilare in Fig.7.

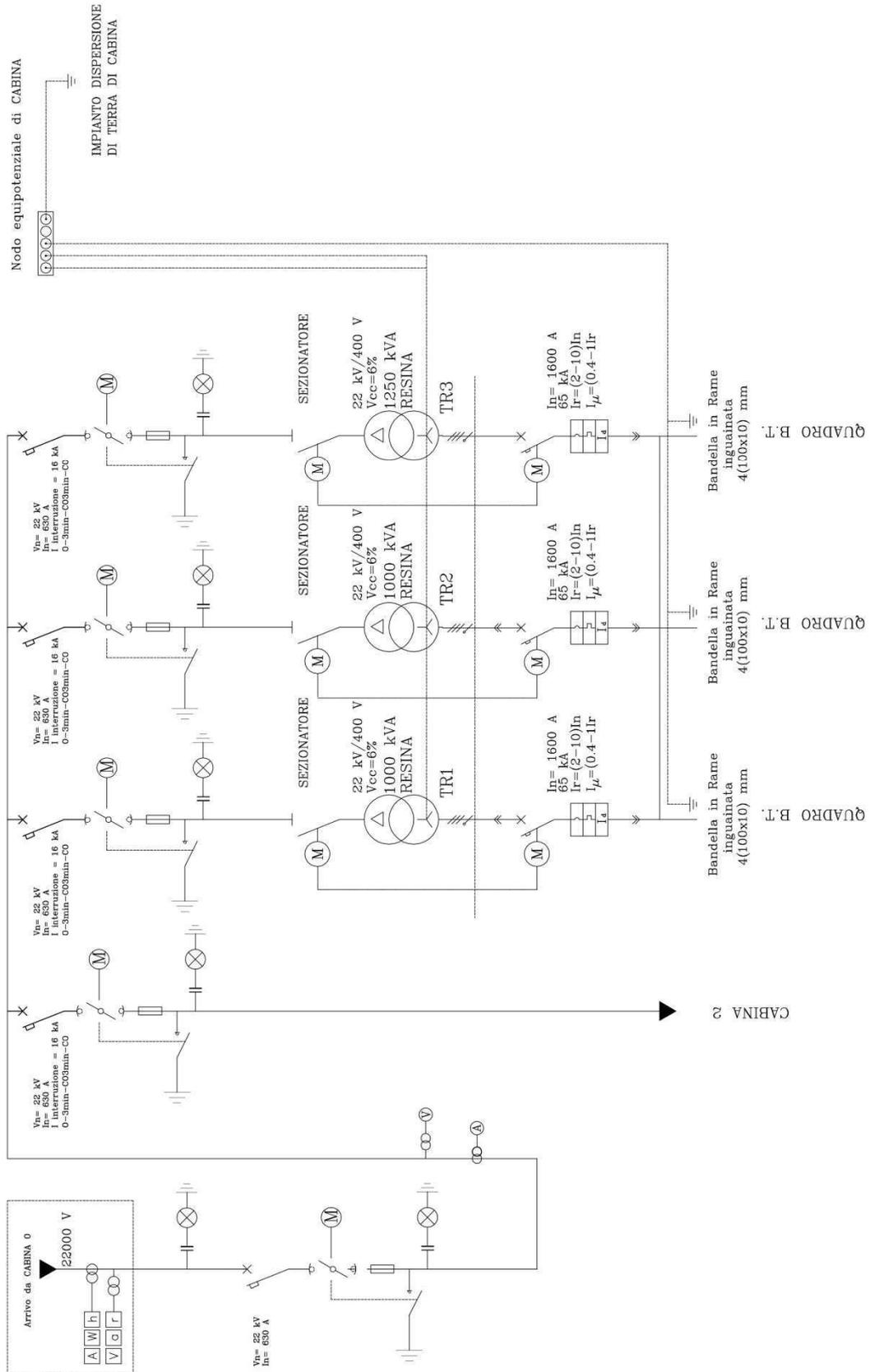


Fig. 7: Schema unifilare Cabina 1

Nella Cabina 2 ci sono 2 trasformatori (uno sempre in funzione e l'altro ridondante).
 I due trasformatori hanno le stesse caratteristiche dei Traf.1 e Traf.2 presenti nella cabina precedente. Anche in questa cabina sono presenti gli stessi sezionatori della Cabina 1.

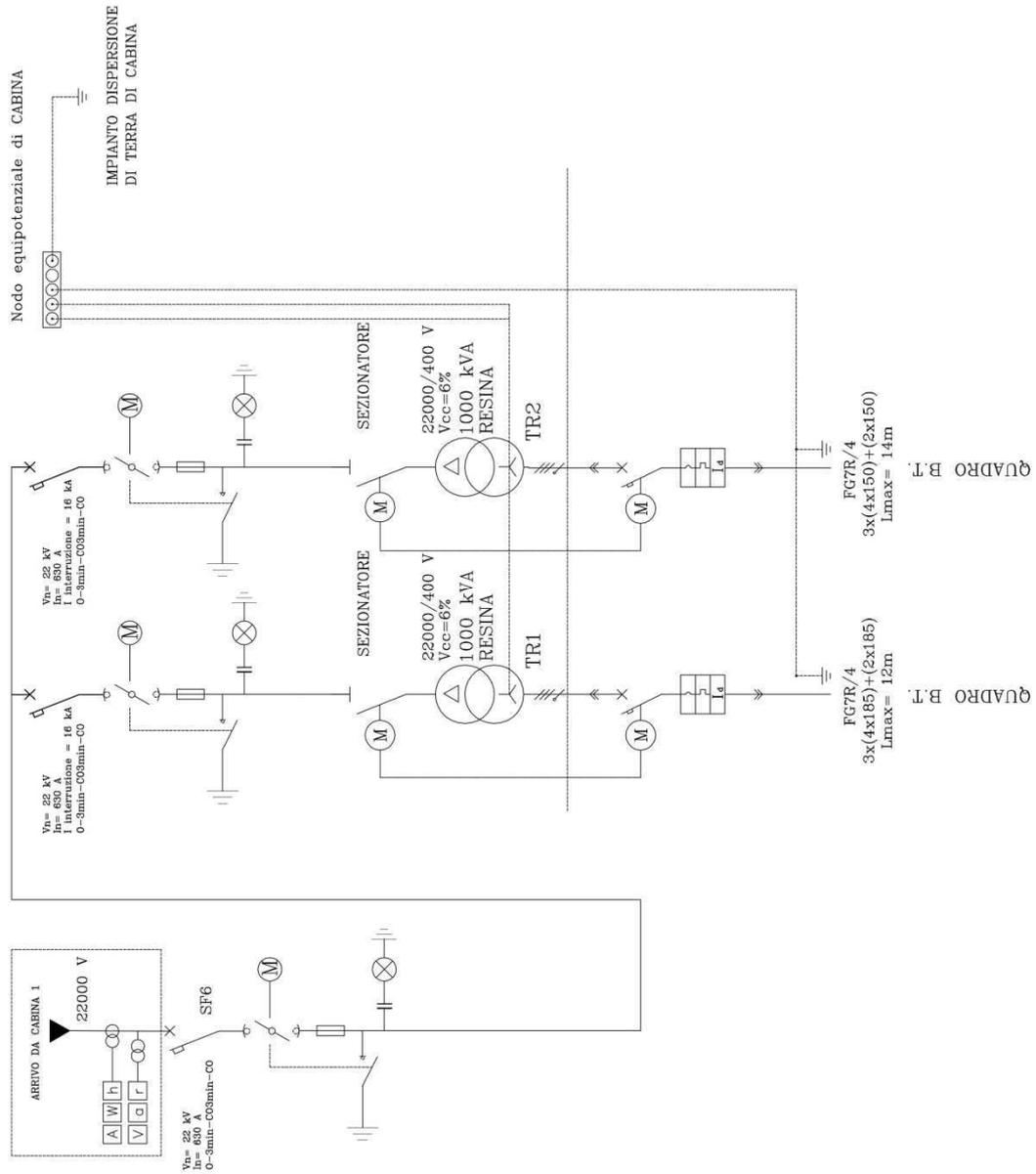


Fig. 8: Schema unifilare Cabina 2

La Cabina 3 viene alimentata dalla Cabina 0 ed è situata vicino alla Struttura B e all'area Coating & Repair (ex TST).

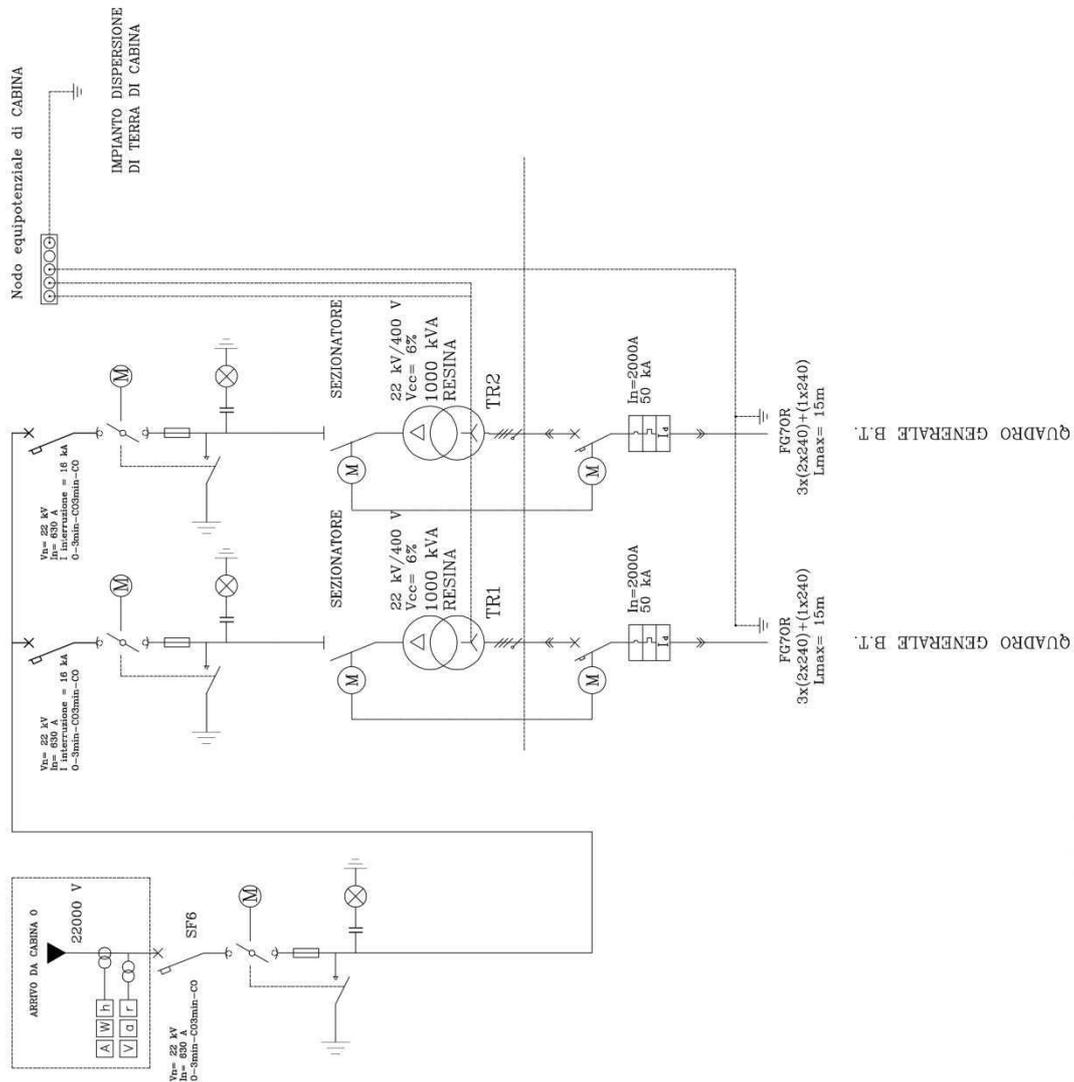


Fig. 9: Schema unifilare Cabina 3

Tutti i trasformatori hanno collegamento Dy11 (collegamento del filo neutro al centro della stella).

L'impianto elettrico fornisce energia elettrica sia alla zona uffici (per la climatizzazione estiva ed invernale, oltre che per l'illuminazione) e sia all'officina (macchine operatrici, oltre che illuminazione). L'impianto risulta esser stato rifasato pochi anni fa, poiché prima dei lavori il fattore di potenza aveva valori troppo bassi e questo comportava dei costi addizionali in bolletta.

2.1.1 Impianto forza motrice

Ogni trasformatore è protetto tramite un interruttore magneto-termico-differenziale ad un quadro di bassa tensione com'è visibile dagli schemi unifilari precedenti.

Andando nello specifico i due trasformatori in parallelo della Cabina 1 sono collegati a due quadri denominati: pc generale 1 e pc servizi.

Il primo quadro alimenta le 5 campate della Struttura A invece il quadro servizi alimenta l'impianto d'illuminazione e di condizionamento degli uffici, del magazzino e dei locali mensa.

Il trasformatore in funzione della Cabina 2 è collegato al quadro pc generale il quale alimenta la forza motrice del locale compressori, del locale L, della centrale termica, delle sale prove e la luce dell'ex sala prove motori. Vi è anche un quadro dedicato alle utenze privilegiate che alimenta il gruppo elettrogeno e altri tre quadri dedicati alle luci della centrale termica, alla guardiola e alle luci notturne d'emergenza.

Il quadro generale della bassa tensione della Cabina 3 invece è collegato alla linea forno, agli estrattori, agli UPS, alla luce locale, alla cabina, al blindo e alle prese di servizio.

Nell'appendice A è possibile vedere i dettagli dello schema a blocchi del lato BT.

2.1.2 Impianti d'illuminazione

Il sistema di illuminazione è composto da due sottosistemi: illuminazione di funzionamento normale e illuminazione di emergenza.

L'elenco riepilogativo della Fig.10 contiene tutti i tipi di elementi installati in tutto il sito.

LEGENDA SIMBOLI	
	Apparecchio illuminante con schermo in policarbonato e grado di protezione IP 65 Lampada fluorescente da 1x36 W
	Apparecchio illuminante con schermo in policarbonato e grado di protezione IP 65 Lampada fluorescente da 2x58 W
	Apparecchio illuminante con schermo in policarbonato e grado di protezione IP 65 Lampada fluorescente da 1x58 W
	Apparecchio illuminante con schermo in policarbonato e grado di protezione IP 65 Lampada fluorescente da 1x11 W
	Apparecchio illuminante con schermo in policarbonato e grado di protezione IP 65 Lampada fluorescente da 2x36 W
	Plafoniera con tubo fluorescente e schermo in metacrilato 4x18W
	Proiettore industriale con lampada a vapori di sodio 250W/400W Grado di protezione IP55
	Apparecchio illuminante per interno Grado di protezione IP40 tipo antiabbagliamento Lampada fluorescente da 4x18 W
	Apparecchio illuminante per interno Grado di protezione IP40 tipo antiabbagliamento Lampada fluorescente da 1x36 W
	Apparecchio illuminante per interno Grado di protezione IP40 tipo antiabbagliamento Lampada fluorescente da 2x36 W
	Apparecchio illuminante per interno Grado di protezione IP40 tipo antiabbagliamento Lampada fluorescente da 2x58 W
	Apparecchio illuminante su palo per esterni Grado di protezione IP55
	Proiettore da esterno con lampada alogena Grado di protezione IP55
	Proiettore da esterno con lampada a vapori di sodio Grado di protezione IP55
	Apparecchio illuminante di sicurezza con schermo in policarbonato e grado di protezione IP65 Lampada fluorescente da 18 W autoalimentata con gruppo batterie/inverter autonomia minima 2h
	Apparecchio illuminante con schermo in policarbonato e grado di protezione IP 65 Lampada fluorescente da 1x58 W autoalimentata con gruppo batterie/inverter autonomia minima 2h

Fig. 10: Elementi di illuminazione

Gli schemi dell'impianto d'illuminazione sono visibile nell'Appendice A.

Come è chiaramente possibile vedere, ci sono molti tipi di lampade e elementi installati. Non è facile stabilire quando un dispositivo sarà acceso o spento e per quanto tempo, quindi si è effettuata una stima del consumo di quelli che vengono accesi di più come: i faretti con lampade a vapore di sodio presenti in officina e i proiettori industriali.

I corpi illuminanti sono riassunti nella seguente tabella, che classifica le unità per l'illuminazione.

Tipologia	Potenza [W]	Officina	Magazzino	Coating & Repair (ex TST)	Totale
Faretti con lamp. ai vapori di sodio	400	198			198
Faretti con lamp. ai vapori di sodio	250	28	30	45	103
Tubi fluorescenti	58		40		40

Tab. VII: Corpi illuminati presenti nella EthosEnergy Italia Spa

Dalla precedente tabella si può quindi ricavare la potenza totale installata per quanto riguarda i corpi illuminati in officina, magazzino e nell'area Coating & Repair, che risulta essere pari a :

$$P_{ill} = 198 \cdot 400 \text{ W} + 103 \cdot 250 \text{ W} + 40 \cdot 58 \text{ W} \cong 107,27 \text{ kW} \quad (2.1)$$

Chiaramente, questa è una stima approssimativa perché solo alcuni degli elementi del magazzino sono stati considerati e non rimarranno accesi tutti i giorni, ma dà un'idea del peso che il sistema di illuminazione ha sui consumi elettrici.

L'illuminazione di emergenza è presente nella Struttura A (Area Officina, sono escluse le aree uffici site ai Piani Terra e Primo) e B. L'impianto è costituito da apparecchi illuminanti in classe II di nuova posa, alimentati da gruppi soccorritori opportunamente dimensionati e dislocati nelle aree interessate. Al fine di garantire i valori medi di illuminamento al suolo previsti, gli apparecchi illuminanti sono stati installati ad un'altezza variabile a seconda del locale considerato e comunque superiore ai 2 m.

L'impianto ha origine dalla Cabina 2 e dall'adiacente G.E. (Gruppo Elettrogeno), la duplice alimentazione garantisce la continuità della fonte di energia, inoltre i gruppi UPS sopperiscono alla mancanza dell'alimentazione fintanto che il Gruppo Elettrogeno non vada a regime.

L'intervento dell'illuminazione è previsto come da normativa alla mancanza della alimentazione dell'illuminazione normale.

Gli schemi dell'impianto d'illuminazione di emergenza sono visibile nell'Appendice A.

2.1 Impianti termici

Analizziamo nel dettaglio gli impianti termici che si suddividono in impianto trattamento termico, impianto di riscaldamento, impianto di raffrescamento e condizionamento.

2.1.1 Impianto trattamento termico

L'impianto trattamento termico è costituito dal forno "Bioteco" che viene utilizzato per migliorare le caratteristiche meccaniche e tecnologiche dei componenti per la realizzazione della turbina.

La Cabina del gas naturale è situata accanto alla Cabina 0 e alimenta direttamente il forno che ha le seguenti caratteristiche:

12) GF FORNO	
SERIAL	2200079158
TIPO MOD	AS209/N
TIPO REFRIG (C1)	R407C
CARICA REFRIG (C1)	19,5 KG
TIPO REFRIG (C2)	R407C
CARICA REFRIG (C2)	20,5 KG
CONDIZIONAMENTO	
VOLTAGE	400 V / 3 /50 HZ
ASSORBIMENTO MAX	161 A
POTENZA INSTALLATA	97 KW

Tab. VIII: Caratteristiche forno Bioteco

2.1.2 Impianto di riscaldamento

La Cabina del gas naturale alimenta inoltre altre utenze come:

- Una caldaia da 24 kW situata in guardiola;
- Due caldaie a condensazione di 60kW zona pranzo;
- Impianto termico da 10 MW.

L'impianto è composto da una centrale termica situata in un locale dedicato, in prossimità dei locali da scaldare, costituita da due generatori termici per la produzione di vapore saturo a 5 bar, con le caratteristiche e lo schema costruttivo riportati di seguito nella Fig.11.

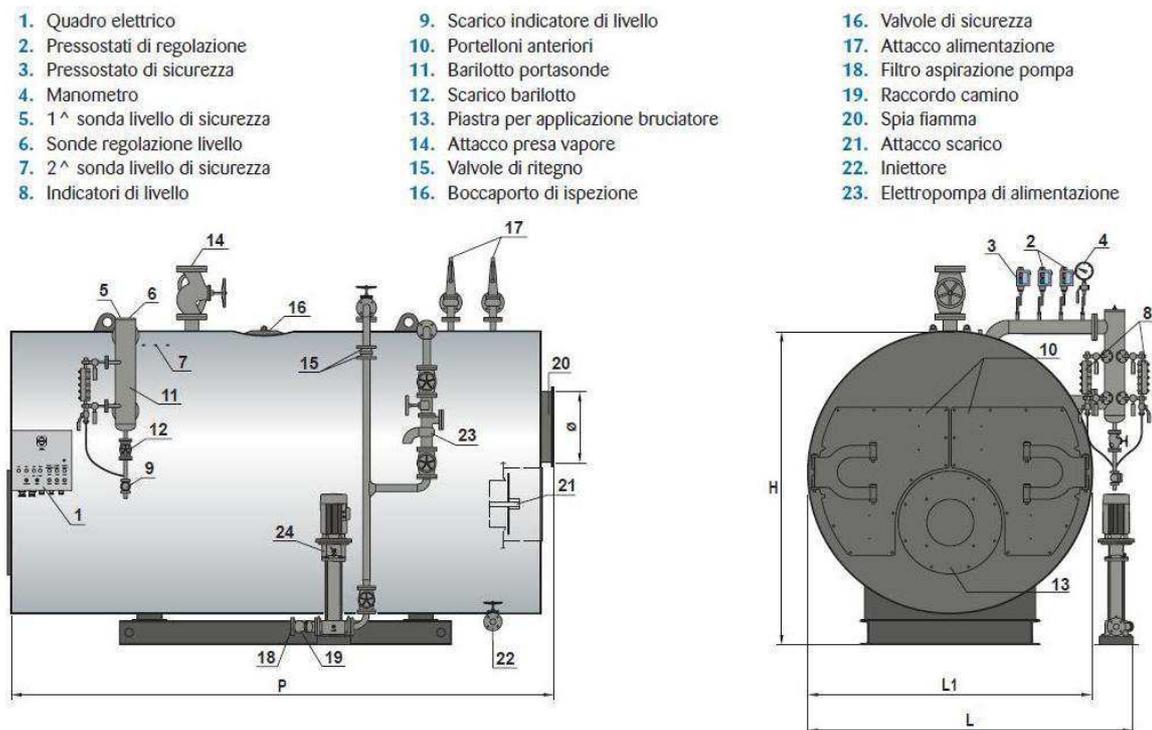


Fig. 11: Generatori di vapore

Generatori di vapore	
Marca	ICI
Modello	GX 3500/12
Capacità a livello	9.725 m ³
Capacità totale	11.940 m ³
H - Altezza	3.600 mm
Frequenza nominale	50 Hz
Peso complessivo (massa)	14.300 kg
L - larghezza	2.900 mm
N1 - Diametro presa vapore	125 DN
P - lunghezza	5.600 mm
Perdite carico lato fumi	10,5 mbar
Pressione max esercizio	12 bar
Pressione di prova idraulica	21,2 bar
Produzione vapore	6.000 kg/h
Portata Termica Massima	4.572 kW
Rendimento al 100%	89,02 %
Potenza utile nominale	4,070 MW
Superficie riscaldata	127,00 mq
Alimentazione elettrica	3/N 400 V

Tab. IX: Caratteristiche generatori di vapore

Entrambi i generatori termici sono completi di:

- dispositivi di regolazione e sicurezza previste dalle normative vigenti;
- quadro elettrico con protezione IP54, completo di interruttore generale, interruttore pompa e bruciatore, fusibili, relè termico pompa, selettore pompa manuale/automatico, relè elettronici per il controllo del livello, pulsanti di riarmo, spie visive ed allarme acustico;

Inoltre sono completi di due bruciatori a gas metano dotato di dispositivo automatico di chiusura aria e completo di tutte le apparecchiature di regolazione e sicurezza, con le dimensioni e le caratteristiche riportate di seguito.



Fig. 12: Bruciatori a gas metano

Bruciatori a gas metano	
Marca	Baltur
P_{min}	500 kW
P_{max}	6000 kW
Combustibile	Gas Naturale
P_{NG}	74-500 mbar

Tab. X: Caratteristiche bruciatori a gas metano

L'impianto termico fornisce il vapore a 5 bar alla Struttura A (esclusi gli uffici) e alla Struttura B che è in parallelo all'area Coating & Repair (ex TST), la quale è in serie con la Struttura B.

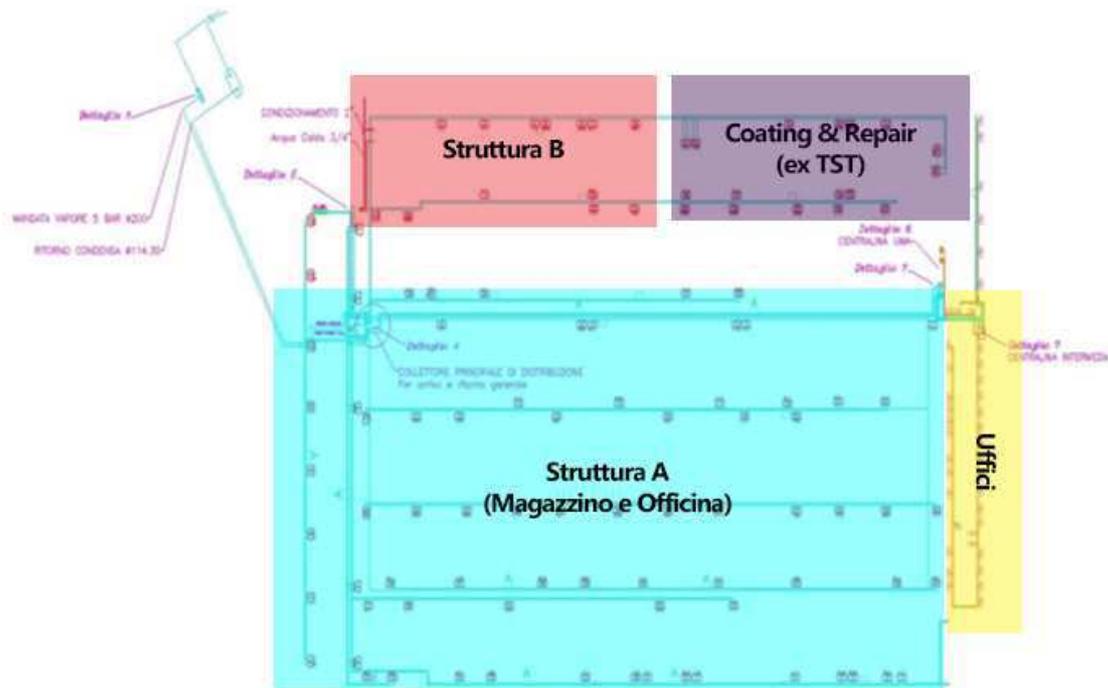


Fig. 13: Layout dell'impianto di riscaldamento con gas

Il layout dell'impianto è raffigurato nella Fig. 13. Vediamo nel dettaglio il collettore generale.

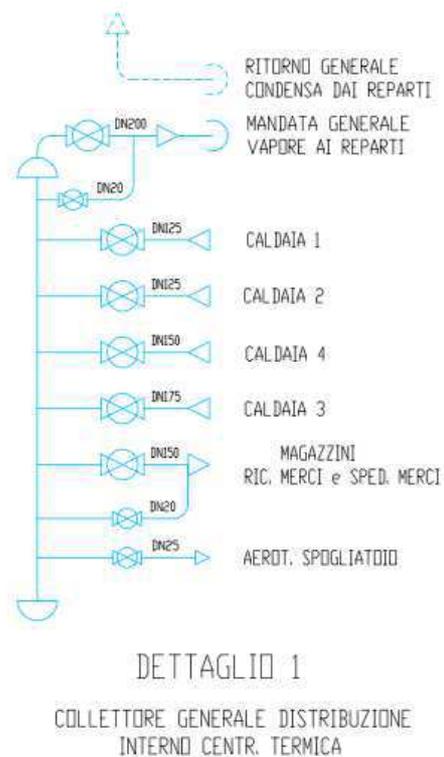


Fig. 14: Collettore generale

Sulla Struttura B vi è il gruppo di distribuzione con il seguente schema:

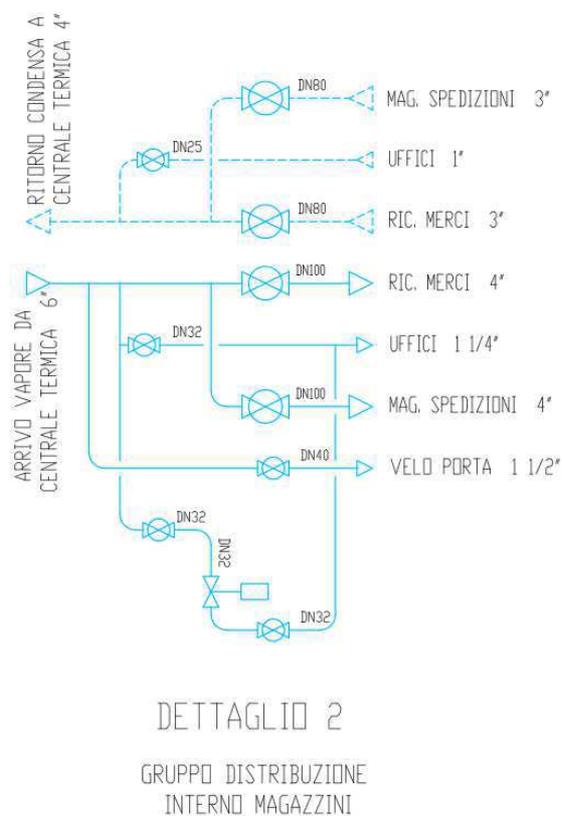


Fig. 15: Gruppo di distribuzione interno magazzini

Come è possibile vedere dalla Fig. 15 le linee relative alle diverse aree sono in parallelo. La linea principale è composta da 6" tubi, mentre le linee secondarie hanno diametri più piccoli dimensionati in base al carico.

È visibile dallo schema anche un impianto di ritorno che viene utilizzato per portare condensa.

La Struttura A, invece è caratterizzata da due collettori principali (alimentazione e ritorno) che garantiscono vapore a 5 bar a tutti i generatori di aria calda (Fig. 16).

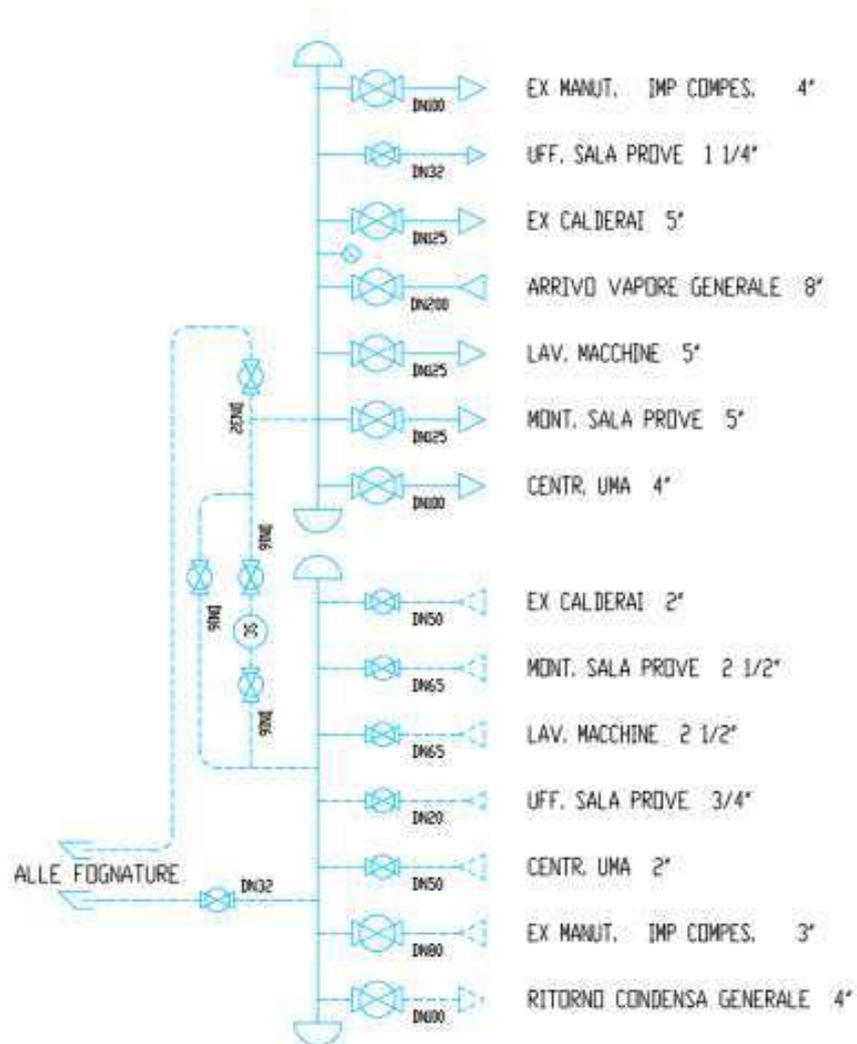


Fig. 16: Rete di distribuzione del vapore - Struttura A

Come è visibile dalla Fig.14 dal collettore generale della centrale termica partono due reti di distribuzione del vapore saturo a 5 bar:

- Circuito area officina;
- Circuito area ricevimento-spedizioni.

Area officina

L'area officina è suddivisa in 5 zone. Dalla rete di distribuzione principale, il vapore a 5 bar passa attraverso il collettore generale di distribuzione e alimenta nell'area dell'officina la rete di distribuzione degli aerotermini, installati in prossimità dei pilastri. Dal collettore generale inoltre partono due circuiti di alimentazione, completi di

scambiatori di calore vapore-acqua, elettropompe di circolazione e gruppi di regolazione. I due circuiti alimentano le seguenti sottostazioni:

- Sottostazione uffici sala prove;
- Sottostazione UMA - palazzina uffici.

Quest'ultima è stata sottoposta ad un lavoro di separazione dell'impianto di riscaldamento tra officina e zona uffici. Questi ultimi sono stati infatti dotati di pompe di calore con COP maggiore di 3,5 (pompe di calore ad alta efficienza), slegando quindi il loro consumo dall'approvvigionamento di gas naturale.

Area	Superficie [m ²]	Altezza [m]	media N° aerotermi	N° d'aria	veli
Reparto L	1600	11	13	3	
Magazzino nuovo	3150	15	18	-	
Officina montaggi	9450	15	40	-	
Officina	6300	15	35	-	
Palazzina uffici	1200	11	-	-	

Tab. XI: Numero di aerotermi e veli d'aria presenti nelle varie zone

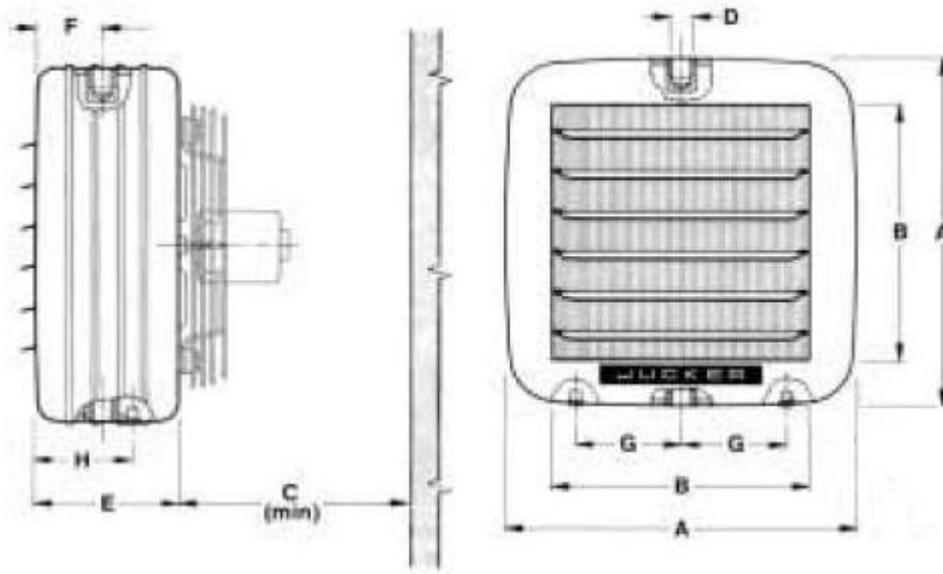


Fig. 17: Aerotermin

Aerotermin	
Marca	Jucker
Modello	J602
A	775 mm
B	610 mm
C	700 mm
D	240 mm
E	95,5 mm
F	270 mm
H	162 mm
Peso	53,5 kg
Potenzialità termica	80 kW
Potenza elettrica	300 W

Tab. XII: Caratteristiche aerotermin

Area ricevimento-spedizioni

Dalla rete di distribuzione principale, il vapore saturo a 5 bar passa attraverso un collettore di distribuzione e alimenta la rete di distribuzione degli aerotermi dell'area ricevimento-spedizioni. Gli aerotermi utilizzati sono dello stesso modello presente nella zona officina.

Area	Superficie [m ²]	Altezza media [m]	N° aerotermi	N° veli d'aria
Area ricevimento merci	3.255	12	26	1
Area Coating & Repair	2.600	12	16	-

Tab. XIII: Numeri di aerotermi e veli d'aria presenti nelle zone interessate

2.1.2 Impianto di raffrescamento e condizionamento

Nelle aree officina e spedizioni sono presenti sui soffitti dei miscelatori d'aria, azionati da un termostato, che hanno la funzione di spingere verso il basso l'aria calda stagnante in alto proveniente dagli impianti di riscaldamento (dai macchinari), contrastando così la destratificazione.

Area	N° destratificatori
Reparto L	7
Magazzino nuovo	11
Officina montaggi	19
Officina	33
Area ricevimento merci	-
Area TST	9

Tab. XIV: Numero di destratificatori presenti nelle differenti zone

Le caratteristiche dei destratificatori della Apen Group sono riportate nella Tab. XV.



Fig. 18: Destratificatori

Destratificatori	
Marca	Apen Group
Modello	King K100
Aria trattata	10.000 m ³ /h
Velocità	700 g/min
Raggio di azione	9 m
Area di influenza	300 m ²
Altezza massima d'installazione	12 m
Altezza massima ambiente	18 m
Potenza assorbita	300 W
Consumo di corrente	1,7/1,0 A
Grado di protezione	IP44
Ventilatore tipo	Elicentrifugo
Numero pale giranti	4
Livello sonoro	30 db
Larghezza	680 mm
Altezza	570 mm
Peso	18 kg
Finitura esterna	Vernice polveri epossidiche

Tab. XV: Caratteristiche destratificatori

Mentre la Struttura A, B e nell'area Coating & Repair vengono riscaldati dal sistema descritto in precedenza la climatizzazione invernale ed estiva nella zona uffici, come già accennato, è del tipo ad espansione diretta con pompe di calore, che da la possibilità di raffrescare e riscaldare contemporaneamente mediante l'adozione di unità VRF (volume di refrigerante variabile) con unità interne a pavimento collegate all'unità esterna con tubazioni in rame. L'energia primaria utilizzata dal sistema è quella elettrica, il fluido che fa da vettore energetico per il calore è il gas refrigerante R410A.

Grazie al sistema VRF è possibile variare la portata di refrigerante di ogni circuito in modo lineare e direttamente proporzionale al carico termico (sia di raffreddamento che di riscaldamento), variando la velocità di rotazione del compressore.

L'evacuazione della condensa prodotta dalle unità esterne in periodo estivo avviene tramite una rete collegata alle tubazioni dell'impianto idrosanitario.

Le unità esterne risultano essere 6 modelli della marca LG con le caratteristiche tecniche riportate nella Tab.XVII.

LG	Raffreddamento			Riscaldamento		
	P_{thcool} [kW]	EER	P_{el} [kW]	P_{thheat} [kW]	COP	P_{el} [kW]
ARUB220LT2	61,6	3,6	17,13	69,3	4,24	16,33
ARUB160LT2	44,8	3,34	14,00	50,4	4,05	12,44
ARUB140LT2	39,2	3,89	10,06	44,1	4,38	10,08
ARUB120LT2	33,6	3,70	9,08	37,8	4,17	9,05
ARUB100LT2	28	3,91	7,16	31,5	4,29	7,33
ARUB80LT2	22,4	4,24	5,28	25,2	4,39	5,73
	229,6	-	62,71	258,3	-	60,96

Tab. XVI: Unità esterne

Dove EER e COP sono:

$$EER = \frac{\text{Capacità di raffreddamento}}{\text{Potenza assorbita}} \quad (2.2)$$

$$COP = \frac{\text{Capacità di riscaldamento}}{\text{Potenza assorbita}} \quad (2.3)$$



Fig. 19: Esempio di unità esterna LG ARUB100LT2

Unità esterna LG ARUB100LT2	
Marca	LG
Modello	ARUB100LT2
Alimentazione	380-415 V, trifase, 50 Hz
Livello di pressione sonora	58 dB(A)
Potenza elettrica in raffreddamento	7,16 kW
Potenza elettrica in riscaldamento	7,33 kW
Dimensioni	1.280x1.607x730 mm
Capacità di raffreddamento	28,0 kW
Capacità di riscaldamento	31,5 kW

Tab. XVII : Esempio di caratteristiche unità esterna

Nella struttura vi sono anche unità interne a parete sempre di marca LG, con le seguenti caratteristiche:

Unità interna a parete LG ARNU09GSEL2	
Marca	LG
Modello	ARNU09GSEL2
Alimentazione	220-240 V, monofase, 50 Hz
Livello di pressione sonora	39/35/25 dB(A)
Potenza elettrica assorbita	40 W
Potenza elettrica in riscaldamento	7,33 kW
Dimensioni	895 x165x282 mm
Capacità di raffreddamento	2,8 kW
Capacità di riscaldamento	3,2 kW

Tab. XVIII: Caratteristiche unità interna

Le unità interne a pavimento invece sono di 4 modelli diversi, sempre di marca LG, con le seguenti caratteristiche.

LG	Raffreddamento	Riscaldamento	Potenza elettrica assorbita	Numero
	P_{thcool} [kW]	P_{thheat} [kW]	P_{el} [W]	
ARNU09GCEA2	2,8	3,2	30	40
ARNU12GCEA2	3,6	4,0	30	28
ARNU18GCEA2	5,6	6,3	80	11
ARNU24GCEA2	7,1	8,0	80	9
	19,1	21,5	280	

Tab. XIX: Unità interne

C'è anche un'unità di raffreddamento nella sala da pranzo, con le seguenti caratteristiche:

MACS/LN0411	Raffreddamento		
	P_{cool} [kW]	EER	P_{el} [kW]
ARUB160LT2	52	1,44	36,24

Tab. XX: Unità di raffreddamento mensa

L'unità di raffreddamento installata nella sala da pranzo usa R407c.

2.4 Impianto d'aria compressa

Il sistema di aria compressa è utilizzato principalmente per fornire aria compressa agli utensili presenti nell'officina come ad esempio il Makino.



Fig. 20: Foto compressore 4

L'impianto è composto da 4 compressori, 1 compressore d'aria refrigerata con essiccatore, 3 depositi e la rete di distribuzione. I compressori hanno le caratteristiche riportate nell'immagine seguente:

1) COMPR. ATLAS COPCO GA 375	
MARCA	ATLAS COPCO
MATRICOLO	ARP 871895
NUMERO ASSEGNATO	1
TIPO DI OLIO	Renolin I-TF 32 (Fuchs Lubrificant)
POTENZA	25 KW
2) COMPR. ATLAS COPCO GA 75	
MARCA	ATLAS COPCO
MATRICOLO	All 410600
NUMERO ASSEGNATO	2
TIPO DI OLIO	Renolin I-TF 32 (Fuchs Lubrificant)
POTENZA	25 KW
3) COMPR. ATLAS COPCO GA 90 VSD	
MARCA	ATLAS COPCO
MATRICOLO	API 050812
NUMERO ASSEGNATO	3
TIPO DI OLIO	ROTORINJECT FLUID/ CMP 46 (Orlube)
POTENZA	25 KW
4) COMPR. ATLAS COPCO GA 132 VSD FF	
MARCA	ATLAS COPCO
MATRICOLO	APF 134434
NUMERO ASSEGNATO	4
NOTE	ULTIMO INSTALLATO
TIPO DI OLIO	ROTORINJECT FLUID/ CMP 46 (Orlube)
POTENZA	168 kw

Fig. 21: Caratteristiche compressori

I compressori 3 e 4 sono compressori a velocità variabile, mentre l'1 e 2 sono a velocità fissa. Inoltre, i compressori 1, 3 e 4 sono con timer mentre il compressore 4 ha un interruttore manuale. L'aria viene compressa a 7.4 bar per soddisfare gli standard necessari per gli utensili in officina. I primi tre compressori si trovano nell'area compressori, accanto all'impianto di riscaldamento, mentre il compressore 4 è situato vicino all'area Coating & Repair. Quest'ultimo è sempre acceso anche durante il fine settimana, con una velocità minima di 901 giri/min, per garantire la continuità di funzionamento in tutti i magazzini. Durante la compressione, l'aria viene riscaldata e scorre attraverso un condotto ad una temperatura inferiore. Ciò provoca un raffreddamento isobarico dell'aria compressa portando alla formazione di condensa che deve essere rimossa. Di seguito vi sono le caratteristiche del compressore d'aria refrigerata con essiccatore.

Modello	FD 750 A FS
Marca	ATLAS COPCO AIRPOWER
Potenza	5,3 kW
Temperatura aria a P_{max}	1,3 °C
Temperatura ambiente	40 °C
Refrigerante	R404 A
P_{max}	29 bar

Tab. XXI: Caratteristiche compressori

Vi sono anche tre serbatoi d'aria compressa: uno con una capacità di 3000 l, vicino alla zona TST, e gli altri due con una capacità di 5000 l;

Tutti i dispositivi mantengono l'aria a 7,4-7,5 bar. L'immagine seguente raffigura i due serbatoi d'aria compressa.



Fig. 22: Foto serbatoi d'aria compressa

La rete di distribuzione è costituita da diverse sezioni con differenti diametri come è possibile vedere nel "Dettaglio 1". Il primo tratto è caratterizzato da 6" canali interrati che collegano l'area dei compressori ai depositi e all'ingresso della struttura. Il condotto d'aria 5" è lungo 120 m e va all'interno della Struttura A per alimentare 7 rami 3" lunghi 170 m ciascuno che percorrono l'intera area. Il compressore 4 fornisce l'area compressa al TST con una linea dorsale 3" di lunghezza 40 m con 4 rami 2" lunghi 80; La struttura dell'anello è chiusa da un'altra linea 2" parallela alla linea dorsale. L'intero layout è riportata nell'Appendice A.

2.5 Macchinari

Le macchine utensili presenti nell'officina sono molteplici e di vario genere, tra cui fresatrici, brocciatrici, saldatrici, torni, trapani, seghe ed equilibratrici.

La Struttura A della EthosEnergy è suddivisa in 8 aree produttive in ognuna della quali vengono realizzati i diversi componenti meccanici per la produzione delle turbina.

Le parti della turbina come dischi, palette, anelli e lame vengono realizzate separatamente per essere assemblate nella zona apposita.

Oltre la produzione di nuove turbine a gas avviene anche la manutenzione e riparazione di alcuni particolari meccanici.

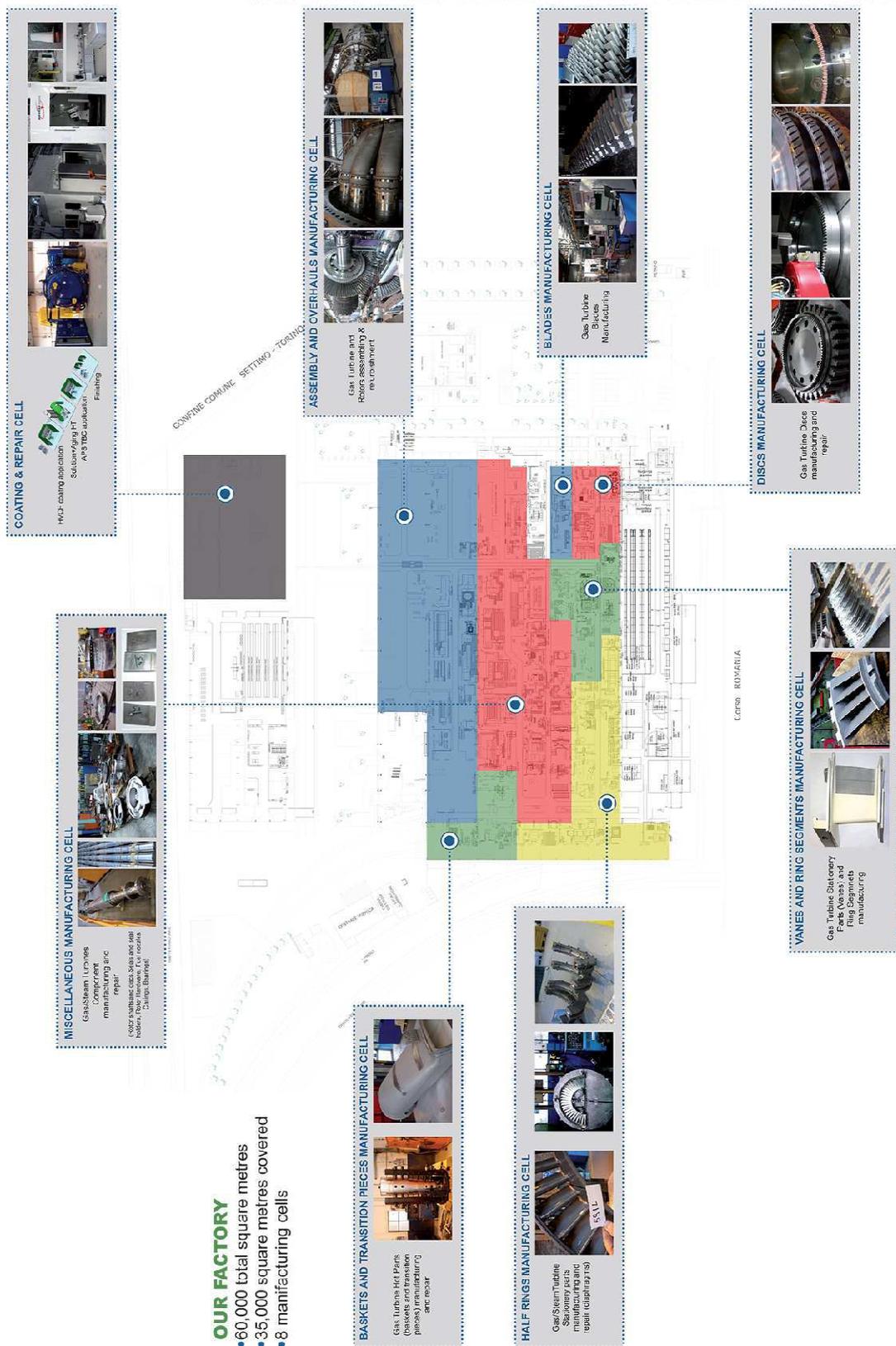


Fig. 23: Officina Ethosenergy Italia Spa

L'elenco di tutti gli strumenti di lavoro presenti nell'officina e nel magazzino necessari alla costruzione di singoli componenti meccanici di una turbina a gas è riportato nell'Appendice A.

Le immagini che seguono danno un'idea dell'officina e del prodotto finale:



Fig. 24: Campata officina Ethosenergy Italia Spa

Nella Fig.25 è visibile la turbina a gas completa, composta dagli stati rotorici del compressore, dalla camera di combustione e dalla parte statorica della turbina.



Fig. 25: Prodotto finale

Capitolo 3

Analisi energetica del caso-studio

Partendo dalle informazioni preliminari e dallo storico consumi e costi di gas naturale e energia elettrica è possibile passare alla seconda fase dell'audit energetico, ovvero l'analisi e la valutazione delle prestazioni energetiche

Dai valori presenti in fatture e bollette è stato possibile ricavare i dati di consumo e di costo dell'energia elettrica e del gas naturale.

I valori di consumo saranno convertiti in termini di energia primaria, quindi in Tonnellate Equivalenti di Petrolio (TEP) con le seguenti relazioni di conversione

$$1 \text{ MWh}_{el} = 0,23 \text{ TEP}$$

$$1000 \text{ Sm}^3 = 0,82 \text{ TEP}$$

Nel caso dell'energia elettrica si è scelto di utilizzare il valore riferito alla trasformazione dell'energia in alta/media tensione piuttosto che quello in bassa tensione poiché il contatore risulta essere posizionato a monte del trasformatore.

3.1 Analisi Bottom-Up

Prima di effettuare l'analisi energetica è opportuno identificare quali sono le fonti primarie e i vari vettori trattati nel sito industriale.

L'analisi Bottom up è finalizzata a concentrare l'attenzione su tutti i vettori trattati dal sito industriale. Nell'analisi Bottom-up sono specificate le fonti dalle quali poi provengono i vettori. Essi sono connessi tra loro e a loro volta interconnessi con gli usi e consumi fino a realizzare un sistema completo.

Questo diagramma è stato realizzato in collaborazione con l'Energy Manager dello stabilimento. Lo schema è riportato in Fig.:

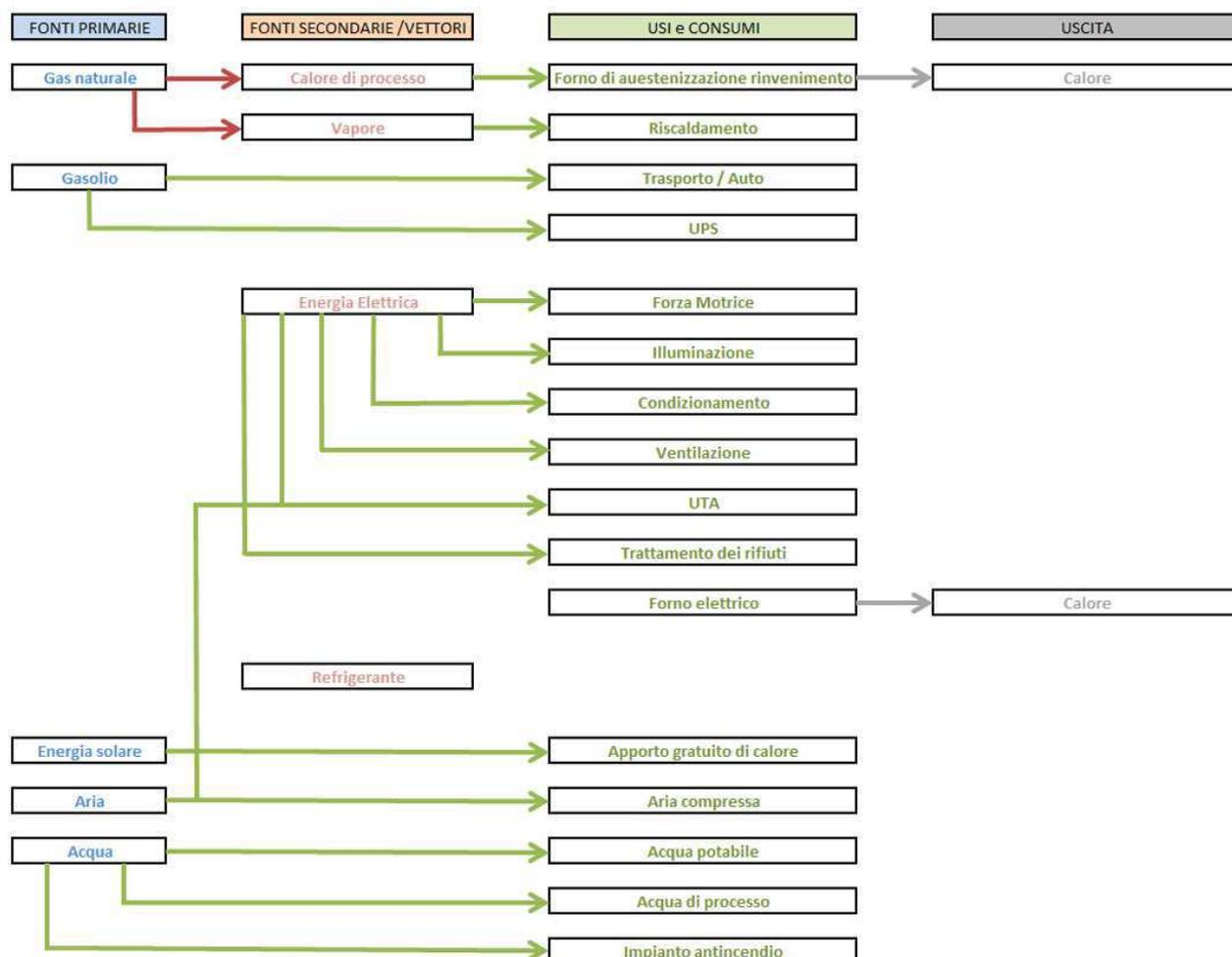


Fig. 26: Modello Bottom-Up

I consumi di energia elettrica e gas naturale saranno trattati nei capitoli successivi disponendo di tutti i dati forniti dai contatori a differenza dell'impianto dell'aria compressa.

I consumi e i costi del gasolio verranno analizzati per avere un'idea dei costi energetici ed ecologici, definiti come i costi legati al trattamento delle acque e dei rifiuti.

La fonte "acqua" non verrà trattata e di conseguenza l'analisi sarà basata sui consumi di gas naturale e di energia elettrica che sono anche i vettori più importanti in termini di quantità trattata e costi.

3.2 Gas Naturale

Dai dati delle fatture è possibile suddividere l'andamento dei consumi di gas naturale nei diversi anni dal 2008 al 2017 (data attuale). Sono stati considerati sia gli anni solari che quelli fiscali. Infatti il dato di consumo riferito all'anno fiscale risulta essere più facilmente scomponibile, soprattutto nell'ambito della creazione dei KPI energetici, in presenza di valori quali le presenze medie annuali o il fatturato.

La tabella di seguito riporta i consumi di gas nei corrispettivi anni fiscali:

Mesi	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Ottobre	31.960	62.483	62.353	38.600	33.783	29.780	25.167	35,759	32.823
Novembre	72.745	115.344	123.392	105.990	87.390	95.810	81.529	111,001	113.700
Dicembre	170.868	207.750	207.940	159.770	139.220	114.770	79.920	150,415	110.208
Gennaio	236.458	235.391	186.431	165.425	154.380	129.982	134.244	160,847	202.071
Febbraio	194.150	191.940	128.175	233.040	166.764	123.170	136.681	136,808	117.083
Marzo	102.814	141.530	80.457	61.023	111.400	76.964	93.903	96,139	53.671
Aprile	29.356	48.960	8.048	47.548	37.960	13.443	20.351	25,970	9.443
Maggio	4.282	7.324	1.136	492	1.190	2.961	3.130	260	0,00
Giugno	290	1.130	580	481	1.498	890	512	66	97
Luglio	391	370	890	446	697	1.171	236	0	0
Agosto	245	300	129	143	240	619	17	126	0
Settembre	326	579	390	167	700	1.084	3.219	176	0
Totale [Sm³]	843.885	1.013.101	799.921	813.125	735.222	590.644	578,909	717,567	382.365
TEP	691,99	830,74	655,94	666,76	602,88	484,33	474,71	588,40	313,54

Tab. XXII: Consumi di gas naturale negli anni fiscali

Il gas naturale viene utilizzato principalmente per alimentare il forno “Bioteco” e le caldaie nell'impianto di riscaldamento centrale. Il metano consumato dalle due caldaie è trascurabile rispetto a quello utilizzato per il forno “Bioteco”. È possibile calcolare la portata di gas consumata in anno dal forno.

$$\begin{aligned}
 \dot{m}_{gas} &= P_{forno} \cdot ore_{anno} \cdot 3600 \cdot \frac{1}{PCS} \cdot \frac{1}{\eta} = & (3.1) \\
 &= 200 \text{ kW} \cdot 20 \frac{\text{ore}}{\text{settimana}} \cdot 49 \text{ settimane} \cdot 3600 \cdot \frac{1}{37.9 \text{ MJ}} \cdot \frac{1}{0.95} = \\
 &= 720 \text{ MJ} \cdot 20 \frac{\text{ore}}{\text{settimana}} \cdot 49 \text{ settimane} \cdot \frac{1}{37.9 \text{ MJ}} \cdot \frac{1}{0.95} \cong 19597,27 \text{ Sm}^3
 \end{aligned}$$

Dove:

P_{forno} = è la potenza nominale del forno espressa in kilowatt ;

ore_{anno} = ore di lavoro del forno stimate durante l'anno;

3600 = è il fattore di conversione;

PCS = potere calorifero superiore del gas naturale pari a 39.9 MJ/Nm³ . (Sapendo che i Nm³ sono legati agli Sm³ dalla seguente relazione: 1 Sm³ = 0,9469 Nm³ il risultato finale sarà pari a 37.9 MJ/Sm³).

Mentre per quanto riguarda il consumo mensile:

$$\begin{aligned}
 \dot{m}_{gas} &= P_{forno} \cdot ore_{mese} \cdot 3600 \cdot \frac{1}{PCI} \cdot \frac{1}{\eta} = & (3.2) \\
 &= 720 \text{ MJ} \cdot 20 \frac{\text{ore}}{\text{settimana}} \cdot 49 \text{ settimane} \cdot \frac{1}{37.9 \text{ MJ}} \cdot \frac{1}{0.95} \cong 1749 \text{ Sm}^3
 \end{aligned}$$

Confrontando questi valori con i consumi di riscaldamento all'anno e al mese (rispettivamente 760.000 Sm³ / anno e 65.000 Sm³ / mese circa in media), è possibile concludere che sono trascurabili. Com'è possibile vedere dal Grafico 1 e 2 vi è una forte dipendenza da una stagione all'altra.

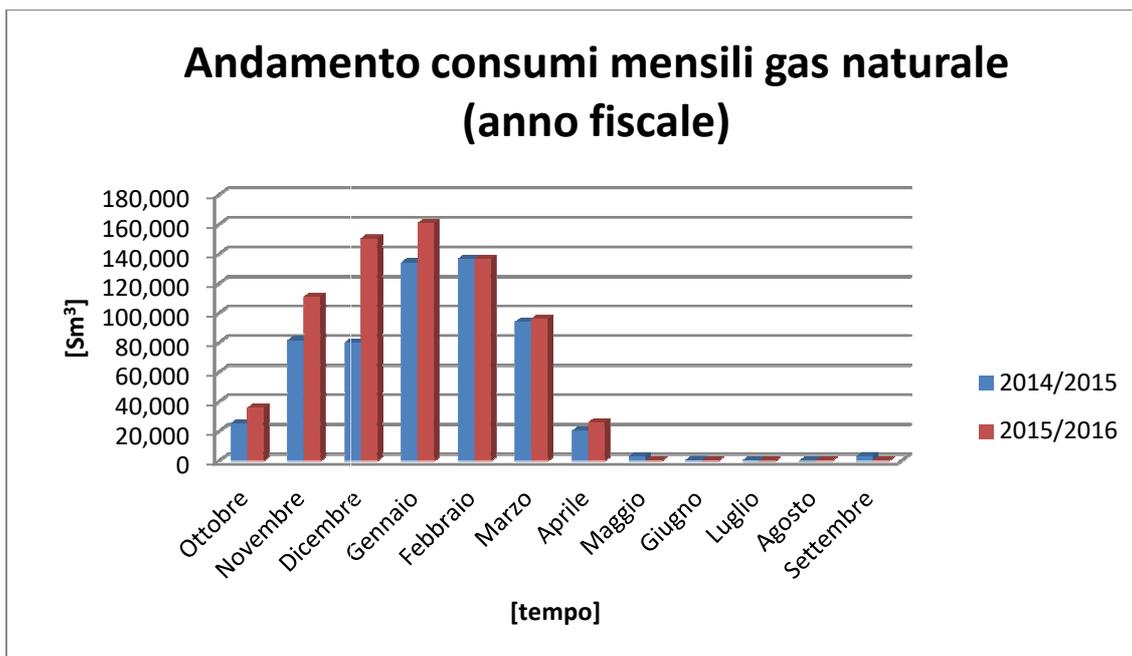


Grafico 1: Consumi gas naturale EthosEnergy (anno fiscale)

Il Grafico 1 è costruito considerando l'anno fiscale (da ottobre a settembre) e mostra chiaramente l'aumento dei consumi durante i mesi invernali. Il grafico di colore rosso indica il periodo riferito al 2015-2016. Per completezza nel Grafico 2 sono mostrati gli stessi consumi nell'anno solare:

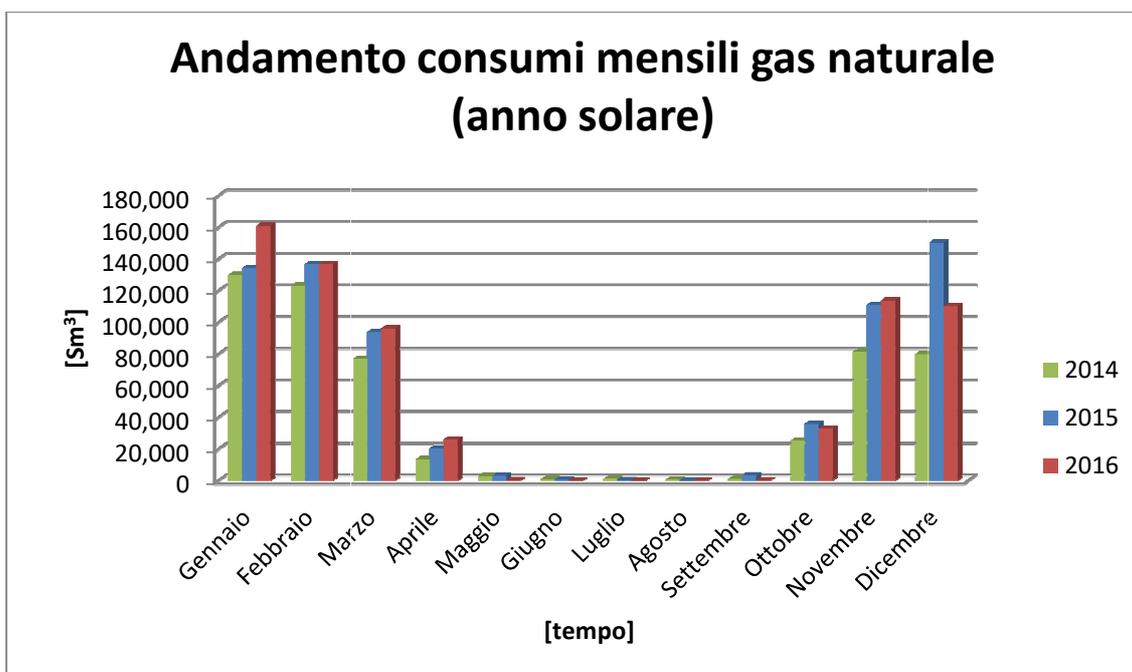


Grafico 2: Consumi gas naturale EthosEnergy (anno solare)

Il periodo di riscaldamento inizia il 15 ottobre e termina il 15 aprile. I consumi più alti sono chiaramente a gennaio e i più bassi ad agosto.

3.2.1 Storico consumo e costi

Come riportato nel Grafico 3 è possibile notare come l'andamento dei consumi di gas naturale sia decrescente negli anni, sebbene vi sia stato minimo relativo nell'anno 2008 e successivamente una leggera risalita negli anni successivi e poi un'ulteriore diminuzione negli ultimi anni. In particolare tra l'anno 2006 e l'anno 2016 vi è stato un decremento dei consumi di circa il 44% globalmente, passando da oltre 1.205.330 Sm^3 nel 2006 a circa 677.123 Sm^3 nel 2016. In particolare possiamo notare il grande stacco che si è registrato tra l'anno 2010 e il 2011. Infatti a partire dal 2011 si è attuata una migliore gestione dell'impianto, tramite la separazione dell'impianto di riscaldamento tra officina ed uffici, registrando una significativa riduzione dei consumi. Questi ultimi sono stati dotati di pompe di calore aventi COP maggiore di 3,5 (pompe di calore ad alta efficienza). Inoltre si è attuata la possibilità di verificare manualmente la temperatura dell'officina e regolando di conseguenza la temperatura in immissione del vapore e razionalizzando così i cicli di accensione e spegnimento delle caldaie. Tutto questo ha contribuito ad un importante calo dei consumi di gas naturale, quantificabile nell'ordine del 30%.

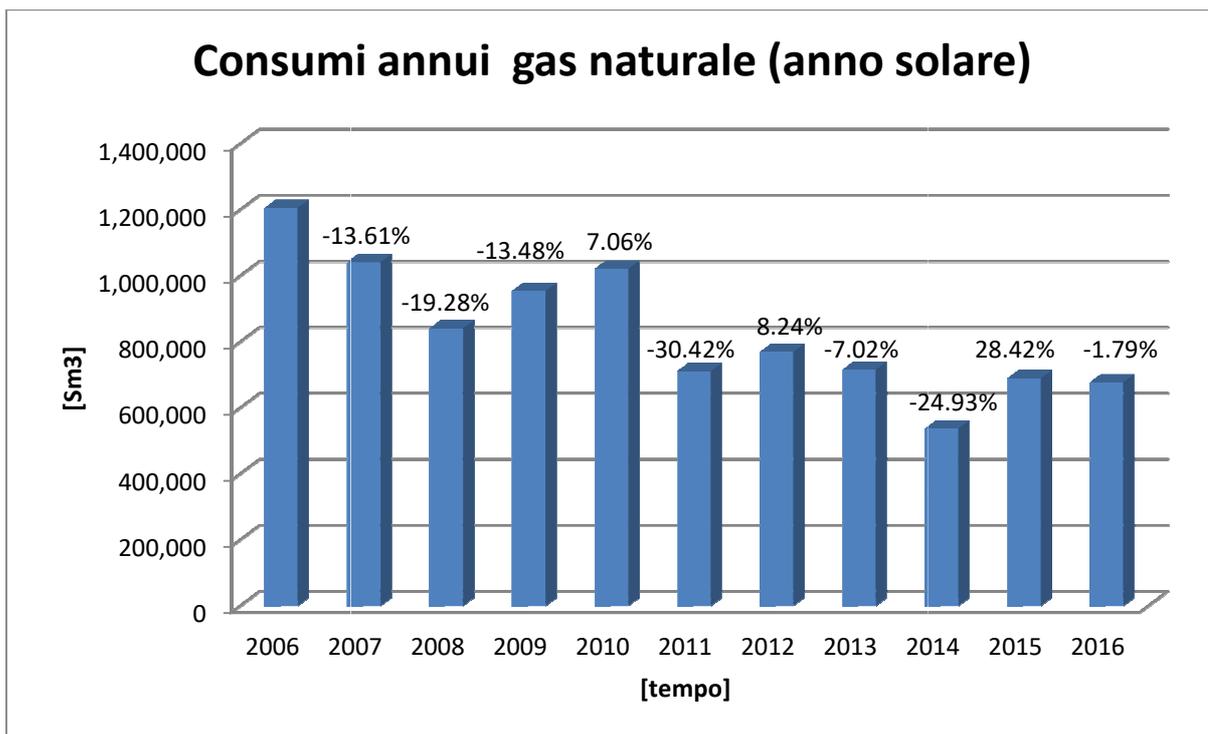


Grafico 3: Consumi annuali gas naturale EthosEnergy (anno solare)

Nel Grafico 4 è riportato invece l'andamento dei costi totali annuali di gas naturale, dove la variazione percentuale rispetto all'anno precedente è sostanzialmente diversa da quella dei consumi.

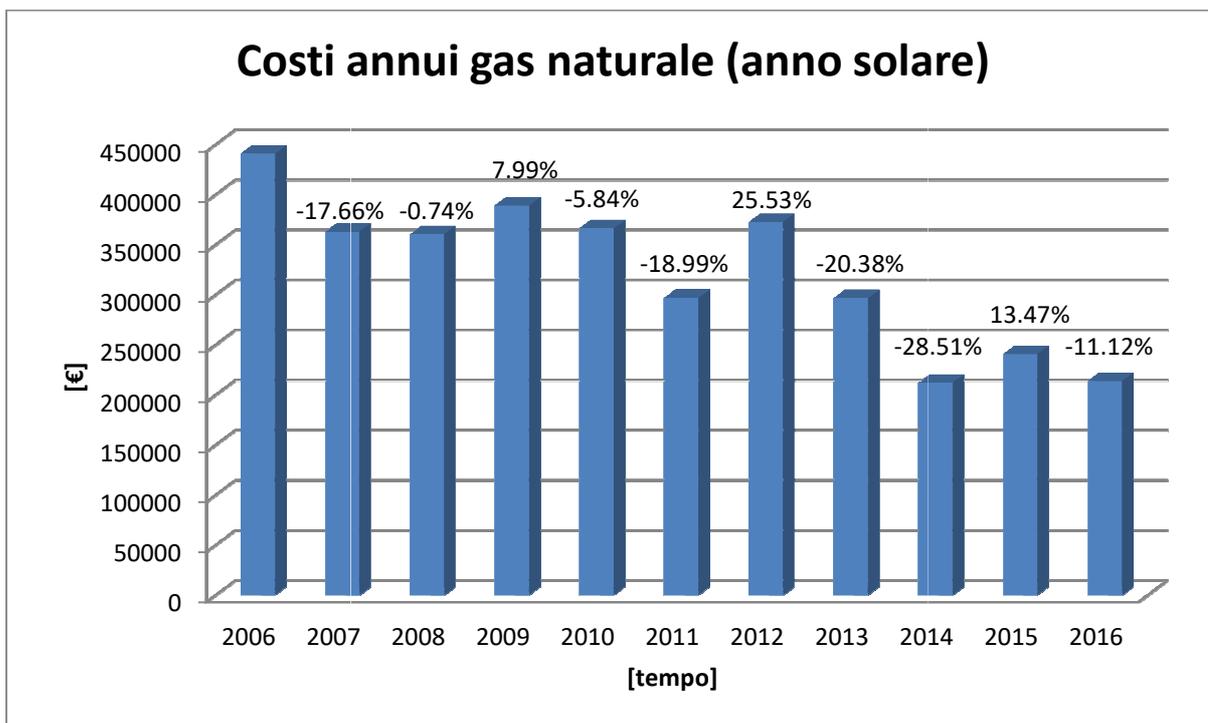


Grafico 4: Costi annuali gas naturale EthosEnergy (anno solare)

In particolare dal 2006 al 2016 la variazione percentuale nei costi è di circa il 51%, quindi non in linea con quella vista per i consumi, con variazioni anno per anno piuttosto diverse, soprattutto per quanto riguarda l'anno 2009 dove, a fronte di un risparmio del 13% in fatto di consumi rispetto all'anno precedente, vi è un risparmio nei costi dell'8%.

Il differente andamento del consumi rispetto al costo specifico del combustibile è visibile dal Grafico 5, dove possiamo notare un aumento del costo specifico in concomitanza una diminuzione cospicua dei consumi, ovvero l'anno 2008. Un aumento considerevole del costo specifico del gas naturale è presente anche nell'anno 2011, a fronte della diminuzione più forte per quanto riguarda i consumi.

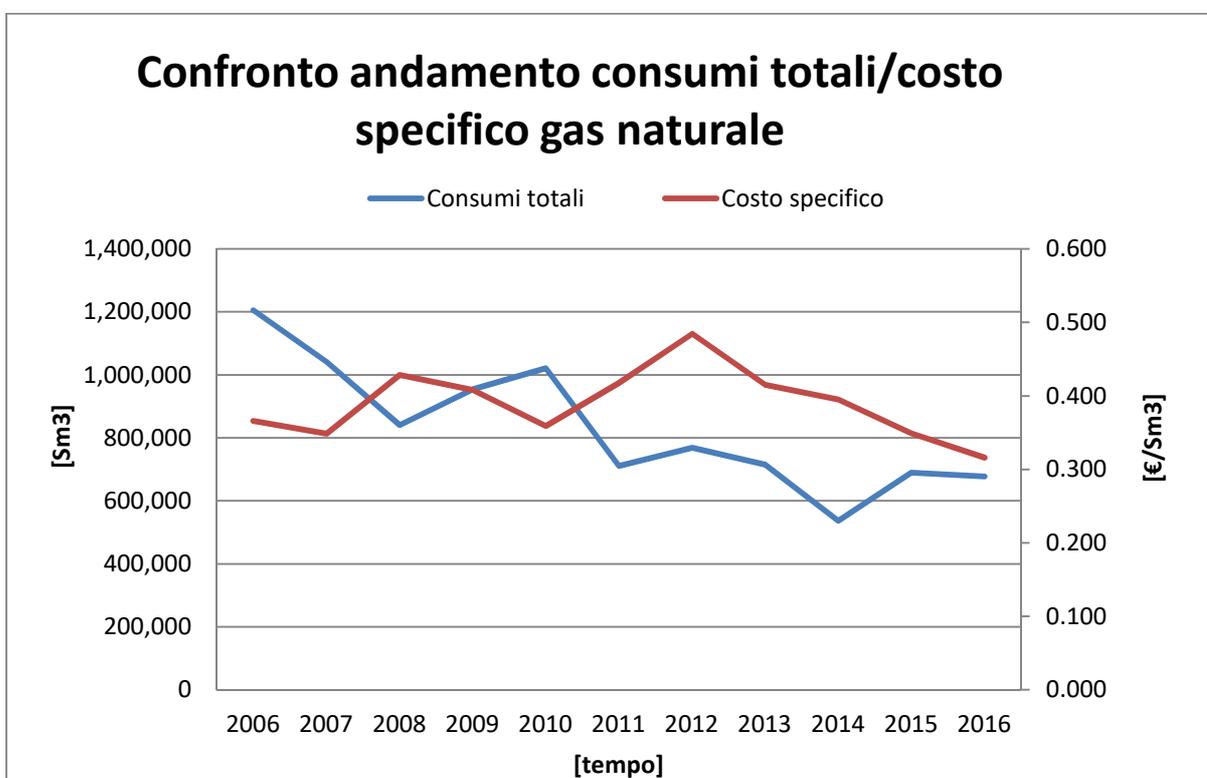


Grafico 5: Confronto andamento consumi totali/costo specifico gas naturale EthosEnergy (anno solare)

3.2.2 Correlazione consumo riscaldamento/temperatura esterna

È possibile ora effettuare un'analisi per vedere se vi sia una correlazione di tipo lineare tra il consumo di gas naturale durante i mesi invernali e la temperatura esterna. In particolare sarà utile confrontare il consumo di gas naturale a parità di condizioni esterne, utilizzando quindi un fattore correttivo, per comparare il livello di efficienza energetica degli impianti di riscaldamento durante i vari anni. Poiché si sono attuati diversi interventi atti a migliorare l'efficienza degli impianti di riscaldamento durante gli anni, sarà effettuata l'analisi soltanto negli ultimi sette anni.

Dai dati forniti dalla stazione meteorologica di Torino Caselle durante gli anni, è stato possibile ricavare una temperatura media mensile per ogni annata indagata, come riportato in Tab XXIII. Ricordiamo che Torino, facente parte della zona climatica E, ha un periodo di riscaldamento che va dal 15 ottobre al 15 aprile.

Anno fiscale	Ottobre	Novembre	Dicembre	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile
	$T_{media} [^{\circ}C]$						
2009/2010	9,6	7,5	1,1	0	2,7	7,4	10,4
2010/2011	9,5	7,8	1,2	1,7	5,3	8,5	16,8
2011/2012	9,9	7,7	4,1	2,5	0,8	11,9	10,5
2012/2013	13,7	7,8	3,5	3	5,9	6,6	12,3
2013/2014	13,4	7,8	3,5	4	5,9	10,4	14,1
2014/2015	15,1	9,6	4,7	3,8	4,2	9,6	13,6
2015/2016	12,6	8,1	4,6	3,7	6,2	8,7	13,7

Tab. XXIII: Temperatura media mensile negli anni fiscali considerati

Da tali dati sono stati ricavati i Gradi Giorno (GG) dell'anno in questione, secondo la relazione:

$$GG = n_g \sum_{e=1}^n (T_0 - T_e) \quad (3.3)$$

dove:

n_g = numero giorno mese indagato

T_0 = temperatura interna (scelta convenzionalmente pari a 20 °C)

T_e = temperatura esterna media mensile

Quindi si ottengono i Gradi Giorno e i relativi consumi per ogni inverno nelle annate analizzate, riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** XXIV.

Anno fiscale	Gradi Giorno	Consumo totale [Sm^3]
2009/2010	2.776,7	1,003,398.00
2010/2011	2.510,7	796,796.00
2011/2012	2.507,3	811,396.00
2012/2013	2.572,7	730,897.00
2013/2014	2.266,6	583,919.00
2014/2015	2.232,6	571,795.00
2015/2016	2.296,7	716,939.00

Tab. XXIV: Gradi giorno e corrispettivo consumo

È possibile creare un grafico dell'andamento di questi due valori sopra riportati in funzione dei vari anni. Si nota dal Grafico 6 come l'andamento tra i due parametri sia confrontabile, dato che ad un aumento dei Gradi Giorno (quindi ad un abbassamento della temperatura esterna media mensile) corrisponda un aumento dei consumi di gas naturale, poiché si dovrà fornire più calore agli ambienti per supplire alla maggiore dispersione termica attraverso le pareti. Tra l'anno 2011/2012 e il 2012/2013 possiamo notare come ad un aumento dei Gradi Giorno sia corrisposta una diminuzione anche dei consumi a differenza di quello che succede tra l'anno 2014/2015 e il 2015/2016 dove vi è un leggero aumento dei consumi porta ad un rapida ascesa dei consumi.

Nell'ultimo anno fiscale l'aumento dei consumi è dato da un aumento di ore di lavoro nelle ore notturne.

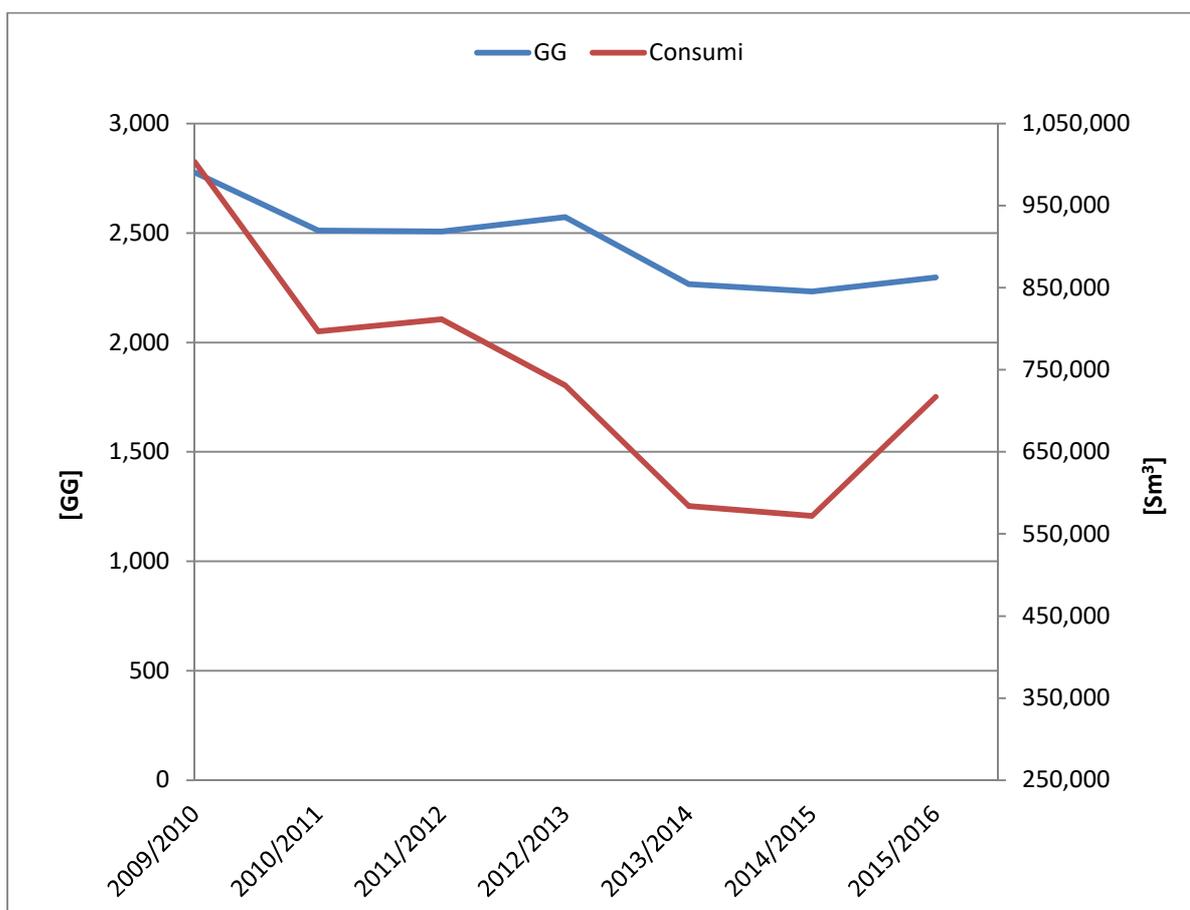
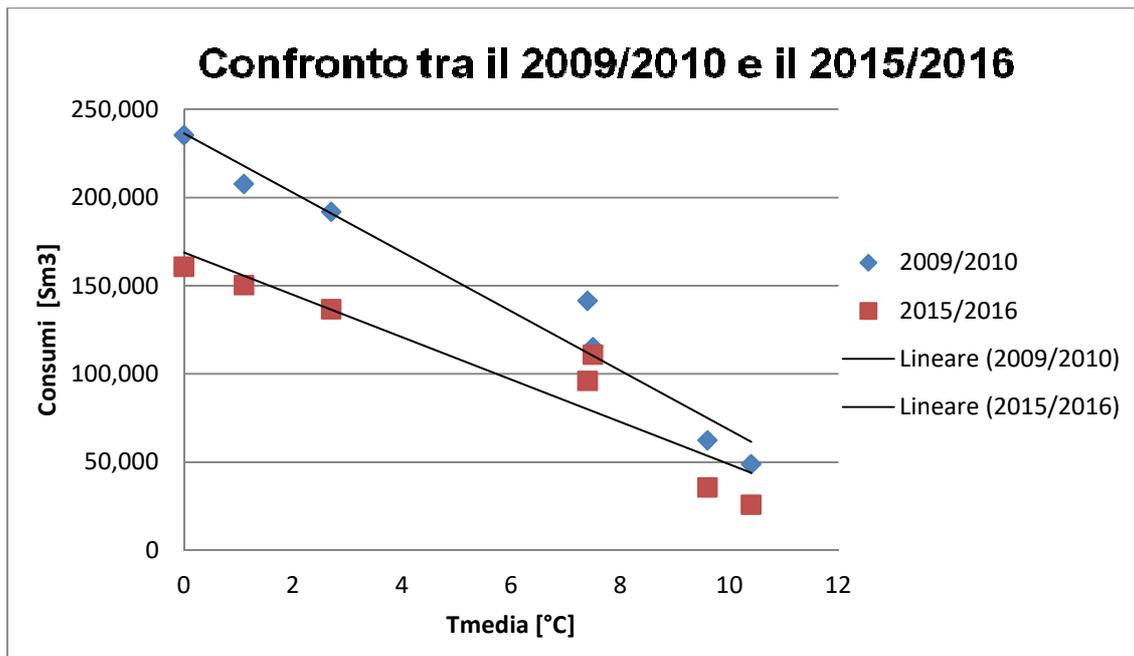


Grafico 6: Andamento GG e consumi in funzione degli anni

È ora possibile analizzare l'efficienza effettiva dell'impianto di riscaldamento.

Il consumo di gas è confrontato rispetto alla temperatura esterna. Questa analisi aiuta a comprendere il comportamento del sistema rispetto alla temperatura esterna, confrontando i consumi nei diversi anni.

È stata quindi costruita una retta che rappresenta l'andamento lineare dei consumi in funzione della temperatura esterna. La pendenza della retta fornisce fondamentali informazioni sul tipo di sistema, sulla sua gestione e sulla valutazione dei miglioramenti in termini di risparmio. Il seguente grafico mostra la variazione di pendenza tra il 2009/2010 e il 2015/2016:



**Grafico 7: Consumi in funzione della temperatura media esterna
(2009/2010 - 2015/2016)**

Si può quindi notare come l'aumento di efficienza dell'impianto di riscaldamento rispetto all'annata 2009/2010 sia evidente, poiché per raggiungere il consumo reale sarebbe necessaria una retta con pendenza molto maggiore. Ciò è un evidente sintomo dell'installazione delle pompe di calore per il riscaldamento invernale nel lato uffici, che ha contribuito ad una diminuzione dei consumi di gas naturale, nonostante il maggior numero di Gradi Giorno.

Il grafico dovrebbe risultare abbastanza costante se non ci fosse alcuni problemi di correlazione tra i consumi di gas e i gradi giorno. Più costante è il rapporto tra consumi e i Giorni Gradi, minore è l'influenza dei problemi nella gestione dell'impianto.

3.2.3 Analisi puntuale ultima annualità

È possibile ora analizzare più nel dettaglio l'anno 2016, confrontandolo con il precedente, per osservare più nel dettaglio i consumi e i costi del gas naturale durante questa annata che, come visto precedentemente, ha registrato un decremento nei consumi.

Dall'analisi delle fatture del gas naturale è stato possibile risalire ai consumi mensili riguardanti l'anno 2016, riportati nel Grafico 8. È stato inoltre possibile confrontare tali valori con i consumi mensili dell'anno precedente, per effettuare un'analisi più accurata.

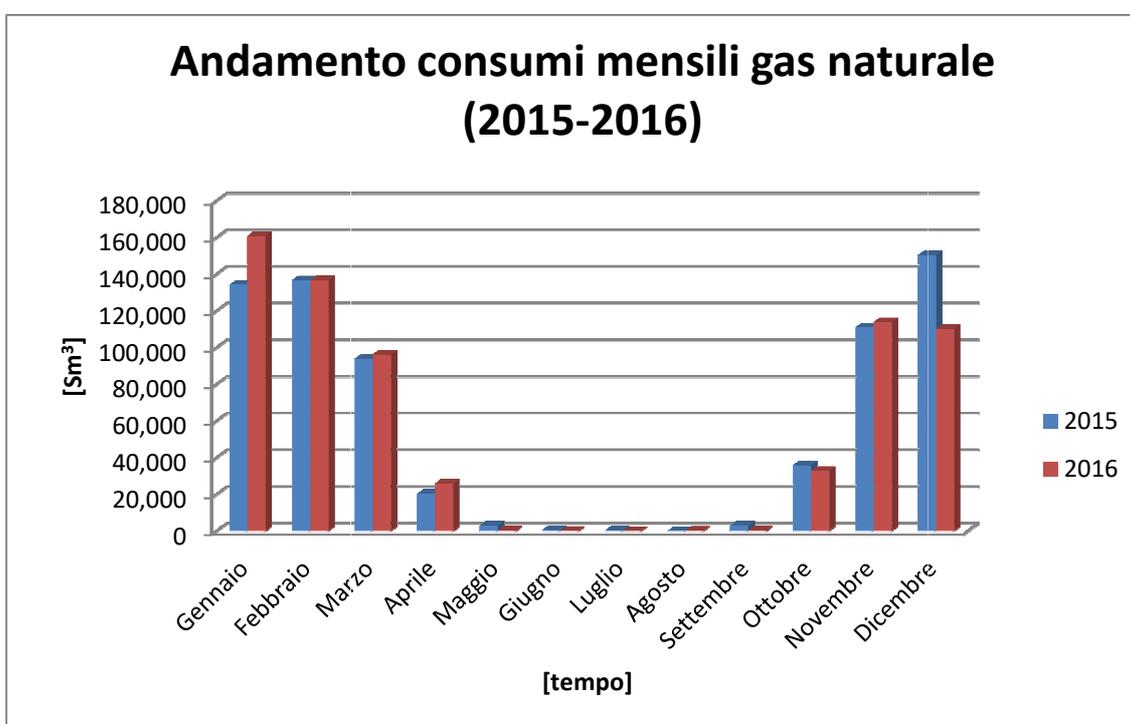


Grafico 8: Andamento consumi mensili gas naturale EthosEnergy (2015-2016)

Come è facile notare, l'andamento dei consumi mensili diventa più interessante nei mesi invernali, ovvero da ottobre ad aprile, poiché i consumi nei restanti mesi sono talmente ininfluenti da non poter essere visibile in un istogramma. Nell'anno 2016 vi è stato un consumo di gas naturale pari a 677123 Sm³ con una diminuzione rispetto all'anno 2015 del 1.79%.

È possibile inoltre analizzare i costi mensili del gas naturale tra gli anni 2015 e 2016, come riportati nel Grafico 9.

Si nota, com'era prevedibile, che anche qui vi è un decremento nei costi nell'anno 2016 rispetto al precedente.

Il decremento percentualmente in questo caso è più alto rispetto a quello dei consumi: infatti risulta essere 11,12%.

Nel 2016 vi è stata una spesa totale per il combustibile di 213.934 €, rispetto ai 240.706 € dell'anno precedente.

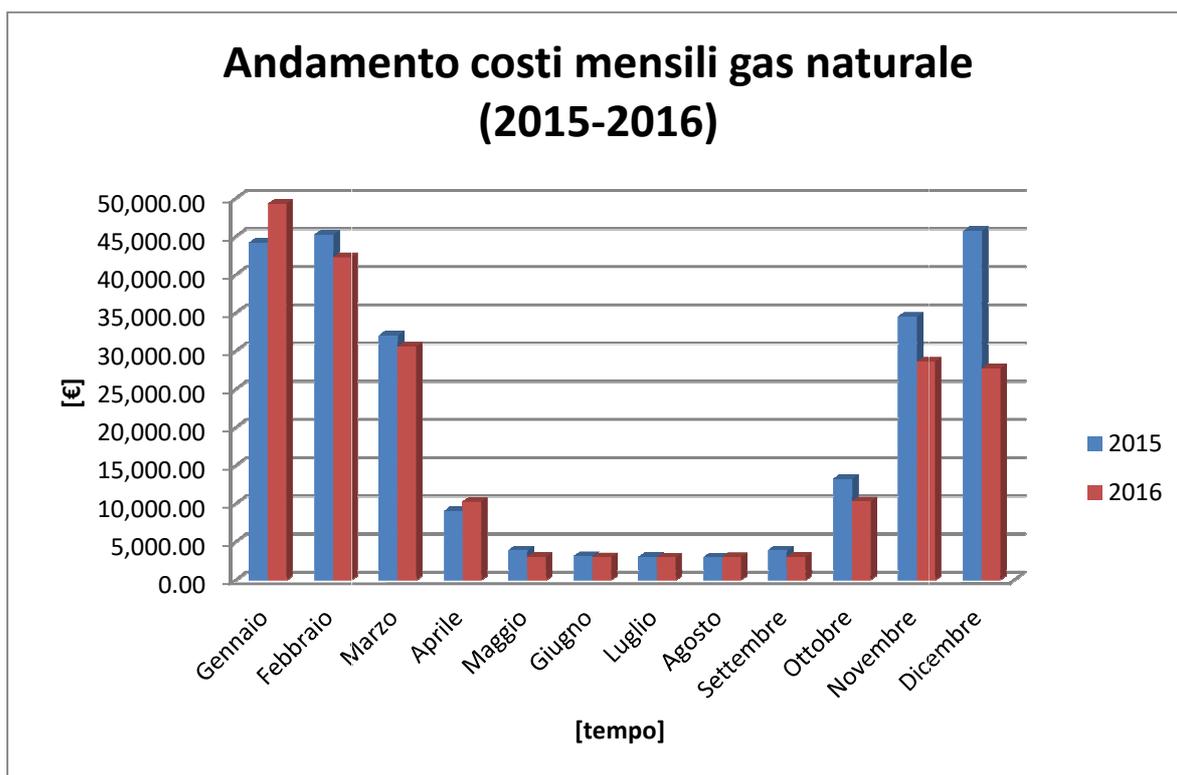


Grafico 9: Andamento costi mensili gas naturale EthosEnergy (2015-2016)

3.3 Energia Elettrica

Dai dati di bolletta sono stati ricavati i consumi e i costi totali degli stabilimenti EthosEnergy e l'area Coating and Repair (ex TST), dai quali si è poi eseguita una diversificazione dei consumi per i due stabilimenti, attraverso delle opportune ipotesi.

I valori riportati in Tab. XXV sono precisi per quanto riguarda i consumi del solo impianto industriale di EthosEnergy, suddivisi per mese.

Mese	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017
Ottobre	196.995	251.698	245.088	285.833	275.866	334.316	334.691	365.286
Novembre	200.446	263.336	283.051	279.742	261.292	341.257	339.127	397.545
Dicembre	204.692	246.186	279.425	259.621	286.951	306.968	303.803	341.158
Gennaio	254.199	306.825	319.975	302.063	327.020	331.954	290.358	391.794
Febbraio	226.234	302.364	346.756	293.229	312.453	347.676	333.064	378.799
Marzo	263.742	314.563	264.392	300.881	394.757	331.951	358.563	311.843
Aprile	224.203	244.129	242.364	224.768	342.379	265.006	299.205	184.328
Maggio	270.977	264.684	214.387	269.390	375.197	237.605	302.440	222.803
Giugno	262.232	253.822	260.008	271.774	345.640	268.263	299.385	268.328
Luglio	296.979	260.384	275.926	273.618	338.167	372.671	364.475	0
Agosto	187.788	222.551	252.210	176.031	254.380	213.753	277.297	0
Settembre	257.452	250.806	249.932	221.302	330.445	327.322	287.671	0
Totale [kWh]	2.845.939	3.181.347	3.233.513	3.104.250	3.844.547	3.678.742	3.790.080	1.757.896
TEP	654,57	731,71	743,71	713,98	884,25	846,11	871,72	404,32

Tab. XXV: Consumi di energia elettrica negli anni fiscali

3.3.1 Storico consumo e costi

Dalle fatture è stato possibile risalire ai dati di consumo di energia elettrica per l'azienda EthosEnergy nel periodo che va dall'anno 2006 all'anno 2016, riportati nel Grafico 10 assieme alle variazioni percentuali rispetto all'anno precedente.

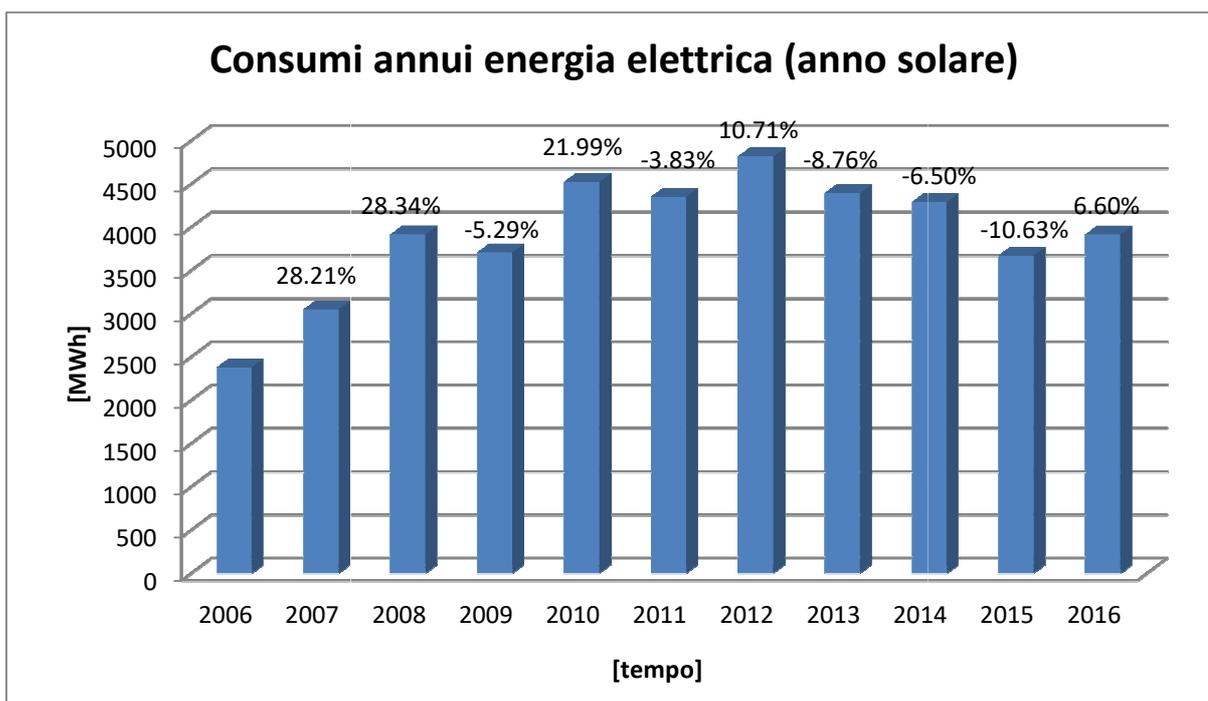


Grafico 10: Consumi annuali energia elettrica EthosEnergy (anno solare)

Possiamo notare come i consumi abbiano avuto un trend positivo nel periodo considerato, con degli incrementi significativi nei diversi anni, ad eccezione del 2009 e del 2015 dove si sono registrate delle cospicue diminuzione dei consumi. In particolare possiamo notare come vi sia stato un aumento di circa il 6% nei consumi elettrici dal 2006 al 2016, passando da circa 2,38 *GWh* a circa 3,91 *GWh*.

Dall'analisi dei costi totali annuali dell'energia elettrica, riportati nel Grafico 11, è possibile notare come l'incremento dei costi sia paragonabile all'aumento dei consumi. Infatti si ha un trend crescente dei costi, passando da una spesa di circa 306.403 € del 2006 ad una di circa 566.674 € del 2016, con un aumento quindi di circa il 84,94%.

È possibile anche confrontare l'andamento dei consumi e del costo specifico dell'energia elettrica nel Grafico 12.

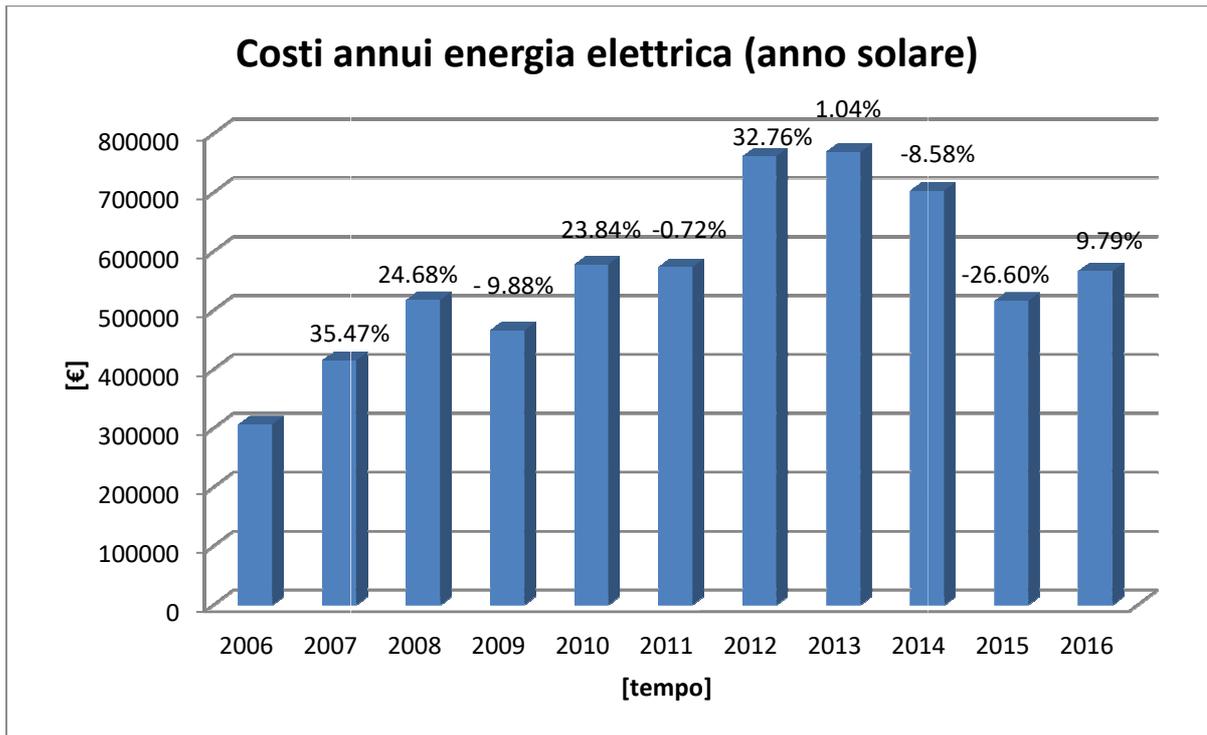


Grafico 11: Costi annuali totali energia elettrica EthosEnergy (anno solare)

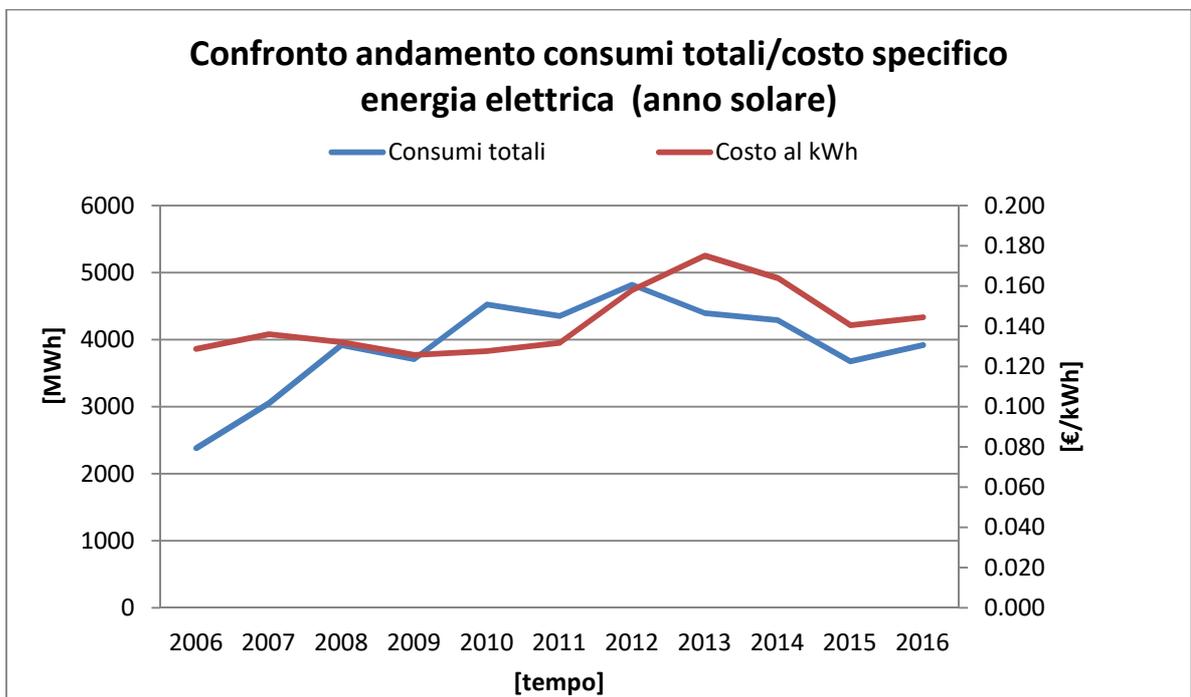


Grafico 12: Confronto andamento consumi totali/costo specifico energia elettrica EthosEnergy (anno solare)

Il costo specifico ha un valore medio di 0.14 €/kWh eccetto nel 2013 dove raggiunge il valore massimo pari a 0.17 €/kWh .

3.3.2 Analisi puntuale ultima annualità

È possibile ora risalire ai consumi mensili riguardanti l'anno 2016, riportati nel Grafico 13. Si possono inoltre confrontare tali valori con i consumi mensili dell'anno precedente, per effettuare un'analisi più accurata.

Il consumo annuo di energia elettrica del 2016, è risultato maggiore di quello dell'anno precedente, con un aumento del consumo pari al 6,6%, passando da un consumo di circa 3,67 *GWh* per il 2015 ad un consumo di circa 3,91 *GWh* per il 2016. I consumi maggiori si sono registrati nei mesi invernali, con una riduzione nei mesi che vanno da maggio ad ottobre ad eccezione di luglio.

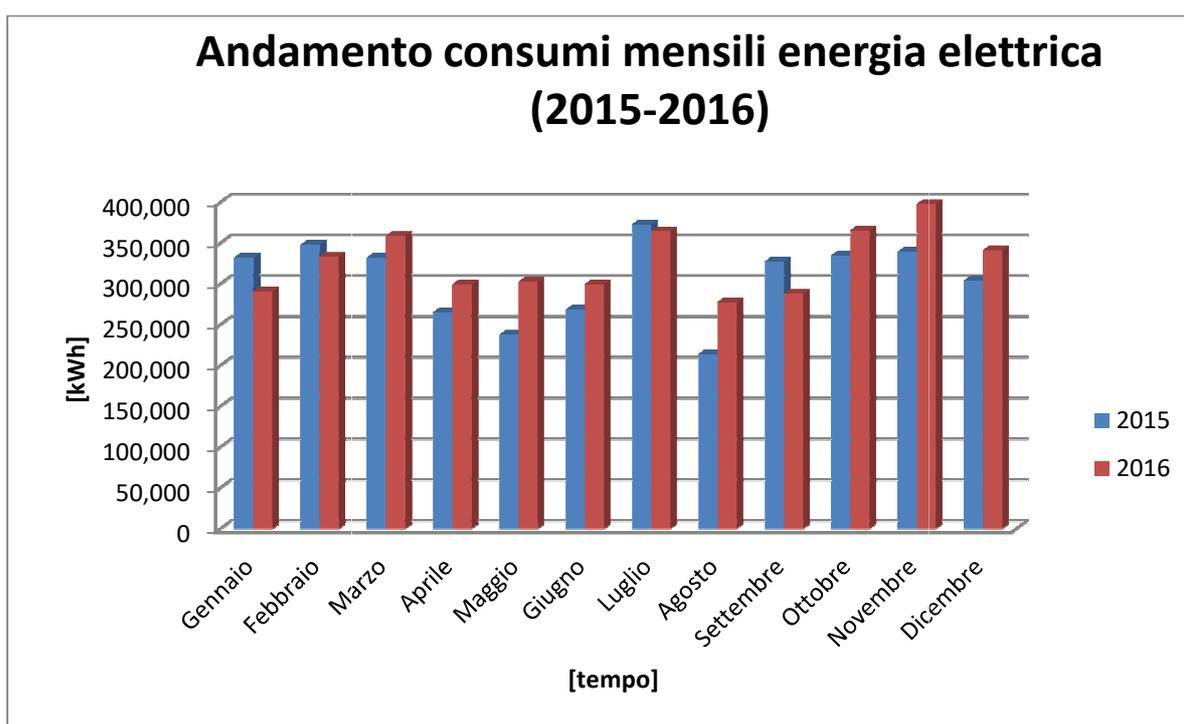


Grafico 13: Andamento consumi mensili energia elettrica EthosEnergy (2015-2016)

Si analizzano ora i costi totali annuali riportati nel Grafico 14.

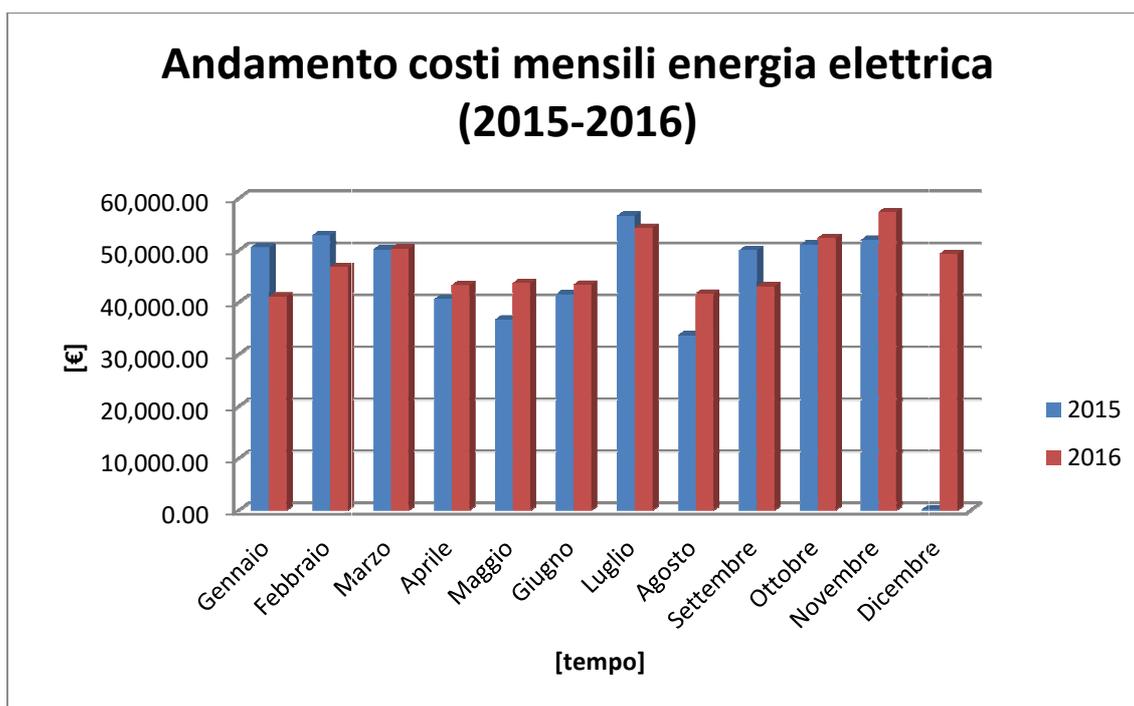


Grafico 14: Andamento costi mensili energia elettrica EthosEnergy (2015-2016)

Il costo totale annuale di energia elettrica per l'anno 2016 risulta essere pari a 566.674 €, in aumento rispetto all'anno precedente dell'9,79%. Tale crescita è quindi maggiore di quella dei consumi. Il costo specifico del kilowattora tra i due anni solari ha avuto un leggero aumento passando da 0,1405 €/kWh per l'anno 2015 ad un valore di 0,1447 €/kWh per l'anno 2016.

3.3.3 Analisi costo del kilowattora

Un altro aspetto importante da analizzare sono i consumi per singole fasce orarie per quanto riguarda l'anno 2016, riportate in

Tab XXVI, il fattore di potenza e la potenza di picco richiesta mensilmente. I valori riportati sono quelli relativi a EthosEnergy e l'area Coating and Repair (ex TST), ma verosimilmente ai fini dell'analisi tale "accorpamento" è ininfluenza.

Fasce orarie	Ora	Giorni
F1	08:00 – 19:00	Lunedì-Venerdì
F2	07:00 - 08:00	Lunedì– Venerdì
	19:00 – 23:00	Lunedì – Venerdì
	07:00 – 23:00	Sabato
F3	00:00 – 07:00	Lunedì – Sabato
	23:00 – 24:00	Lunedì – Sabato
	00:00 – 24:00	Domenica e festivi (per festivi si considerano: 1 gennaio; 6 gennaio; lunedì di Pasqua, 25 aprile; 1 maggio; 2 giugno; 15 agosto; 1 novembre; 8 dicembre; 25 dicembre; 26 dicembre)

Tab. XXVI: Caratteristiche delle fasce orarie

L'analisi è utile per constatare se il consumo è stato effettuato prevalentemente nelle fasce orarie più convenienti e se il fattore di potenza è sufficientemente alto. Questi accorgimenti portano ad un costo al kilowattora in bolletta più basso.

L'andamento dell'energia attiva assorbita, divisa nelle tre fasce di consumo, è riportato nel Grafico 15. Si può notare come la maggior parte del consumo avvenga durante la fascia F1, ovvero quella economicamente più dispendiosa, con dei picchi per quanto riguarda i mesi di marzo, luglio e novembre. Interessante è il fatto che la fascia F3, ovvero la più economicamente conveniente, venga sfruttata maggiormente rispetto alla fascia F2.

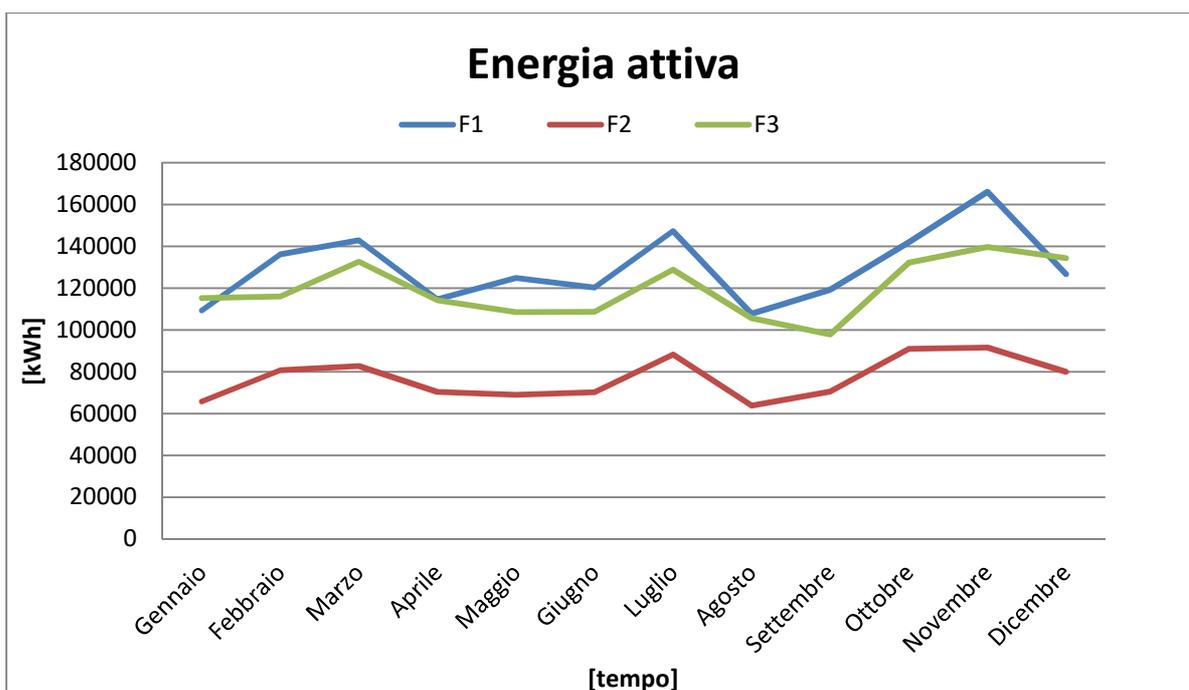


Grafico 15: Andamento energia attiva mensile (anno 2016)

L'andamento dell'energia reattiva assorbita, divisa nelle tre fasce di consumo, è riportato nel Grafico 16.

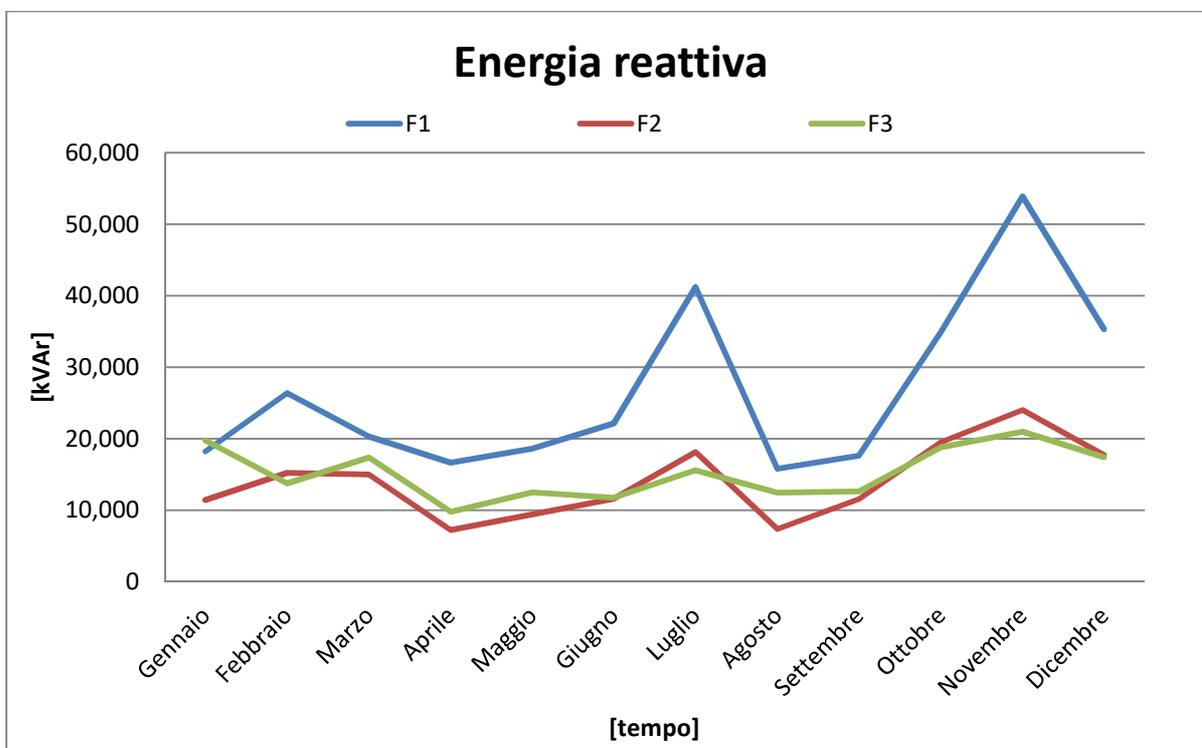


Grafico 16: Andamento energia reattiva mensile (anno 2016)

Si può notare come la massima energia reattiva venga assorbita nella fascia più costosa, con dei picchi nei mesi di febbraio, luglio e novembre (massimo assoluto). Tuttavia il fattore di potenza non sembra risentirne particolarmente, come si può notare dal Grafico 17. I mesi con il valore medio più basso del fattore di potenza risultano essere settembre (0,992) e aprile (0,993), ma sempre abbondantemente al di sopra il valore medio fissato a 0,90. In generale in nessuna fascia di nessun mese si è andati sotto al valore di 0,95.

Il fattore di potenza è stato calcolato con la seguente equazione:

$$\cos\varphi = \frac{E_a}{\sqrt{E_a^2 + E_r^2}} \quad (3.4)$$

con:

E_a = energia attiva [kWh]

E_r = energia reattiva [kvar]

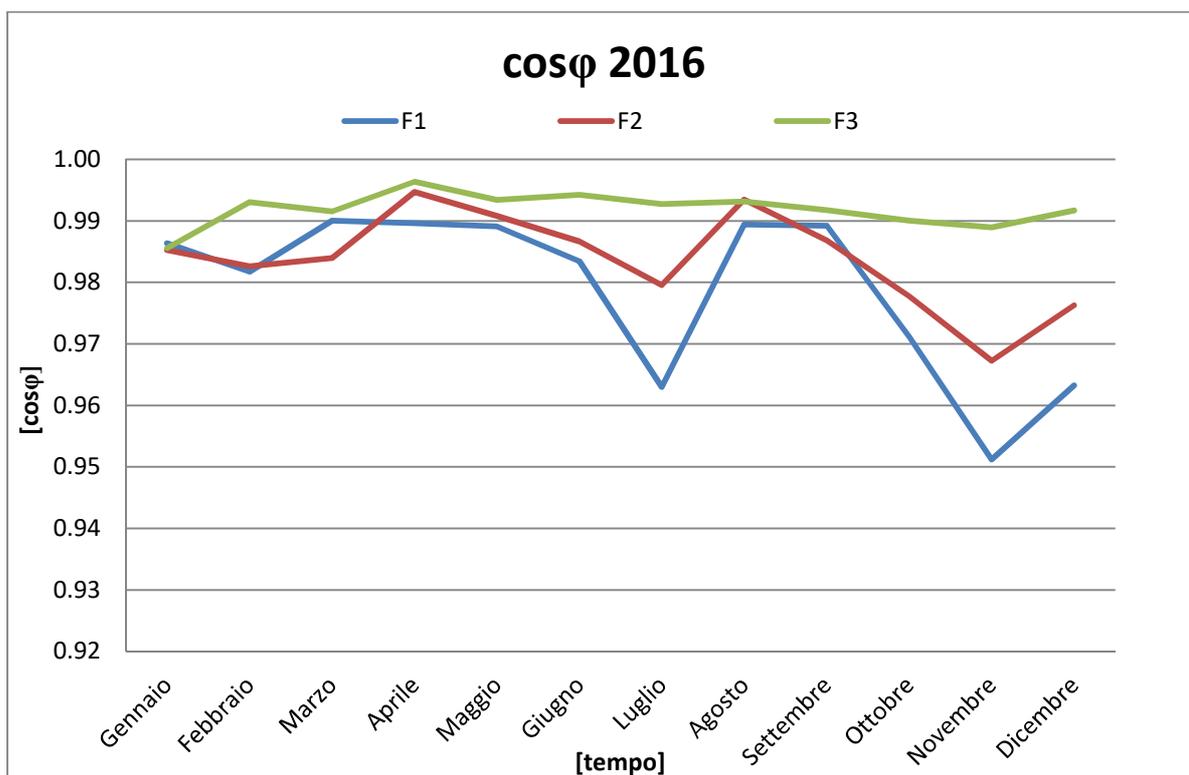


Grafico 17: Andamento fattore di potenza (anno 2016)

È fondamentale mantenere il fattore di potenza superiore a 0,9 per 3 motivi:

- Evitare di pagare una penale;
- Sapendo che la potenza persa in linea è:

$$\Delta p = 3 R_l I^2 = \frac{3\rho L}{S} \left(\frac{P}{\sqrt{3}V \cos\varphi} \right)^2 \quad (3.5)$$

ossia

$$\Delta p = \frac{\rho L P^2}{S V^2 \cos^2\varphi}$$

La potenza persa è inversamente proporzionale a $\cos^2\varphi$; per esempio una riduzione di $\cos\varphi$ da 1 a 0,5 comporta un aumento di quattro volte della potenza persa e quindi un maggiore onere finanziario nella gestione dell'impianto.

- La caduta di tensione industriale in linea è data da:

$$\Delta V = \sqrt{3} I (R_l \cos\varphi + X_l \sin\varphi) \quad (3.6)$$

ovvero

$$\Delta V = \frac{P}{V \cos\varphi} (R_l \cos\varphi + X_l \sin\varphi)$$

Al diminuire di $\cos\varphi$ aumenta $\sin\varphi$ e il termine $R_l \cos\varphi + X_l \sin\varphi$ rimane praticamente costante, mentre il termine $P/V \cos\varphi$ aumenta, determinando una maggiore caduta di tensione.

Quindi, più alto è il fattore di potenza, minori sono le perdite sulla rete di distribuzione e la caduta di tensione.

Secondo la condizione contrattuale attuale, non vi sarà alcuna penale se il $\cos\varphi$ medio mensile non sarà inferiore a 0,90. Tuttavia viene applicata la manutenzione periodica sulle batterie di correzione del fattore di potenza per evitare che si verifichi.

Questo è confermato dal Grafico 18 dove la percentuale di energia attiva è molto superiore all'energia reattiva.

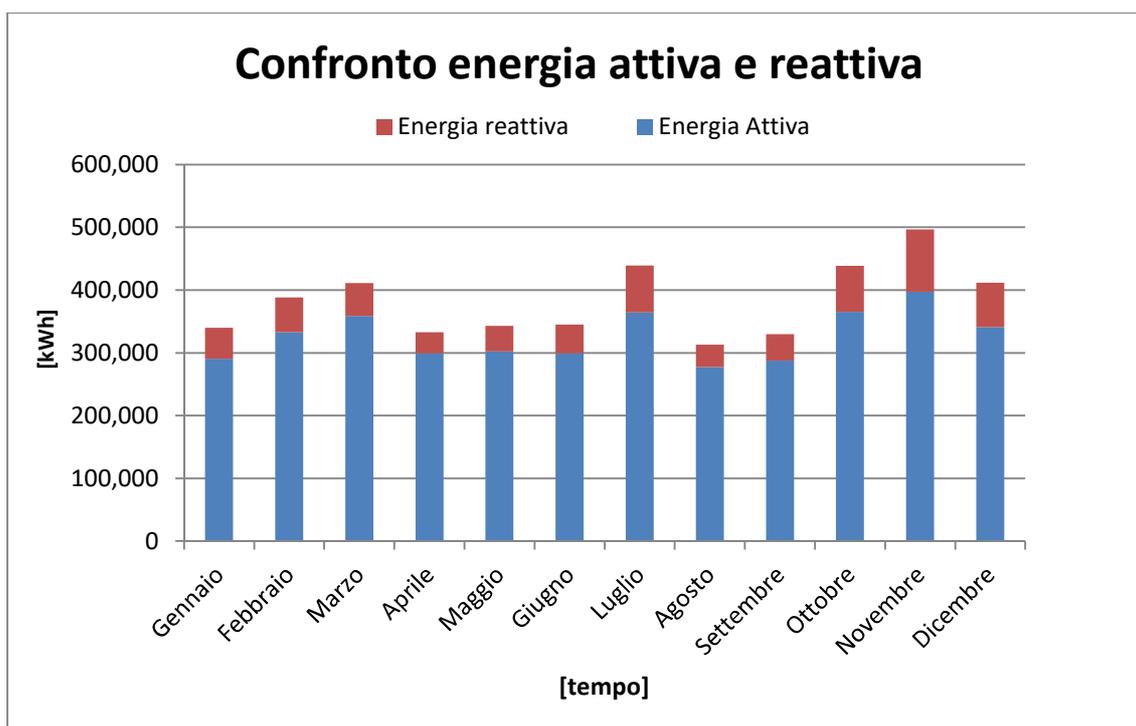


Grafico 18: Confronto energia attiva e reattiva (anno 2016)

Allo scopo di analizzare l'aumento del costo specifico dell'energia elettrica, si può analizzare la variazione dell'energia attiva assorbita nelle varie fasce nell'anno 2015 rispetto all'anno 2016. Si può notare come vi sia stato una diminuzione dell'energia attiva assorbita nella fascia F1 nel 2016.

Per un decremento medio annuo nella fascia F1 di circa il 9,86% nel 2016, si è registrato un aumento annuo nelle fasce F2 e F3 rispettivamente del 7,89% e 10,93% circa sempre nello stesso anno.

È chiaro come il decremento del costo nell'energia elettrica nella fascia F1 sia estremamente positivo per quanto riguarda la EthosEnergy, poiché il consumo avviene per quasi la metà in tale fascia. Tuttavia l'incremento relativo nelle altre due fasce è stato tale da far aumentare il costo al kilowattora.

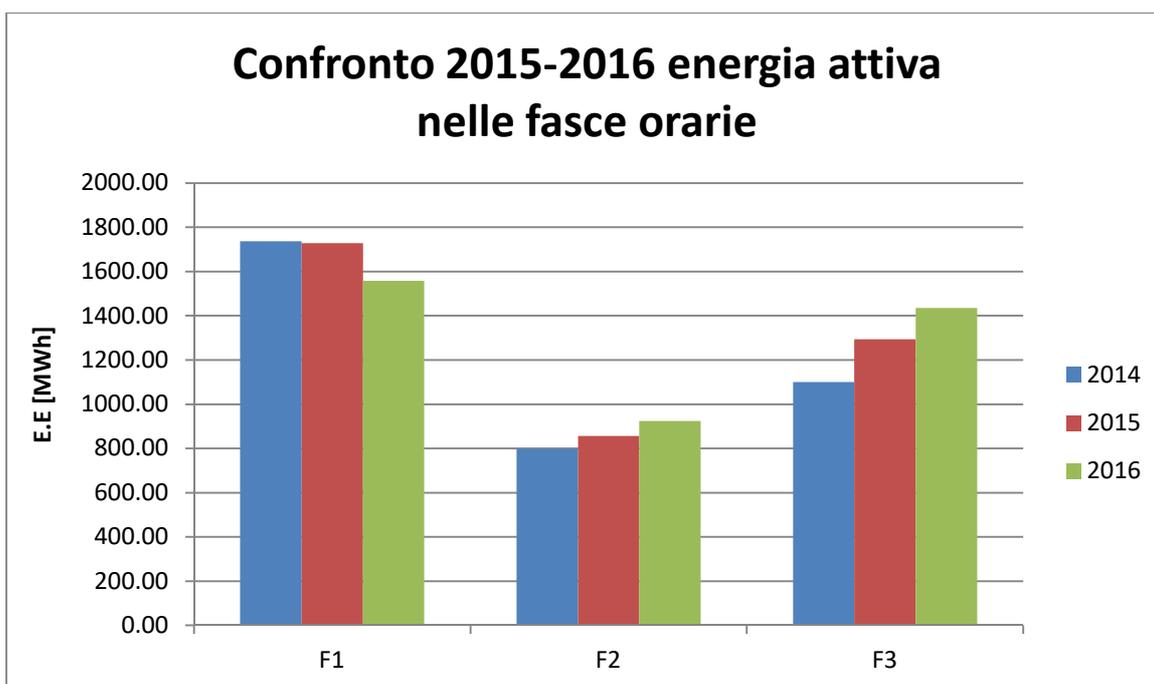


Grafico 19: Confronto 2015-2016 energia attiva nelle fasce orarie

3.4 Suddivisione dei consumi

La suddivisione dei consumi consente di avere un'idea precisa della ripartizione dei carichi (per area, per processo, per macchinario) ed è utile per decidere dove è necessario intervenire. Questa suddivisione è effettuata solo per l'energia elettrica e per il gas naturale.

Si sono considerate le usando ore equivalenti, definite come ore in cui i macchinari lavorano al carico massimo (anche se lavorano a carichi parziali). La suddivisione fa riferimento all'anno 2015/2016.

3.4.1 Gas naturale

Nel caso della prima fonte è necessario solo considerare che i consumi sono fondamentalmente legati ai generatori di calore dell'impianto di riscaldamento e al forno Bioteco. Utilizzando il diagramma di Sankey, è possibile avere un'idea immediata di come sono divisi i consumi:

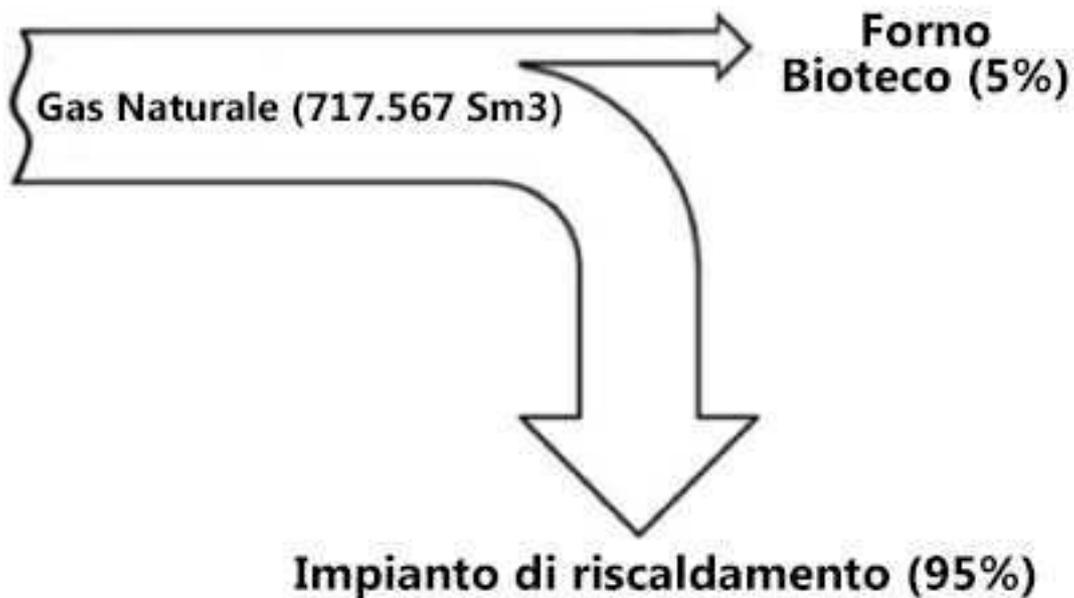


Grafico 20: Diagramma di Sankey per il gas naturale

3.4.2 Energia Elettrica

Per quanto riguarda l'impianto d'illuminazione dell'officina, magazzino e dell'area Coating & Repair i calcoli sono stati svolti facendo delle approssimazioni sul numero di ore dei turni e la media del numero di turni che vengono effettuati in un giorno.

$$E_{ill} = P_{ill} \cdot ore_{turno} \cdot n. \text{ di giorni lavorativi} \cdot n. \text{ di mesi} = \quad (3.7)$$

$$= 107,27 \text{ kW} \cdot 8 \frac{ore_{notte}}{giorni} \cdot 22 \frac{giorni}{mese} \cdot 12 \frac{mesi}{anno} = 226,55 \text{ MWh}$$

P_{ill} = è la potenza media richiesta dal sistema di illuminazione durante il turno. Questo numero dà un'idea di quanta energia viene consumata, ma non è valore preciso, perché non tiene conto del terzo turno.

Per l'impianto d'illuminazione degli uffici i calcoli sono stati svolti facendo delle considerazioni presenti nella Tab. XXVII.

Illuminazione uffici	
Pot illuminotecnica [W/mq]	2
h/d	9
Fattore di utilizzazione	0.5

Tab. XXVII: Caratteristiche impianto d'illuminazione uffici

Nel calcolo dell'energia consumata dall'impianto si è tenuto conto dei giorni lavorativi, totali e dei weekend.

	Giorni lavorativi	Giorni totali	Giorni weekend
2013	253	365	112
2014	251	365	114
2015	254	365	111
2016	252	366	114

Tab. XXVIII: Giorni lavorativi, totali e weekend nelle annate considerate

Si è potuto facilmente stimare l'energia consumata nei diversi anni tenendo conto anche della superficie.

	2013	2014	2015	2016
Illuminazione Uffici [kWh]	11999	11904	12047	11592

Tab. XXIX: Energia consumata dall'impianto d'illuminazione degli uffici nei vari anni

Come si può notare i valori calcolati sono abbastanza simili, tranne per l'anno 2015 in cui il numero di ore lavorate è stato più alto degli altri anni.

Si è stimato anche il consumo di energia dei Pc fissi, considerando una potenza per ogni singola unità pari a 0,3 kW.

Conoscendo il numero di Pc suddiviso per personale e considerando il numero di lavoratori negli anni:

Numero PC per personale (2016)	
Dirigenti	6
Operai	0
Impiegati	108
Esterni	0
Manital	2
Sorveglianza	2
Sala Medica	1
Centrale termica	2

Tab. XXX: Numero PC suddiviso per personale

e sapendo il numero di ore di utilizzo:

Ore d'uso (al giorno)	
Dirigenti	8
Officina	0
Impiegati	8
Esterni	8
Manital	8
Sorveglianza	24
Sala Medica	2
Centrale termica	24

Tab. XXXI: Ore d'uso del PC giornaliera

Si è potuto facilmente stimare l'energia consumata nei diversi anni.

Anni	Totale [kWh]
Consumi PC 2013	72090
Consumi PC 2014	70107
Consumi PC 2015	68335
Consumi PC 2016	64092

Tab. XXXII: Energia consumata dai PC

Ai consumi dei PC è stata aggiunta una percentuale pari al 10% per altre varie apparecchiature utilizzate. In Tab. XXXIII sono riportate alcune con le relative potenze.

Apparecchi	Quantità	Potenza
Ascensore	1	6.4 kW
Macchine caffè	1	600 W
Distributori snack/ bevande	2	320 W
Stampanti (stand-by)	12	40 W
Stampanti	12	400 W

Tab. XXXIII: Apparecchiature utilizzate presenti nel sito in esame

In definitiva l'energia consumata è:

Anni	Totale [kWh]
Consumi PC 2013 + altri apparecchi	79299
Consumi PC 2014+ altri apparecchi	77118
Consumi PC 2015+ altri apparecchi	75168
Consumi PC 2016+ altri apparecchi	70501

Tab. XXXIV: Energia consumata PC più altri apparecchi

Se ad essa viene anche sommata l'energia dissipata dall'impianto di illuminazione si ottiene:

Anni	Totale [kWh]
2013	91298
2014	89022
2015	87215
2016	82452

Tab. XXXV: Energia totale consumata

Per il calcolo dell'energia consumata dall'impianto d'aria condizionata presente negli uffici, sono state fatte le seguenti ipotesi:

- 12 ore al giorno. (Questo valore medio è stato valutato considerando che il sistema è spesso in funzione anche quando i dipendenti sono assenti);
- 4 settimane al mese di lavoro;
- 6 giorni a settimana di lavoro.

L'equazione utilizzata per il calcolo è la seguente:

$$E_{cond} = P_{el_{cond}} \cdot \frac{ore}{mese} \cdot f_c = P_{el_{cond}} \cdot 12 \frac{ore}{giorno} \cdot 6 \frac{giorni}{settimana} \cdot 4 \frac{settimane}{mese} \cdot 6 mesi \quad (3.8)$$

dove $P_{el_{cond}}$ è la potenza elettrica richiesta da ciascuna unità e f_c è il fattore di carico menzionato in precedenza. I risultati sono i seguenti:

Riscaldamento [MWh]	Raffreddamento [MWh]
105,82	108,36

Tab. XXXVI: Energia dissipata in riscaldamento e raffreddamento

Una parte di energia elettrica viene utilizzata anche per alimentare l'impianto di riscaldamento del magazzino ed è uguale a:

Apparecchiature	Quantità	P_{rated} [kW]	% di esercizio	P_{eff} [kW]
Brucciatori gas	2	18,5	0,5	18,5
Aerotermi	106	0,3	0,9	28,62
Veli d'aria	3	1	0,5	1,5
Destratificatori	70	0,3	0,9	18,9
Total	-	-	-	67,52

Tab. XXXVII: Apparecchiature presenti nel magazzino

Determiniamo il consumo annuo di energia elettrica sulla base dei seguenti dati di funzionamento:

- ore giorno di esercizio: 16
- giorni di esercizio: 183

Pertanto il consumo annuo di energia elettrica risulta essere:

$$E_{risc} = 67,52 \cdot 16 \frac{\text{ore}}{\text{giorno}} \cdot 183 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}} = 197,7 \text{ MWh} \quad (3.9)$$

Nei vari usi di energia elettrica rientrano anche attrezzature e macchinari di cui sono state stimati i dati di funzionamento. Di seguito sono riportate le potenze elettriche assorbite da alcuni macchinari:

Macchinario	Quantità	Potenza
Pompe di calore I	4	182.3 kW
Pompe di calore II	3	157.5 kW
Compressori	3	75 kW
Compressore	1	168 kW

Tab. XXXVIII: Alcuni macchinari presenti nel sito industriale

Non ci sono informazioni sui macchinari in magazzino, per cui i loro contributi ai consumi dovrebbero essere valutati sottraendo tutti i valori appena calcolati ai consumi annuali totali.

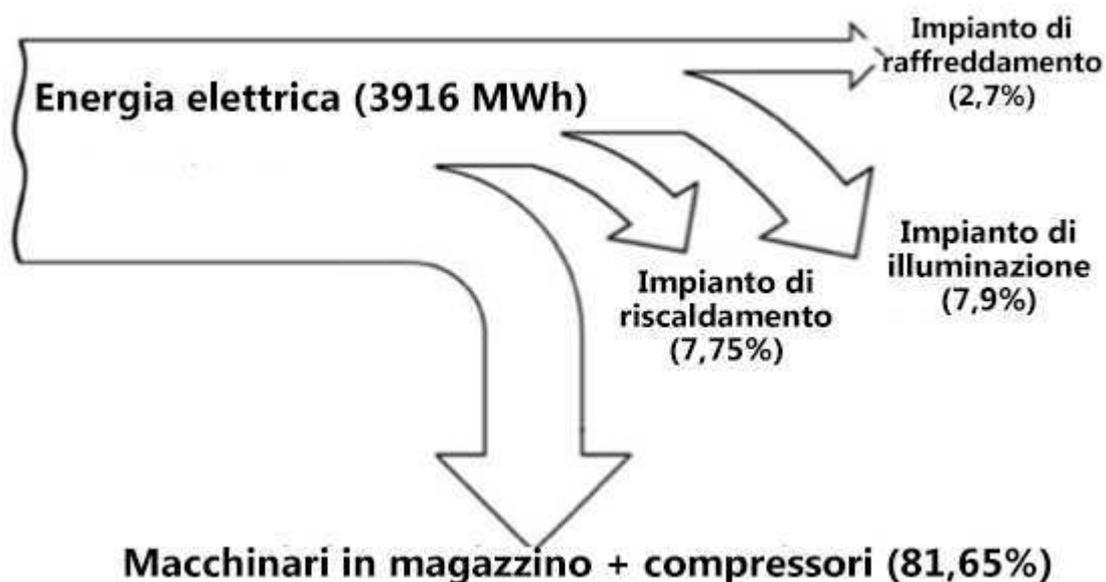


Grafico 21: Diagramma di Sankey per l'energia elettrica

Nell'impianto d'illuminazione sono stati considerati sia i consumi dell'impianto d'illuminazione dell'officina e magazzino e sia quelli degli uffici, compresi i Pc e altre apparecchiature.

3.5 Energia primaria

È possibile mettere a confronto i risultati ottenuti in termini energetici per quanto riguarda l'energia elettrica e il gas naturale utilizzando i fattori di conversione in TEP (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) visti precedentemente durante l'analisi.

3.5.1 Storico consumi e costi

I consumi di energia primaria sono riportati nel Grafico 22, dove si può registrare una diminuzione di consumo di energia primaria durante gli anni considerati, in particolare nel periodo tra il 2006 e il 2016 di circa il 5%. Come si può facilmente notare la quota di consumo dell'energia elettrica è diminuita sensibilmente negli anni come anche il consumo di gas naturale. Nell'anno 2014 si è tornati su dei valori di consumo circa costanti a parte alcuni picchi di consumo che si sono registrati nel 2010 e 2012.

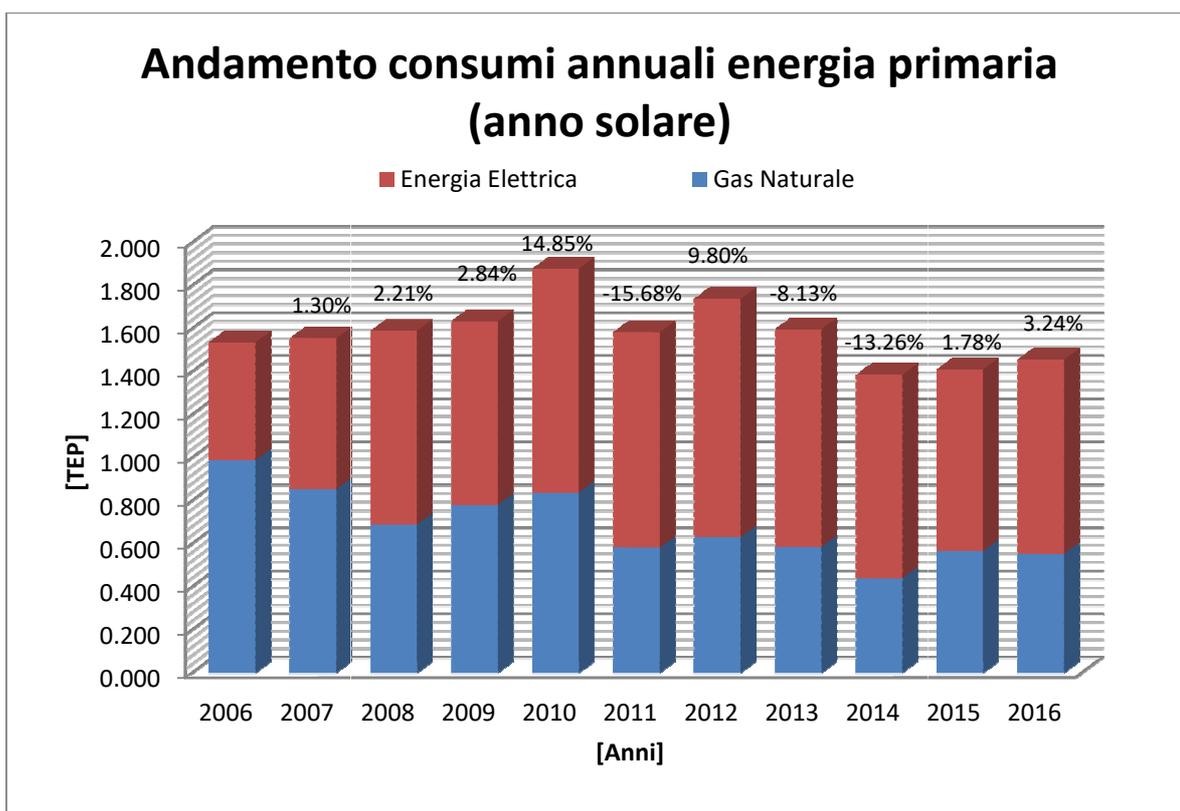


Grafico 1: Andamento consumi annuali energia primaria EthosEnergy (anno solare)

Possiamo ora analizzare se tale aumento di consumo sia comunque dettato da logiche di produzione, prendendo in considerazione le ore officina riportate nella Tab. XXXIX. Si può quindi creare un indice di prestazione, creato dal rapporto tra le ore officina e il consumo di energia primaria, potendo così stabilire se tale valore rimanga costante nel tempo (ovvero la produzione rimane sugli stessi standard di efficienza energetica) oppure no. Quindi un valore più alto di tale parametro può essere considerato positivo, al contrario invece negativo. Dal Grafico 23 si può notare come l'andamento di tale parametro sia stato altalenante nel tempo.

Anno fiscale	Ore officina
2007/2008	120288
2008/2009	121568
2009/2010	118012
2010/2011	122150
2011/2012	108919
2012/2013	94353
2013/2014	96553

2015	57434
2016	44654

Tab. XXXIX: Totale ore officina suddivisi per anni

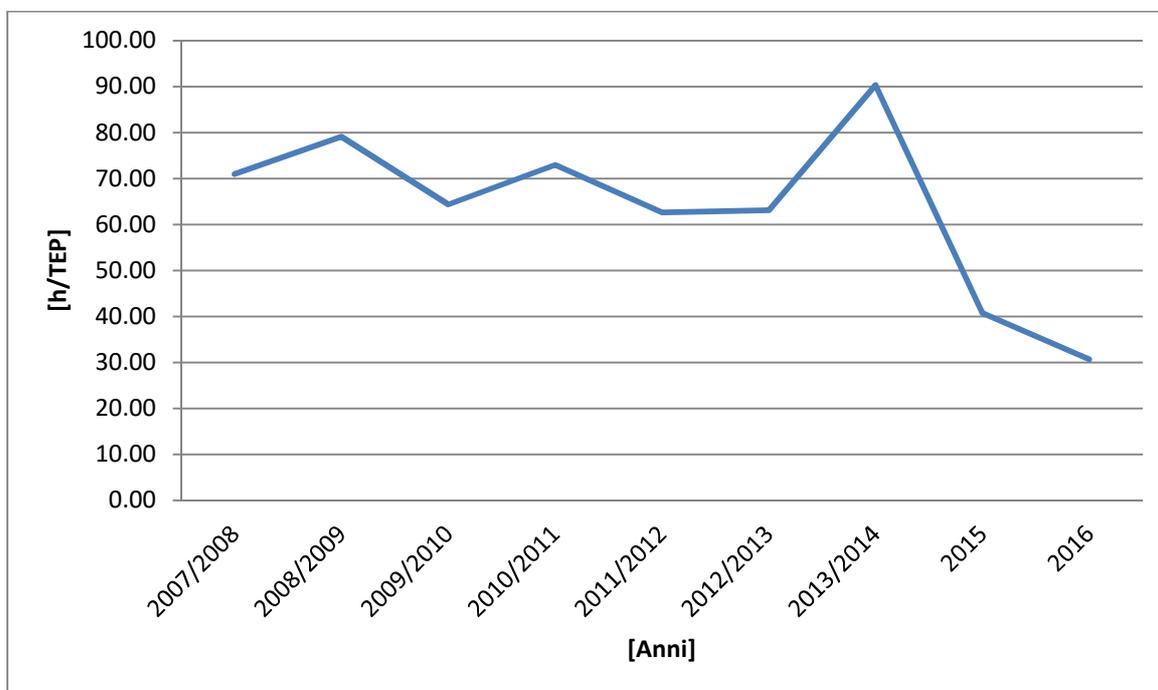


Grafico 23: Andamento storico ore officina su consumo energia primaria

In particolare possiamo notare come l'annata migliore, ovvero il 2013/2014, sia quella caratterizzata da un consumo di energia primaria basso e un numero di ore officina pari a 96.553, che hanno prodotto inoltre come risultato un fatturato pari a 51,907 milioni di euro. Possiamo quindi ritenerla un'annata buona da tutti i punti di vista: energetico, ma anche economico e produttivo. Per contro, il 2015 ha riscontrato una drastica riduzione del parametro energetico in questione. Vi è stato una riduzione consistente del numero di ore officina lavorate. Questo trend è confermato anche l'anno successivo con un valore pari a 30,67 h/TEP.

È possibile riportare anche l'andamento dei costi totali di energia primaria negli anni, come da Grafico 24, nel quale si può notare come l'andamento sia crescente tra il 2006 e il 2012 e poi decrescente dal 2012 al 2016. In particolare si rileva un aumento di costo tra l'anno 2006 e l'anno 2016 di circa il 4%. Le variazioni percentuali nei singoli anni sono diverse da quelle riscontrate nei consumi, sintomo che l'andamento tra queste due grandezze sia alquanto diverso.

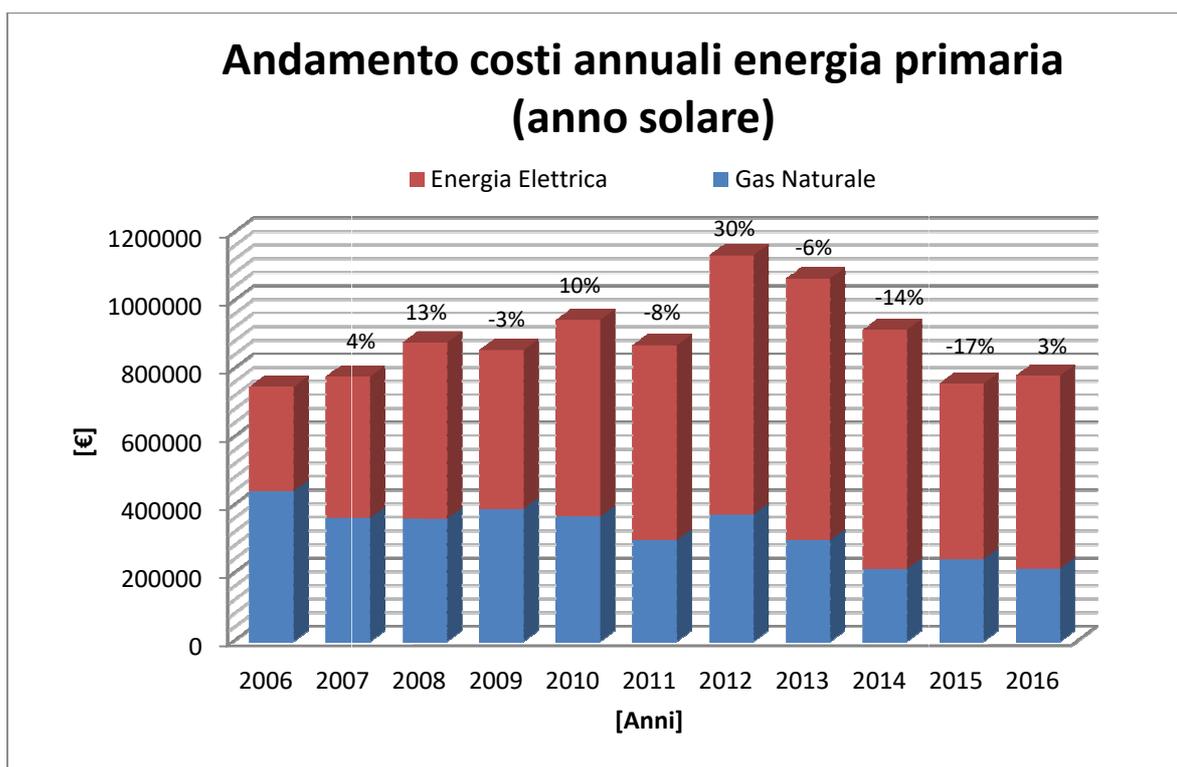
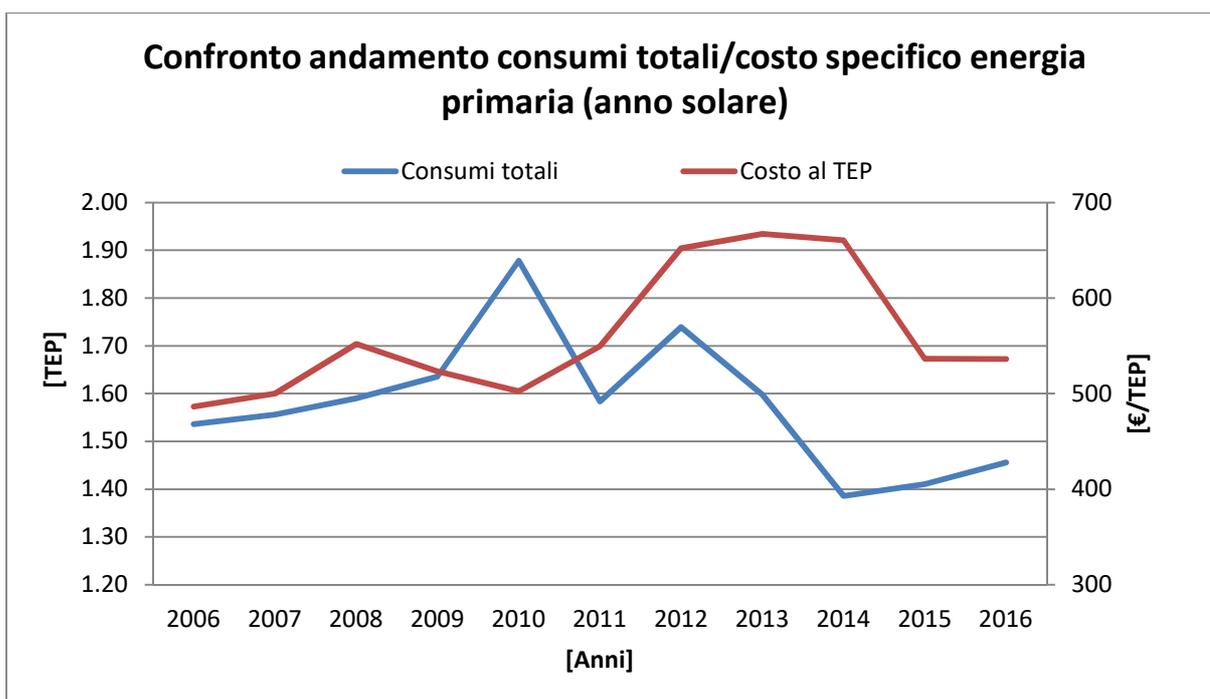


Grafico 24: Andamento costi annuali energia primaria EthosEnergy (anno solare)

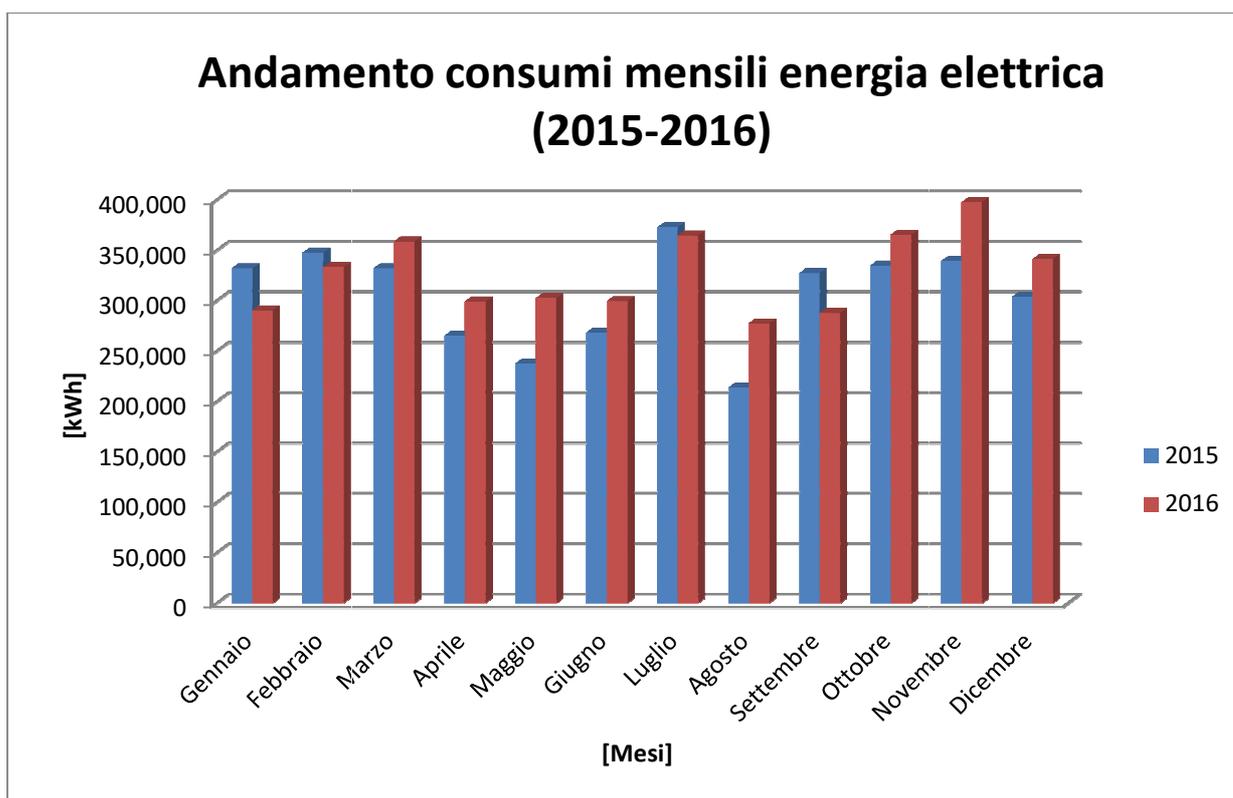
Dal Grafico 25 si nota come l'andamento del costo specifico sia decrescente negli ultimi anni. I consumi totali hanno avuto un decremento nel tempo, eccezion fatta per il cospicuo aumento già notato nell'anno 2010 e nel 2012. Il costo specifico ha invece avuto un picco nel 2008, dato dal sostanziale aumento del costo del gas naturale, ed è poi diminuito negli anni successivi, tornando però su quei livelli nel 2011 e aumentando ulteriormente nel 2012 e 2013 per poi diminuire nuovamente negli ultimi anni.



**Grafico 25: Confronto andamento consumi totali/costo specifico energia primaria
EthosEnergy (anno solare)**

3.5.2 Analisi puntuale ultima annualità

Analogamente a quanto fatto con il gas naturale e l'energia elettrica, possiamo confrontare i consumi di energia primaria dell'anno 2016 con l'anno precedente. Dal Grafico 26 si può osservare un consumo maggiore nell'anno 2016 in quasi tutti i mesi considerati. Infatti il consumo passa dai circa 1410,3 TEP del 2015 ai circa 1456 TEP del 2016, con un aumento di circa il 3,24%.



**Grafico 26: Andamento consumi mensili energia primaria EthosEnergy
(2015-2016)**

Si può anche suddividere nelle due voci di energia elettrica e gas naturale il consumo mensile, come riportato nel Grafico 27. Si può notare come nei mesi invernali (da novembre a febbraio) il consumo di gas naturale è maggiore di quello dell'energia elettrica, seppur con la nuova gestione del riscaldamento tra uffici ed officina, con l'utilizzo di pompe di calore. Il consumo di energia elettrica invece possiamo notare come sia all'incirca costante durante tutti i mesi.

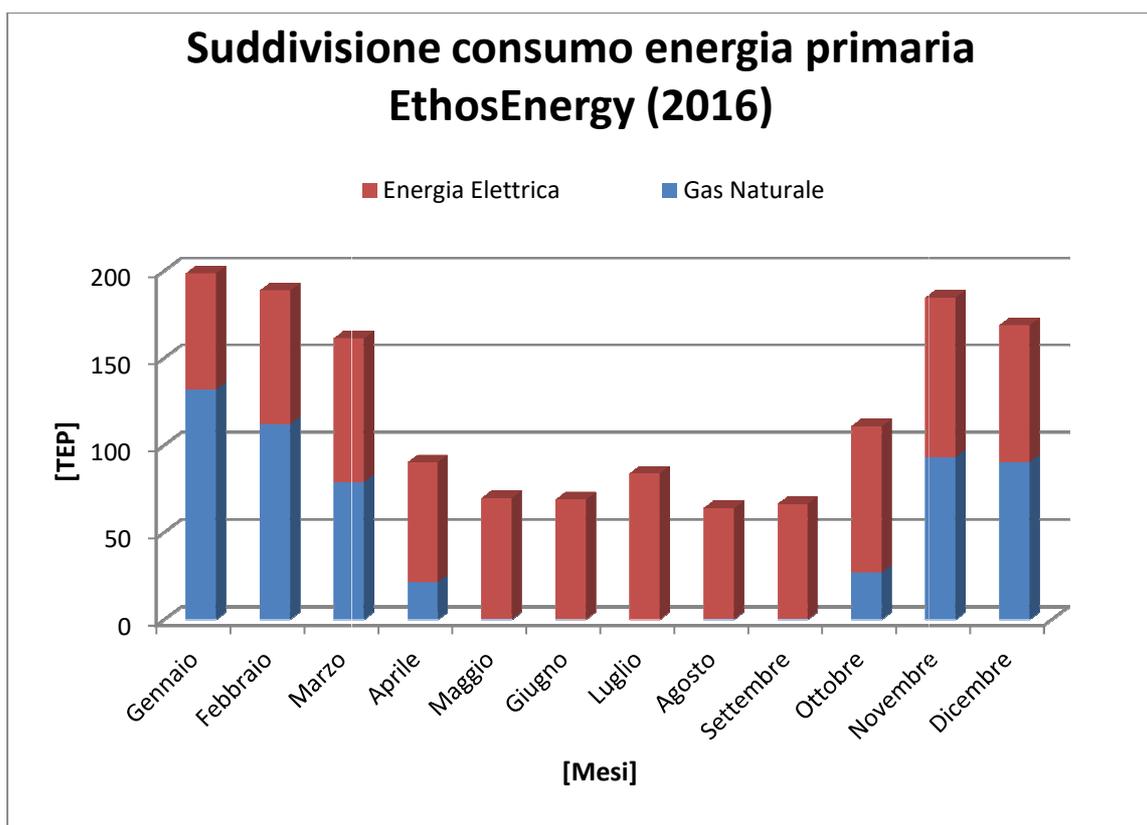


Grafico 27: Suddivisione consumo energia primaria EthosEnergy (2016)

Per quanto riguarda i costi, possiamo notare dal Grafico 28 come l'andamento dei costi segua abbastanza fedelmente quello dei consumi. Da i grafici è possibile notare come un incremento significativo nel costo dell'energia primaria corrisponda ad un incremento dei consumi, questo è causato dall'aumento del costo specifico di entrambi questi vettori energetici.

In particolare si può notare che da un costo annuale di 756.837,84 € del 2015 si passa a 780.607,59 € per il 2016, con un aumento di circa il 3%.

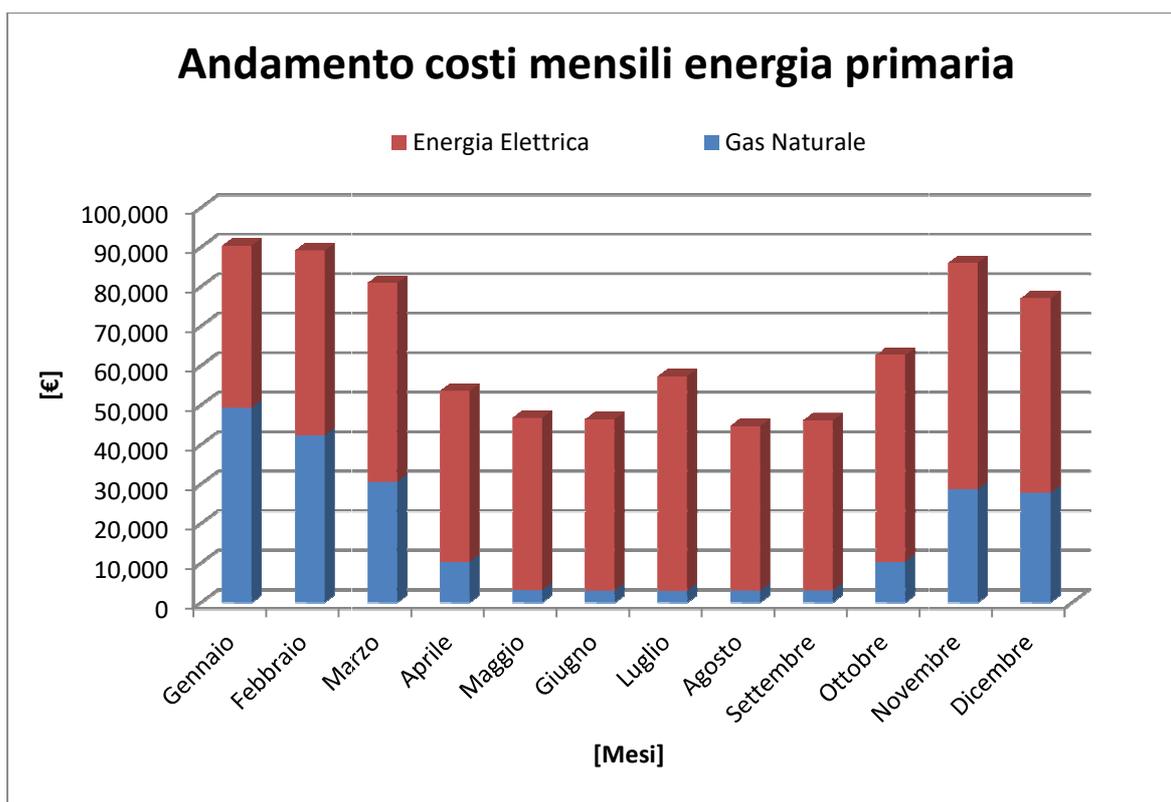


Grafico 28: Andamento costi mensili energia primaria EthosEnergy (2015-2016)

Nel Grafico 29 è riportata la suddivisione dei costi mensili nei due vettori energetici, dove possiamo notare un aumento cospicuo dei costi da parte del gas naturale nei mesi da novembre a marzo.

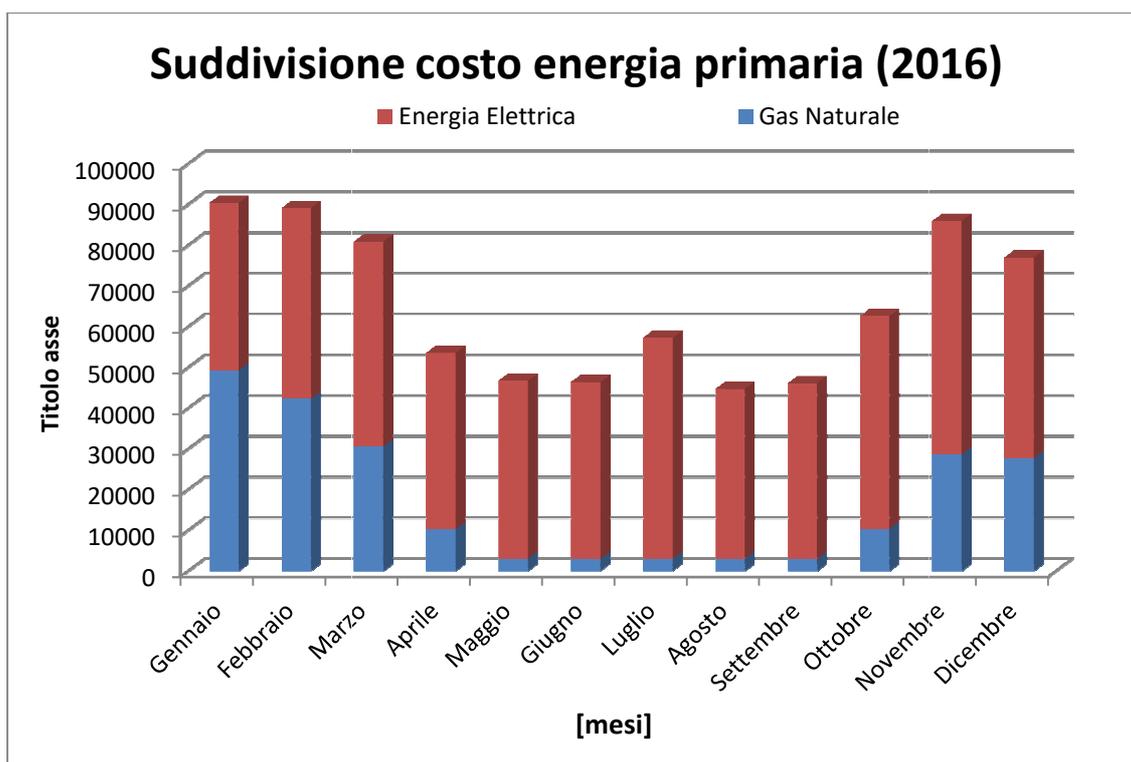


Grafico 29: Suddivisione costo energia primaria (2016)

Nella

Tab XL sono riportate tutte le variazioni di consumo e di costo dell'energia primaria nel 2016 rispetto all'anno precedente, con una suddivisione per energia elettrica e gas naturale. Si può quindi notare come ci sia stato un aumento dei consumi dell'energia elettrica e una diminuzione del gas naturale.

Di questo ha influito sulla spesa energetica, con una riduzione nella spesa di circa 26.772 € per quanto riguarda il gas e un aumento di 50.540 € per l'energia elettrica.

VARIAZIONI ENERGIA PRIMARIA (ANNO 2016)			
	2015	2016	Variazione/Risparmio
Energia elettrica	3673822,76 kWh	3916447 kWh	6,6%
	844,98 TEP	900,78 TEP	
Gas naturale	689468 Sm ³	677123 Sm ³	- 1,79%
	565,36 TEP	555,24 TEP	
Energia elettrica	516134 €	566674 €	+ 50540 €
Gas naturale	240706 €	213934 €	- 26772 €

Tab. XL: Variazioni energia primaria EthosEnergy (2015-2016)

3.6 Emissioni di CO₂

È interessante verificare l'incidenza del costo energetico e ambientale sui ricavi annui. Il costo relativo al gasolio tiene conto dei soldi forniti dall'azienda per alimentare le automobili aziendali.

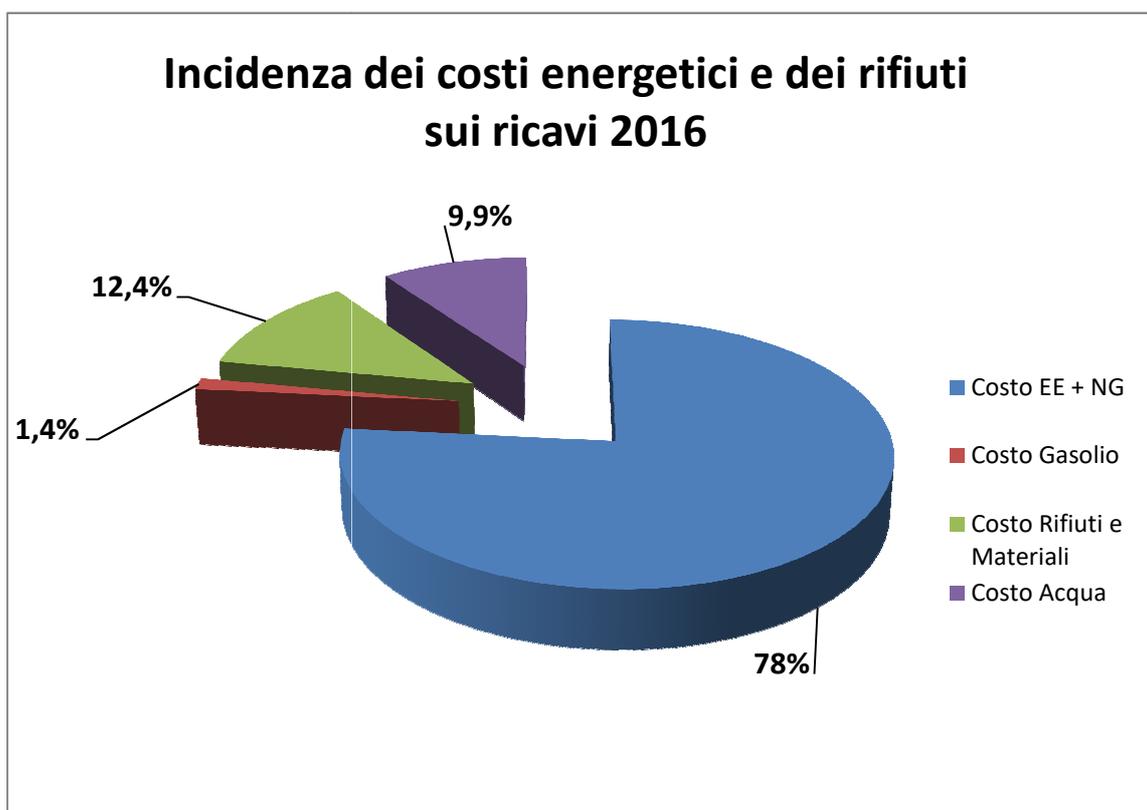


Grafico 30: Suddivisione in percentuale costi energetici e dei rifiuti sui ricavi (2016)

È possibile anche ricavare le emissioni di CO₂ dai TEP per osservare l'impatto dei consumi energetici sull'ambiente:

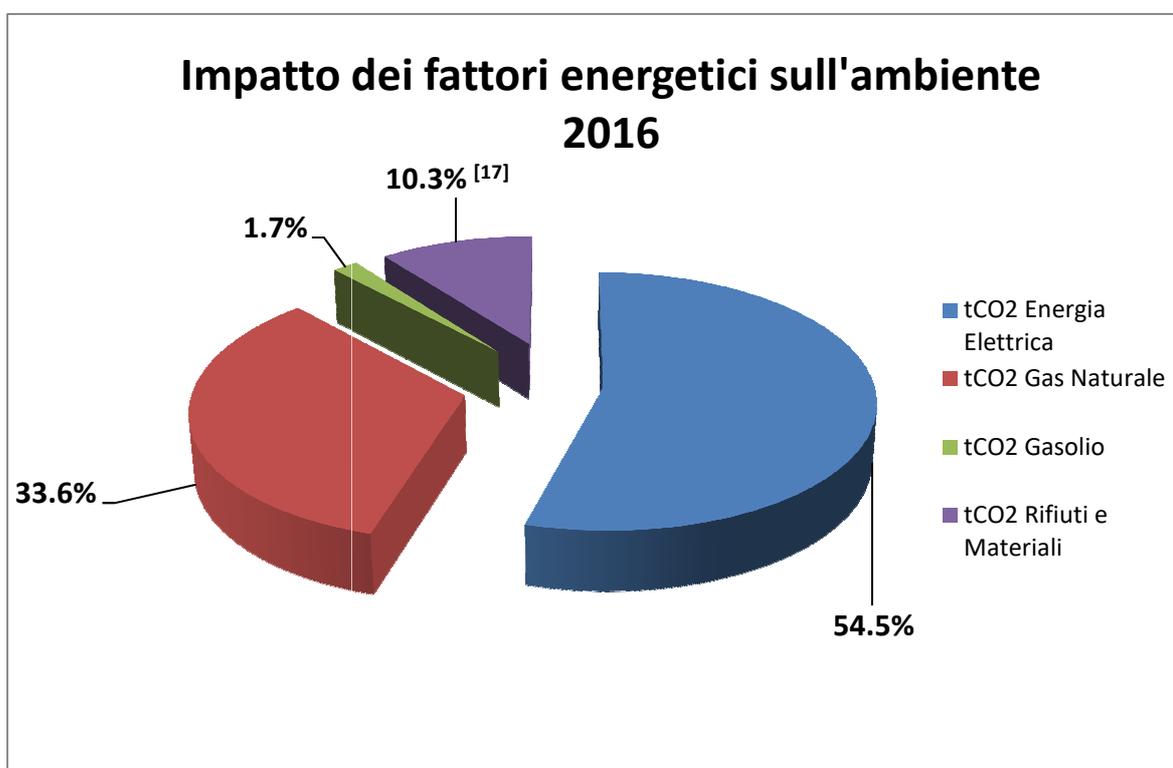


Grafico 31: Suddivisione in percentuale delle tCO₂ consumate (2016)

L'energia elettrica occupa la maggior parte della percentuale di consumo seguita da gas naturale e dai rifiuti.

Capitolo 4

Rilievi sperimentali dei profili di assorbimento

Per capire dove poter intervenire è necessario conoscere i profili di assorbimento della situazione attuale in EthosEnergy Italia S.p.a., in modo tale da ridurli in particolar modo il fine settimana.

Nel Grafico 32 sono rappresentate quattro curve per ogni settimana del mese di aprile.

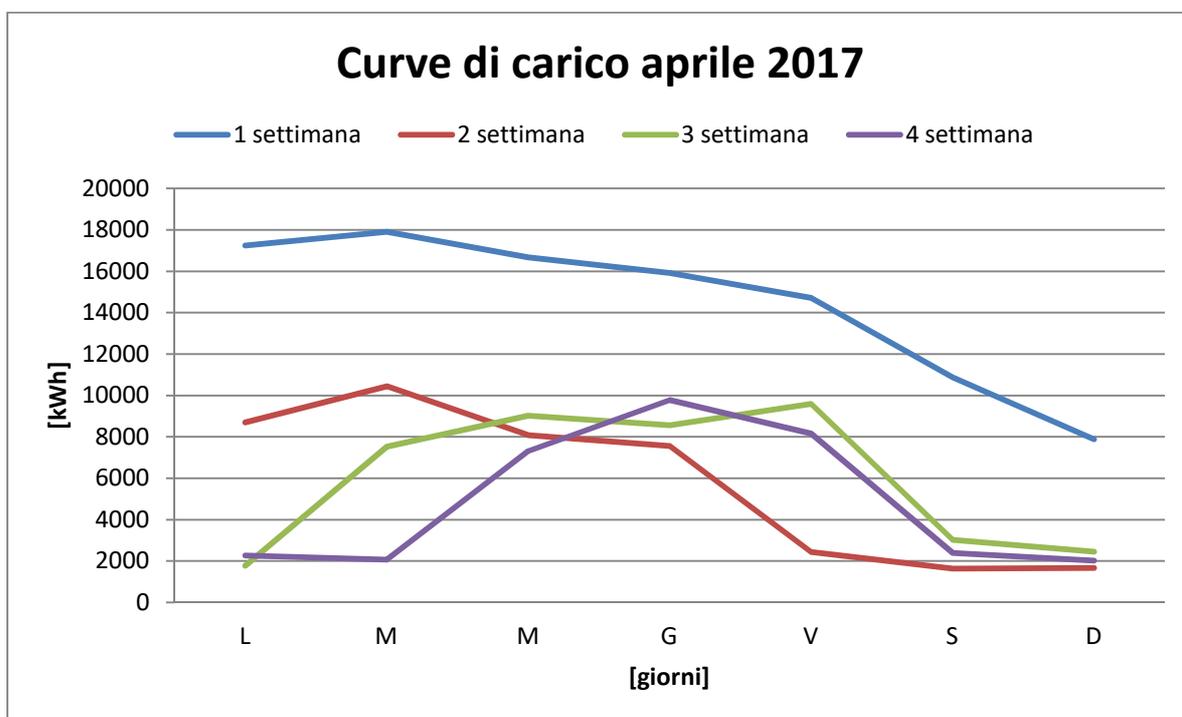


Grafico 32: Comparazione delle curve di carico

Questo confronto tra le settimane mostra un valore medio per la prima settimana di circa 8400 kWh e di circa 6000 kWh nella seconda e nella terza per poi ridursi a un valore di 4800 kWh nell'ultima settimana.

L'andamento della curva di carico della prima settimana è anomalo soprattutto nel fine settimana dove vi è un decremento dei kilowattora. La quarta settimana invece ha un

andamento diverso rispetto alla seconda e alla terza perché era il periodo delle feste Pasquali dove non vi è stato consumo di energia essendo l'azienda chiusa.

I valori misurati dall'ente fornitore sono con dettaglio quartorario (ogni quarto d'ora), giornaliero o mensile com'è visibile nel Grafico 33 .

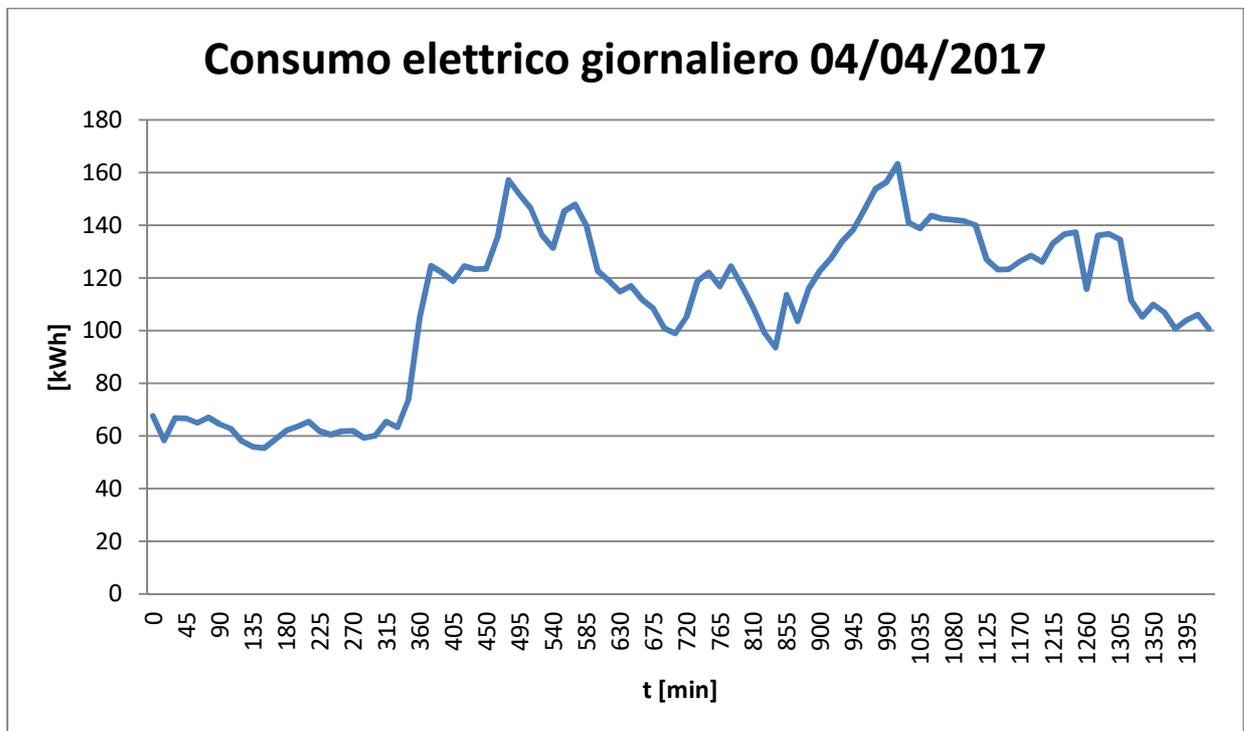


Grafico 33: Curva a basso carico giornaliera

Per poter monitorare i consumi di energia sono stati installati dei multimetri di rete in parallelo ai TV e in serie ai TA dei trasformatori lato bassa tensione nelle tre cabine del complesso industriale.

I dispositivi permettono un controllo globale dell'intero sistema elettrico con la possibilità di rilevare:

- Potenza attiva
- Potere reattiva
- Fattore di potenza
- Armoniche

4.1 Caratteristiche del sistema

Il sistema utilizzato è caratterizzato da un software chiamato “Energy Sentinel WEB”^[18] che permette di accedere da remoto ai dati acquisiti analizzandoli mediante pagine web. L’applicativo web permette il monitoraggio e la gestione di un impianto in cui si trovano diverse fonti di “energia” quali: energia elettrica, fotovoltaico, metano, acqua, vapore, temperature, e qualsiasi altra forma di energia.

L’Energy Sentinel WEB permette di gestire i consumi e le produzioni, suddividere per centri di costo le diverse fonti di energia per “macro-aree”, definire il costo energetico per unità di prodotto e nel caso intervenire a fronte di consumi giudicati “anomali”, mediante l’uso di un qualunque Browser. L’ES-WEB ha il solo scopo di fornire tutto ciò che è utile per ottimizzare il proprio fabbisogno energetico, risparmiando dunque i costi di produzione.

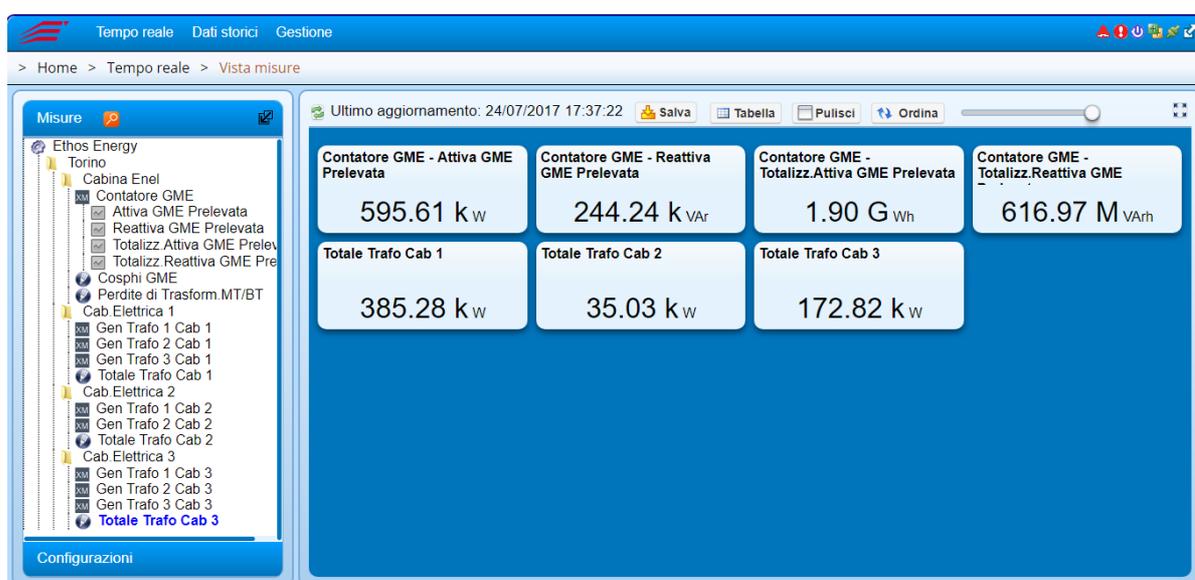


Fig. 27: Schermata misure su Energy Sentinel WEB

Questo software non può essere installato su di un normale PC, infatti si trova su un Server dedicato proprio perché è una applicazione in funzione 24 ore al giorno.

4.2 Tipo di monitoraggio

Come è stato precedentemente anticipato il monitoraggio viene effettuato grazie a dei multimetri chiamati X-Meter e a un Datalogger installato in Cabina 1, il quale prende gli impulsi di energia attiva e reattiva dal contatore dell'ente distributore.

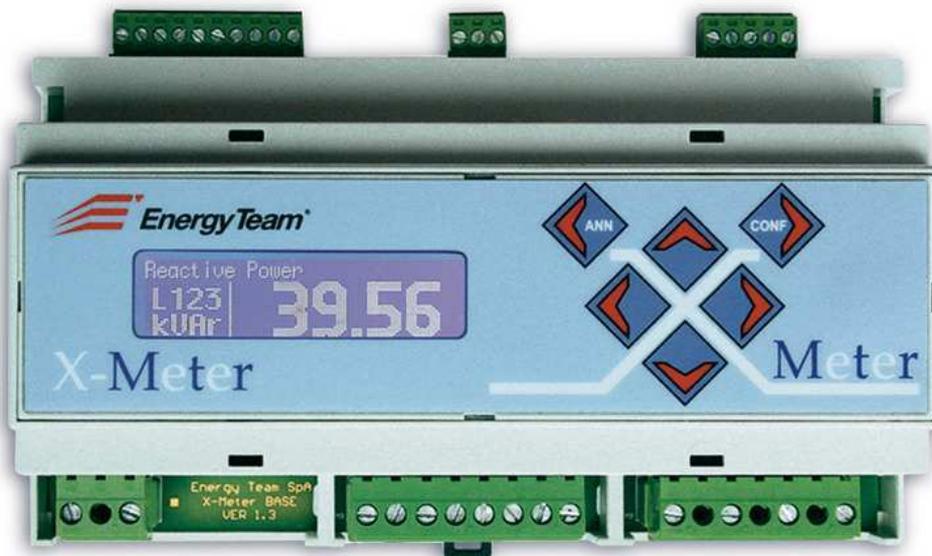


Fig.28: X-Meter

Gli X-Meter installati hanno le seguenti caratteristiche:

Dati Tecnici

Misure su rete 50/60HZ	
Tensione	Vac
Potenza Attiva	W
Potenza Reattiva	VAr
Potenza Apparente	VA
Potenza Distorcente	VA
Corrente Equivalente Trifase	A
Corrente Di Linea	A
Cosf	
Fattore di Potenza	
Energia Attiva Erogata	Wh
Energia Attiva Assorbita	Wh
Energia Reattiva Induttiva	VArh
Energia Reattiva Capacitiva	VArh
Frequenza	Hz
Precisione	+/- 0.25% del F.S. Val.Mis. +/- 0.50% del F.S. Val.Mis.Deriv.
Alimentazione	
Tensione alimentazione	100-250 Vac / 100-350 Vdc
Frequenza	50-60 Hz
Consumo	5 Va
Generali	
Ingressi tensioni N.3	100 o 400 Vac
Ingressi correnti	(**)N°3 Ingressi in corrente con uscita in tensione 5ARMS (***)N°3 Ingressi in corrente specifici per sensori con uscita in tensione 1VtRMS
Uscite Impulsive N.2 (Att/Reatt.)	
Uscite Optomos (N.1 Min N.1 Max)	100 mA / 24 Vdc
Grado protezione	IP 20
Peso	400 gr
Dimensioni LxHxW 9 moduli DIN	157,5 x 90 x58 mm
Display	Grafico
Temperatura di esercizio	-10°C + 55°C
Umidità relativa	95% senza condensa

Tab XLI: Caratteristiche X-Meter

Il Datalogger installato ha le seguenti caratteristiche:

Dati tecnici

Alimentazione	
Tensione alimentazione	100-250 Vac
Frequenza	50-60 Hz
Consumo	5 Va
Generali	
Ingressi digitali N.8	
Frequenza ingressi digitali	10 Hz Max.
Uscite Optomos N.4	100 mA/24 Vdc
Grado protezione	IP 20
Peso	gr 400
Dimensioni LxHxW 9 moduli DIN	mm 157,5x90x58
Display	Grafico
Temperatura di esercizio	-10 °C + 55 °C
Umidità relativa	95% senza condensa

Tab XLII: Caratteristiche Datalogger

Il Datalogger ha le stesse funzioni del contatore dell'ente distributore. Questo sistema di monitoraggio permettere di controllare i consumi di energia in tempo reale, con la possibilità anche di fare dei confronti nei diversi periodi.

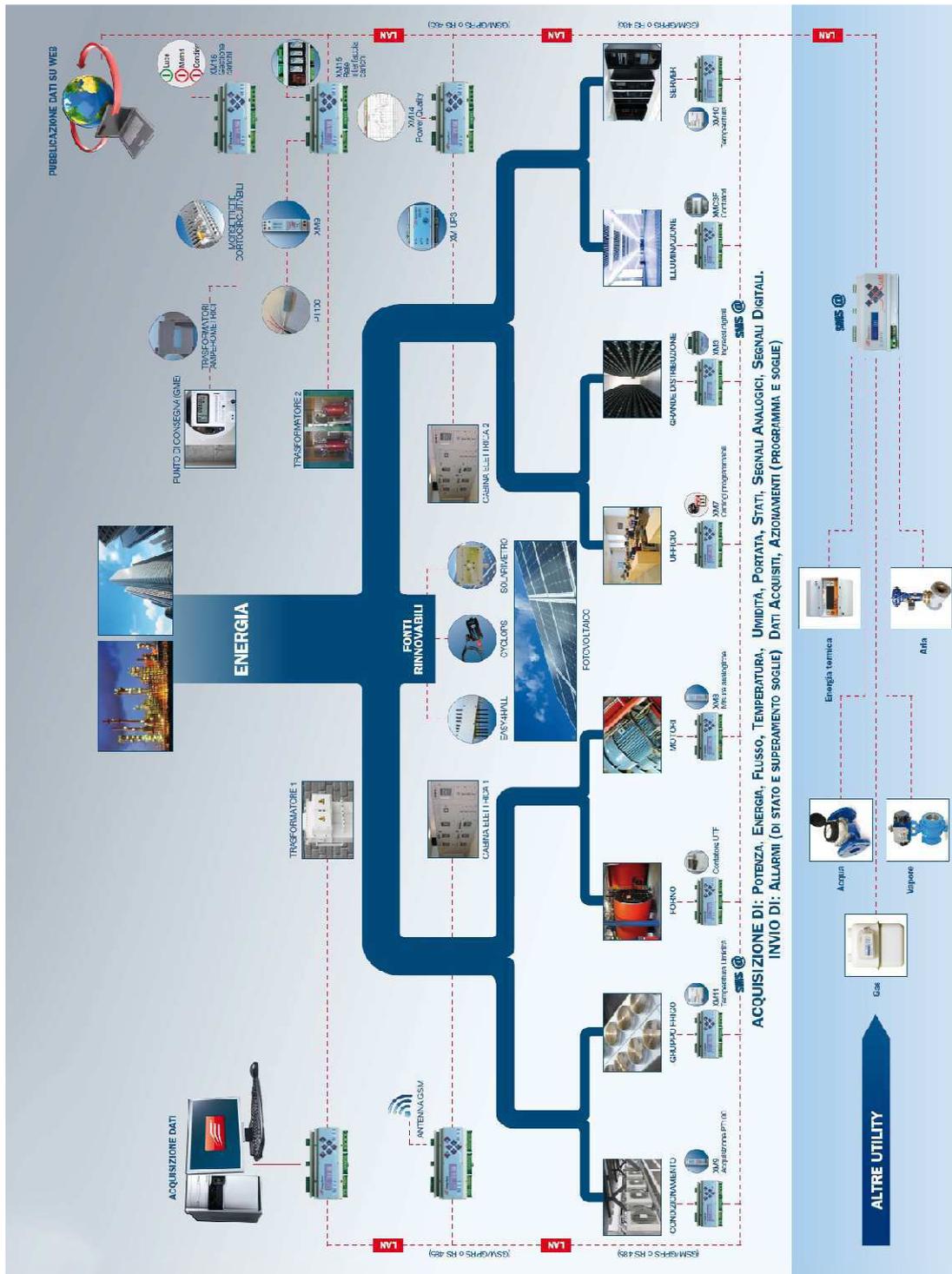


Grafico 34: Schema sistema di monitoraggio

L'Energy Sentinel WEB permette quindi di migliorare il rendimento energetico consentendo così di avere benefici nel breve periodo, massimizzando l'utilizzo delle fonti energetiche e delle attività ad essa correlate com'è visibile nel Grafico 34.

4.3 Campagna di monitoraggio

Si è voluto appurare gli schemi elettrici unifilari analizzando le potenze dissipate per le diverse utenze collegate. L'analisi è stata effettuata in data: 18-03-2017 per la Cabina 1, 2 e 3 scollegando i carichi in momenti diversi.

Di seguito sono stati riportati tutte le azioni che sono state effettuate.

Lo stato dalle cabine prima delle manovre era il seguente:

Ore 9:19

Cabina 1	81,04 kW
Cabina 2	27,47 kW
Cabina 3	41,02 kW

Tab XLIII: Stato delle cabine

I primi interventi sono stati effettuati partendo dalla cabina 3:

- ore 9:38 Spegnimento ausiliari forno area Coating & Repair (ex Turbo Service Torino) con potenza di $\cong 10 \text{ kW}$. Riduzione sulla Cabina 3 di 30 kW
- ore 9:40 Spegnimento blindo con potenza di $\cong 5 \text{ kW}$ (Area Coating & Repair). Con Cabina 3 a $\cong 40 \text{ kW}$ con il Chiller e pompe circolazione forno collegati ($\cong 40 \text{ kW}$ ausiliari forno vuoto, area Coating & Repair)

Successivamente si è passati alla Cabina 2:

- ore 9:58 Spegnimento compressori con potenza pari a $\cong 12 \text{ kW}$ (3 kW alimentazione EOS, 5 kW linea ricevimento merci)

Lo stato dalle cabine dopo gli interventi sulle Cabine 2 e 3 è il seguente:

Ore 10:37

Cabina 1	70,88 kW
Cabina 2	12,52 kW
Cabina 3	2,87 kW

Tab XLIV: Stato delle cabine

Dopo aver operato sulla Cabina 2 e 3 si è passati alla Cabina 1:

- ore 10:38 distacco blindo 1

Cabina 1	79,53 kW
Cabina 2	11,30 kW
Cabina 3	3,29 kW

Tab XLV: Stato delle cabine

L'aumento di potenza della Cabina 1 è dato dal fatto che sono subentrati i condensatori di rifasamento.

- ore 10:44 Distacco blindo 2. Cabina 1 $\cong 63,61 \text{ kW}$
- ore 10:48 Distacco blindo 3. Cabina 1 $\cong 53,67 \text{ kW}$
- ore 10:50 Distacco blindo 4. Cabina 1 $\cong 56,12 \text{ kW}$
- ore 10:52 Distacco blindo 5. Cabina 1 $\cong 53,29 \text{ kW}$
- ore 10:54 Distacco blindo 6. Cabina 1 $\cong 49,41 \text{ kW}$
- ore 10:56 Distacco blindo 7. Cabina 1 $\cong 46,47 \text{ kW}$
- ore 10:58 Distacco blindo 8. Cabina 1 $\cong 46,40 \text{ kW}$
- ore 11:00 Distacco blindo 9. Cabina 1 $\cong 44,97 \text{ kW}$
- ore 11:02 Distacco blindo 10 (equilibratici). Cabina 1 $\cong 29,60 \text{ kW}$
- ore 11:05 Distacco blindo 11 (Macchine MULTIV). Cabina 1 $\cong 25,79 \text{ kW}$
- ore 11:06 Distacco blindo 12. Cabina 1 $\cong 25,36 \text{ kW}$

- ore 11:08 Distacco blindo 8.1 Cabina 1 $\cong 27,79 \text{ kW}$
- ore 11:10 Distacco alimentazione locali mensa. Cabina 1 $\cong 13,55 \text{ kW}$

- ore 11:14 Locale 10. Cabina 1 $\cong 9,98 \text{ kW}$
- ore 11:16 Distacco quadro primo mezzalino lato ascensori. Cabina 1 $\cong 7,74 \text{ kW}$
- ore 11:17 Distacco quadro secondo mezzalino. Cabina 1 $\cong 4,17 \text{ kW}$
- ore 11:19 Fine della prova. Giù Cabina 1.

L'aumento di potenza della Cabina 1 dopo il distacco del blindo 8.1 è dato dal fatto che sono subentrati i condensatori di rifasamento.

Queste attività di monitoraggio hanno permesso di avere un'idea più chiara dei consumi e dei diversi carichi presenti all'interno dello stabilimento, permettendo così di individuare quali sono le macchine più energivore. Questo ha permesso di intervenire con lo spegnimento dei compressori o del forno "Bioteco" soprattutto quando durante il fine settimana la produzione all'interno del complesso industriale è ridotta.

Capitolo 5

Misure di riduzione effettuate

Dopo aver effettuato l'analisi energetica si sono attuati vari interventi per migliorare lo stato attuale degli impianti.

5.1 Intervento sulla gestione dell'impianto d'illuminazione

I responsabili dell'officina per ridurre parte dei consumi gestiscono in modo corretto lo spegnimento e l'accensione delle luci del magazzino a fine della giornata.

Questa azione preventiva non implica alcuna spesa ma fondamentale genera risparmio.

Altri importanti interventi ordinari che vengono effettuati sono: la pulizia dei vetri e l'imbiancatura delle pareti: queste azioni evitano l'assorbimento della luce da parte delle pareti scure aumentando così la quantità di luce naturale. I costi relativi a questi interventi sono i seguenti:

Azione	m ²	€/m ²	€
Imbiancatura	6885.13	1.5	10.327

Tab. XLVI: Prezzo d'intervento dell'imbiancatura

Interventi di questo tipo portano ad aumentare il fattore di riflessione delle superfici del locale. Tale fattore dipende dall'imbrattamento del locale o dalle condizioni ambientali e dall'intervallo scelto per la pulizia.

Bianco	75 ÷ 85	Pannelli in fibra minerale chiari	75 ÷ 85
Crema chiaro	70 ÷ 80	Pannelli in fibra di legno chiari	50 ÷ 60
Giallo	60 ÷ 70	Intonaco di gesso	70 ÷ 80
Grigio chiaro	45 ÷ 65	Carta bianca	70 ÷ 80
Rosa	45 ÷ 55	Cristallo per finestra	06 ÷ 08
Rosso chiaro	20 ÷ 30	Tenda a maglia stretta, chiara	65 ÷ 70
Grigio medio	20 ÷ 40	Tenda a maglia larga, chiara	35 ÷ 40
Blu, verde, chiari	35 ÷ 55	Cemento, calcestruzzo grezzi	20 ÷ 30
Grigio, verde, rosso, scuri	10 ÷ 20	Marmo chiaro	40 ÷ 60
Nero	03 ÷ 05	Granito	15 ÷ 20

Tab. XLVII: Riflessioni in % di superfici verniciate e materiali

Anche la pulizia delle lampade viene effettuata in modo sistematico.

I risparmi associati a tutte queste azioni non sono quantificabili, ma sicuramente producono effetti positivi sui costi.

Sono stati installati anche dei dispositivi crepuscolari sui punti luce presenti in officina in modo tale da rendere l'accensione e lo spegnimento più semplice e automatico. Il vantaggio di questi apparecchi e la capacità di sfruttare la luce naturale in base al giorno e alla stagione consentendo così di ridurre gli sprechi e i consumi.

5.2 Intervento sull'impianto d'aria compressa

Per individuare le perdite di tutto il sistema di compressione sono stati installati dei contatori locali sia per misurare la portata totale ma anche contatori per ogni ramo "critico". Una soluzione effettuata è stata quella di installare valvole di intercettazione con timer impostato per fermare i flussi d'aria compressa durante la notte e il fine settimana ovvero quando non sono necessari per lo svolgimento del lavoro in azienda.

Questa azione è stata necessaria avendo riscontrato consumi molto elevati il fine settimana (in particolare la domenica) probabilmente dovuti al compressore 4 a causa delle perdite d'aria compressa.

Il costo di investimento di questa installazione è principalmente correlato al numero di valvole da installare.

Le valvole installate dovrebbero essere chiuse quando le attività non sono programmate.

Infatti in azienda vengono effettuati corsi di formazione sul risparmio energetico e sul risparmio di aria compressa al fine di migliorare l'attività di monitoraggio. Questi corsi di formazione contribuiscono alla realizzazione di azioni ordinarie ed extra-ordinarie necessarie per migliorare la gestione energetica.

5.3 Intervento sulle pompe per il condizionamento

Le pompe di condizionamento VRF hanno un timer che veniva regolato manualmente. Questo implicava che la maggior parte delle volte alcune pompe rimanevano sempre accese. Ora impostando i timer, come mostra il calendario settimanale, vi è potuto avere un risparmio. Le pompe di condizionamento Multi VRF devono essere impostate come segue:

Lunedì-Venerdì		Sabato-Domenica	
Accensione	Spegnimento	Accensione	Spegnimento
07.00	20.00	-	sempre

Tab. XLVIII: Calendario settimanale

Questa azione non influisce sui costi, ma sicuramente produrrà vantaggi in termini di risparmio energetico quindi di denaro.

Tutti questi interventi hanno portato una riduzione dei consumi medi di potenza elettrica di circa 227 kW da gennaio a settembre 2017, com'è visibile nel Grafico 35.



Grafico 35: Confronto di potenza elettrica consumata tra la settimana del 16/01/2017 – 22/01/2017 e la settimana del 25/09/2017 – 01/10/2017

Capitolo 6

Kpi e Benchmarking

La normativa europea UNI CEI EN ISO 50001:2011 richiede la definizione di adeguati indicatori energetici nello sviluppo del sistema di gestione dell'energia, utilizzati allo scopo di monitorare le condizioni di efficienza energetica dell'organizzazione.

Gli Indicatori di Performance Energetica (EP_i) danno un'idea sulle prestazioni energetico del sito industriale, perché permettono di confrontare il caso studio con i valori di riferimento. I dati utili per la costruzione di tali parametri saranno:

- Energia elettrica;
- Gas naturale o altri combustibili;
- Fluidi di processo;
- Eventuali altri vettori energetici.

In particolare per quanto riguarda la EthosEnergy saranno analizzati l'energia elettrica e il gas naturale, ponendoli direttamente a confronto grazie alla conversione possibile dei valori in quantità di energia primaria.

È ora utile riportare i metodi utilizzati per la creazione del modello di benchmark per l'analisi della situazione energetica della EthosEnergy, rispetto alle realtà produttive operanti in un contesto simile. Per fare ciò si sono utilizzati dei dati provenienti dalle statistiche Istat, sui consumi e i costi energetici affrontati nell'industria manifatturiera, ambito metalmeccanico. In particolare si sono indagati, ove possibile per reperimento dei dati, 3 scenari di confronto. Tutti i dati riportati saranno riferiti all'anno 2009.

Gli scenari vengono riportati dai codici ATECO^[19]:

- Scenario generale: i dati sono relativi alle aziende operanti nel campo "Fabbricazione di macchinari ed apparecchiature nca";
- Scenario particolare: i dati sono relativi alle aziende operanti nel campo "Fabbricazione di macchine di impiego generale", nel quale è compreso il campo di fabbricazione di motori e turbine;

- Scenario specifico: i dati sono relativi alle aziende operanti nel campo dello scenario particolare, ma con più di 100 addetti.

L'ATECO^[19] è una sorta di classificazione delle attività economiche adottate dal "Istituto Nazionale di Statistica" ed è la versione italiana della NACE creato da Eurostat. Le attività sono raggruppate dal caso generale a quello specifico in sezione per sezione. La nomenclatura generale è:

ATECO A n ° DD.GGG.CCCC.KKKKK.S-KKKKKK

dove:

- A: individua il tipo di attività;
- DD: numero di divisione;
- GGG: numero di gruppo;
- CCCC: numero di classe;
- KKKKK: numero di categoria;
- S-KKKKKK: numero di sottocategoria.

In questo caso ATECO C n ° 28 (Scenario generale), ATECO C n ° 28.1 (Scenario particolare) e ATECO C n ° 28.1 con + 100 lavoratori (Scenario specifico).

I dati relativi al primo scenario saranno sempre disponibili, mentre quelli relativi agli altri due saranno disponibili soltanto quando si parlerà di costo dell'energia primaria più avanti. I flussi monetari dei dati di fatturazione e di costo della EthosEnergy saranno attualizzati all'anno 2009, poiché i valori da statistiche Istat sono misurate in euro dal 2009. L'attualizzazione verrà effettuata tramite dei valori di inflazione resi noti dall'Istat stessa e di seguito riportati nella Tab. XLIX.

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1,058	1,040	1,007	1,000	0,987	0,966	0,936	1,092	1,098	1,090	1,092

Tab. XLIX: Fattori di attualizzazione ISTAT (anno solare) rif. 2009^[21]

Poiché l'analisi verrà effettuata sugli anni fiscali, si opera una pesatura del valore di attualizzazione considerando i 3/12 di un anno e i 9/12 dell'anno successivo. I valori finali sono riportati nella Tab. L.

2007/2008	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2015	2016
1,017	1,002	0,990	0,971	0,944	1,053	1,097	1,092	1,100

Tab. L: Fattori di attualizzazione ISTAT (anno fiscale) rif. 2009^[21]

Il bilancio aziendale al 31.12.2014 è stato eccezionalmente di 15 mesi (01.10.2013-31.12.2014). Dopo quella data si è scelto a livello aziendale di considerare solo l'anno solare e non più l'anno fiscale. I calcoli seguenti terranno conto di questa scelta.

L'attualizzazione dei flussi è quindi possibile calcolarla tramite la seguente equazione:

$$\epsilon_{att} = \epsilon_{reale} \cdot FA [\epsilon_{2009}] \quad (6.1)$$

dove

ϵ_{att} = flusso monetario attualizzato;

ϵ_{reale} = flusso monetario corrente;

FA = fattore di attualizzazione.

Prima di partire con l'analisi sarà opportuno fare un riassunto dei consumi, costi, dati economici e produttivi per avere chiaro il quadro generale della EthosEnergy. Nella Tab. LI sono quindi riportati quindi i valori di fatturato, ore di produzione e numero di addetti, nei vari anni presi in esame, assieme ai valori di consumo e costo dei vettori energetici utilizzati per la produzione di energia.

Anno	Consumo GN [Sm^3]	Consumo EE [kWh]	Costo GN [€]	Costo EE [€]	Ore di produzione	Fatturato [mln €]	N° addetti
2007/2008	982.507	3.872.524	3.57.787	513.182	346.403,49	100,93	274
2008/2009	843.885	3.679.191	410.740	469.462	347.696,42	120,72	274
2009/2010	1.013.101	4.359.685	348.355	547.538	378.460,36	97,49	281
2010/2011	799.921	4.426.816	284.736	569.499	445.483	109,11	274
2011/2012	813.125	4.668.877	405.105	716.723	473.163	82,66	272
2012/2013	735.222	3.883.025	322.855	846.765	392.420	62,46	264
2013/2014	590.644	4.184.519	238.468	663.024	371.509	51,90	243
2015	689.468	3.673.823	240.706	562.421	293.718	29,43	215
2016	677.123	3.916.447	213.934	566.674	289929	25,71	202

Tab LI: Andamento consumi, costi, ore di produzione, fatturato e numero dipendenti

6.1 Gas Naturale

È possibile ora definire, in accordo con tutto ciò che è stato precedentemente riportato, alcuni KPI energetici riferiti al consumo e alla spesa di gas naturale per quanto riguarda la EthosEnergy. In particolare si andranno a calcolare il consumo di gas naturale sul fatturato, la spesa per il gas naturale sul fatturato e il costo specifico dell'energia elettrica, confrontando i valori ricavati con le realtà operanti nello scenario generale precedentemente descritto.

6.1.1 Consumo gas naturale su fatturato

Utilizzando i dati forniti dall'Istat, si può calcolare la quantità di gas naturale utilizzata per i processi industriali dello scenario generale, convertendola successivamente in unità di energia primaria. Nella voce di consumo dei dati forniti vi è anche un valore per i cosiddetti "Gas derivati". Per semplicità accorperemo questo dato, che risulta comunque essere ininfluenza ai fini del calcolo, a quello del gas naturale.

Dai dati Istat si ottiene che nell'anno 2009 vi è stato un consumo di gas naturale pari a 427.305 Sm^3 che, secondo il ben noto fattore di conversione:

$$1.000 \text{ Sm}^3 = 0,82 \text{ TEP}$$

È pari a $350.390,1 \text{ TEP}$.

Da questo dato è quindi possibile risalire all'indice di prestazione energetica del consumo di gas naturale per unità di fatturato, che risulta essere pari a:

$$GN_{cons/fatt} = 3,89 \frac{\text{TEP}}{\text{mln } \text{€}} \quad (6.2)$$

Effettuando lo stesso tipo di calcolo, si risale ai valori storici di tale KPI per la EthosEnergy, che sono riportati nel Grafico 36, dove possiamo notare che l'andamento del KPI è sempre al di sopra del valore limite stabilito dallo scenario generale. Questo è causato dalla diminuzione negli ultimi anni del fatturato, anche se il consumo del gas naturale, come è stato analizzato nei capitoli precedenti, è stato ridotto.

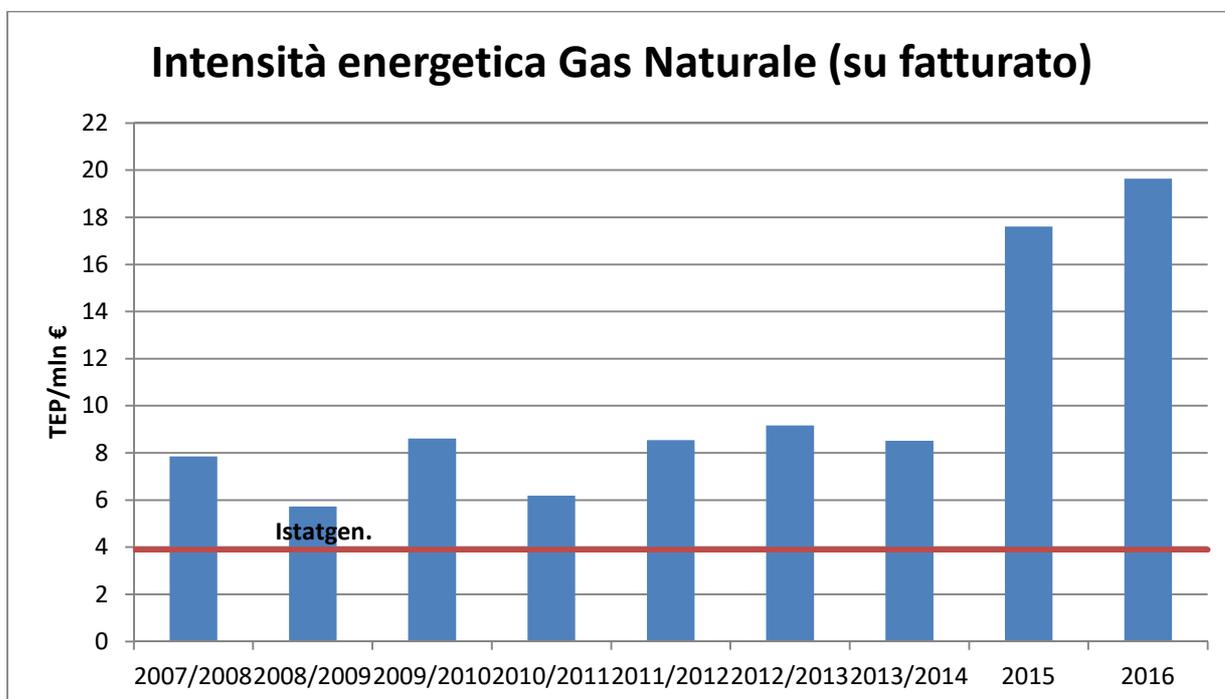


Grafico 36 : KPI consumo gas naturale su fatturato

6.1.2 Costo gas naturale su fatturato

Tramite i valori Istat riguardanti lo scenario generale è possibile risalire al costo annuo totale per l'approvvigionamento di gas naturale, che risulta pari a 156.606.000 €.

Da questo valore è possibile risalire al costo del gas naturale su unità di fatturato, che risulta pari a:

$$GN_{costo/fatt} = 0,174 \% \quad (6.3)$$

Effettuando il calcolo si ottiene l'andamento rappresentato nel Grafico 37. Come si può notare, anche qui il valore limite dello scenario generale presentato dall'Istat risulta essere minore rispetto a quello evidenziato dai valori dell'azienda. I flussi non sono stati attualizzati, essendo questa un'operazione inutile ai fini del calcolo.

Tale superamento del limite non deve essere visto comunque in chiave negativa. Più avanti si analizzerà in dettaglio l'energia primaria in quanto tale, quindi somma di energia elettrica e gas naturale, i cui risultati saranno maggiormente indicativi riguardo a questo aspetto.

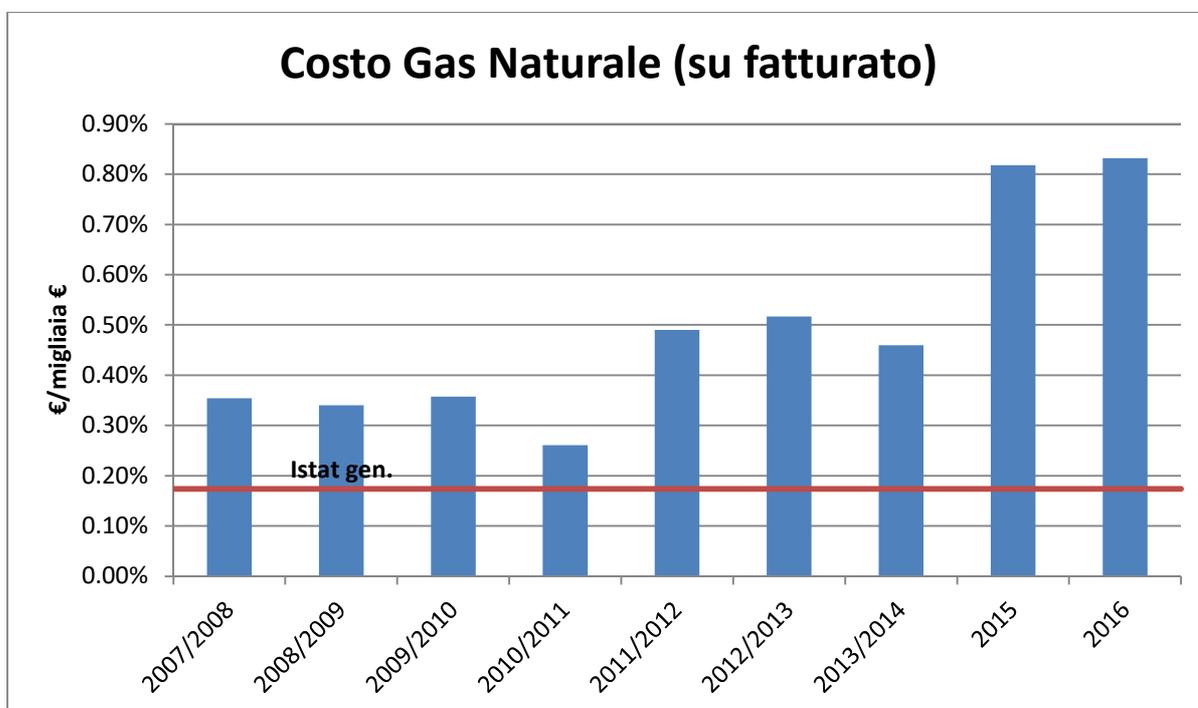


Grafico 37: KPI costo gas naturale su fatturato.

6.1.3 Costo specifico gas naturale

Utilizzando i dati visti precedentemente è ora possibile calcolare il costo specifico del gas naturale, attualizzato all'anno 2009.

Per quanto riguarda il valore dello scenario generale, esso risulta essere pari a:

$$GN_{costo\ spec} = 0,376 \text{ €/Sm}^3 \quad (6.4)$$

Nel Grafico 38 è rappresentato l'andamento del KPI in considerazione, dove possiamo notare che l'andamento attualizzato negli anni è risultato discontinuo, fino ad arrivare all'ultimo anno ad un valore inferiore al limite dello scenario generale. Il valore nell'annata 08/09 risulta essere influenzato pesantemente dall'incremento cospicuo registrato in quel periodo.

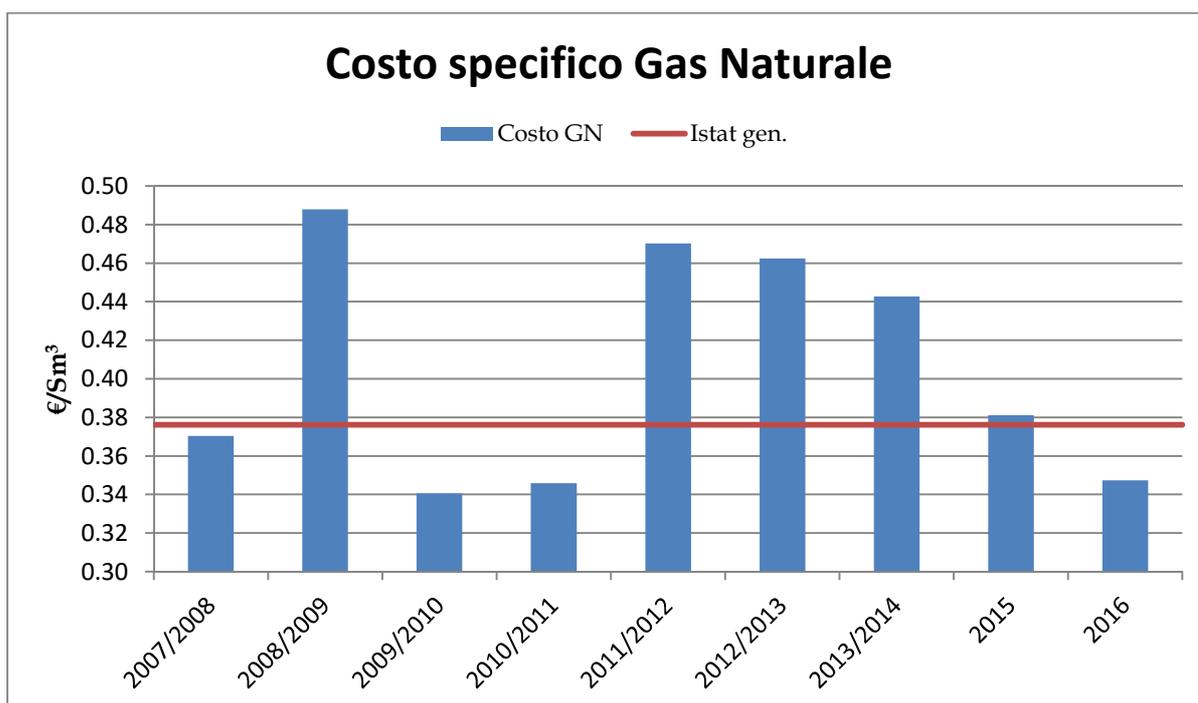


Grafico 38: KPI costo specifico gas naturale

Il fatto che i KPI sono superiori allo scenario generale in alcune annate significa che l'efficienza del gas è piuttosto bassa.

6.2 Energia Elettrica

Anche per l'energia elettrica è possibile definire dei KPI energetici, basandosi sui dati forniti dall'Istat per lo scenario generale precedentemente introdotto. Analogamente a quanto visto per il gas naturale, anche per l'energia elettrica saranno analizzati il consumo per unità di fatturato, il costo per unità di fatturato e il costo specifico del combustibile stesso, utilizzando ovviamente i dati di fatturato precedentemente introdotti e usati.

6.2.1 Consumo energia elettrica su fatturato

Il fatturato totale annuo riferito alle aziende dello scenario generale è noto e pari a 90.075,807 milioni di euro. Il consumo di energia elettrica è invece pari a 3104 MWh , da cui operando la conversione in energia primaria, secondo il seguente fattore:

$$1 \text{ MWh} = 0,23 \text{ TEP}$$

è possibile ricavare un consumo di energia elettrica pari a 821,1 kTEP.

Infine si ricava l'indice di prestazione energetica desiderato, con il quale si attueranno quindi i confronti con i valori della EthosEnergy. Pertanto abbiamo che il consumo di energia elettrica su fatturato relativo allo scenario generale è pari a:

$$EE_{cons/fatt} = 9,12 \frac{\text{TEP}}{\text{mln } \text{€}} \quad (6.5)$$

Effettuando lo stesso tipo di analisi per quanto riguarda i dati EthosEnergy, ovvero convertendo i valori di energia elettrica consumata e i dati di fatturato riportati in Tab. LI (Andamento consumi, costi, ore di produzione, fatturato e numero dipendenti) è possibile visualizzare i risultati degli andamenti storici confrontati con il KPI dello scenario generale sopra riportato. I valori di fatturato sono stati attualizzati seguendo i valori di attualizzazione riportati nella Tab. L.

È possibile notare quindi dal Grafico 39 come il consumo di energia elettrica per unità di fatturato sia crescente negli anni, ad eccezion fatta per l'anno fiscale 2008/2009 e 2010/2011 dove l'indice è chiaramente influenzato dall'ottimo fatturato.

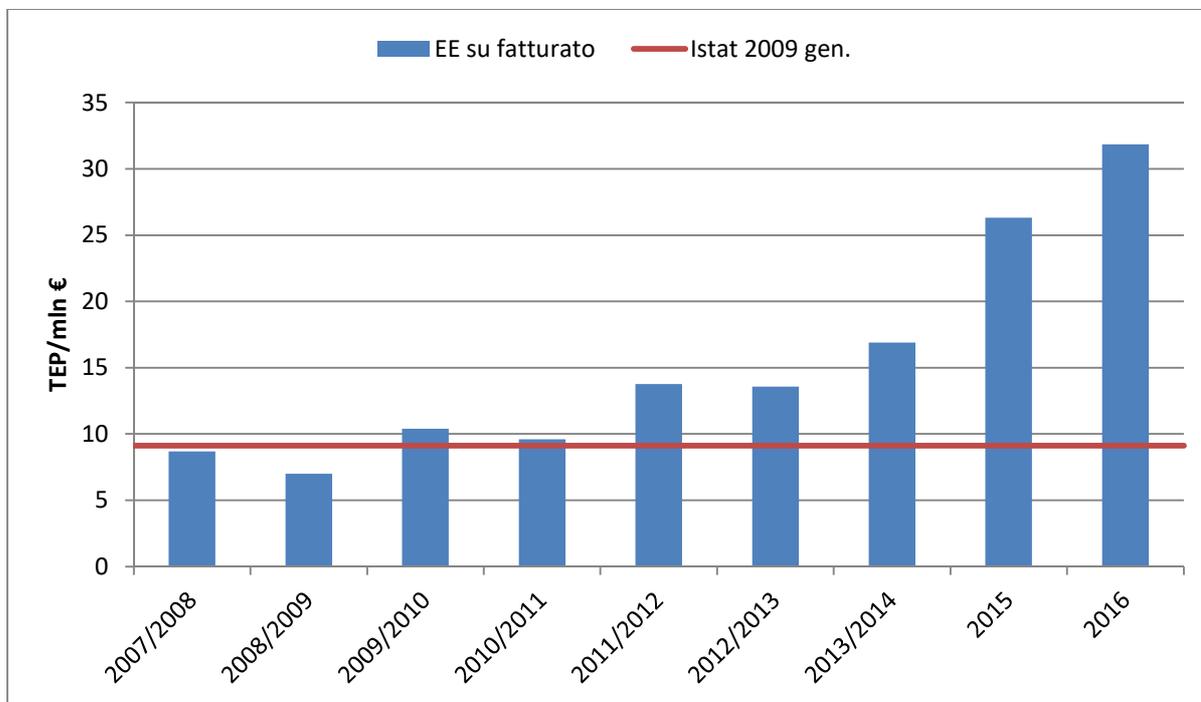


Grafico 39: KPI consumo energia elettrica su fatturato

6.2.2 Costo energia elettrica su fatturato

Dai dati forniti dall'Istat, è possibile ottenere la spesa totale delle industrie dello scenario generale per quanto riguarda l'energia elettrica per l'anno 2009. Risulta quindi esserci stata una spesa totale pari a 366.241.000 € .

È possibile quindi calcolare l'indice di prestazione energetica riguardante il costo dell'energia elettrica sull'unità di fatturato, che è pari a:

$$EE_{costo/fatt} = 0,547 \% \quad (6.6)$$

Effettuando lo stesso tipo di calcolo sui dati EthosEnergy, otteniamo l'andamento visibile dal Grafico 40. Anche qui possiamo notare come la spesa per l'energia elettrica per unità di fatturato abbia un trend crescente, a parte sempre l'ottima annata per il fatturato 2008/2009.

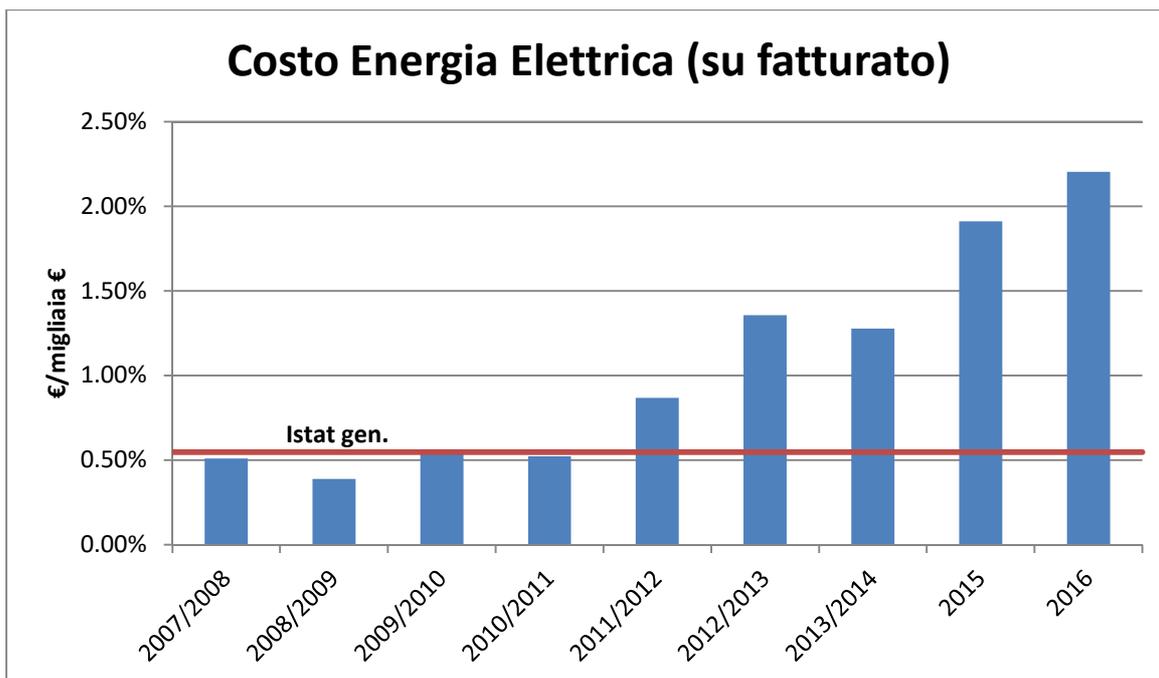


Grafico 40: KPI costo energia elettrica su fatturato

6.2.3 Costo specifico energia elettrica

Dai dati in nostro possesso è ora possibile confrontare il costo medio specifico dell'energia elettrica, attualizzando la spesa in tale campo della EthosEnergy per effettuare un confronto con il valore dello scenario generale. Il valore per quanto riguarda lo scenario generale risulta essere pari a:

$$EE_{costo\ spec} = 0,138 \text{ €/kWh} \quad (6.7)$$

L'andamento del costo del kilowattora attualizzato è proposto nel Grafico 41.

Con l'attualizzazione dei flussi si può notare come il costo specifico vada addirittura a diminuire ma ad aumentare negli ultimi anni, essendo inoltre il valore proposto dallo scenario generale sempre al di sopra di quello della EthosEnergy fino all'2010/2011 per poi aumentare nelle ultime annate.

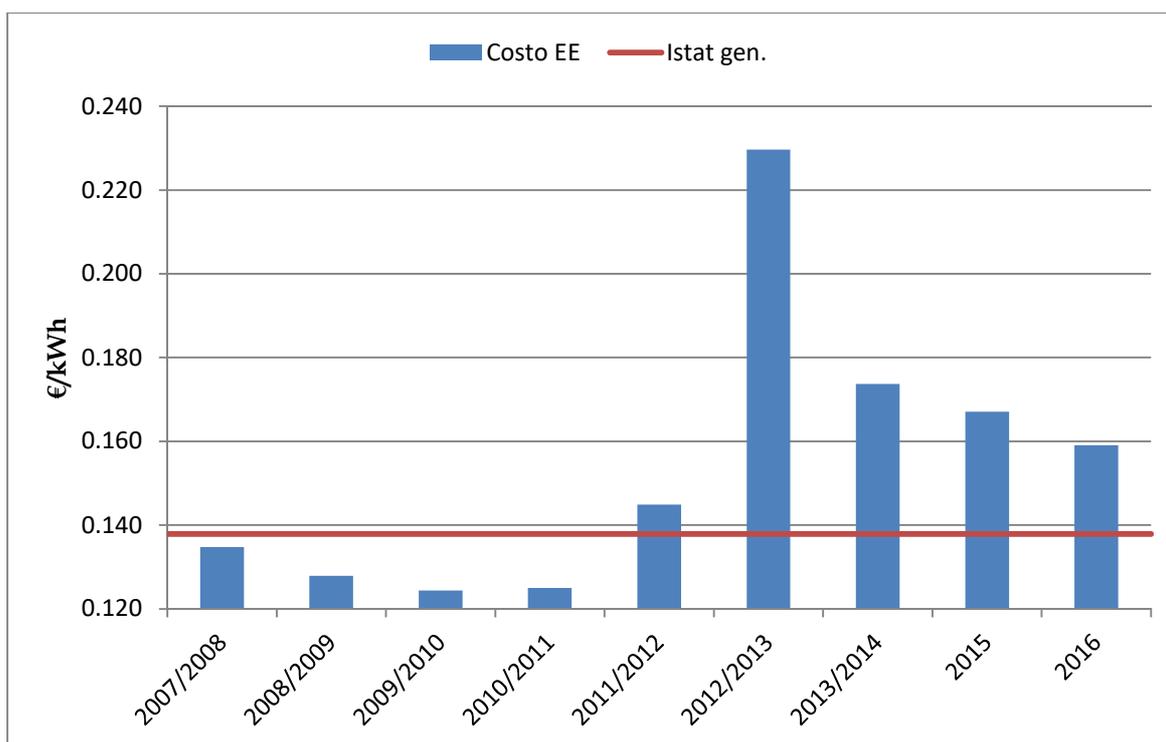


Grafico 41: KPI costo specifico energia elettrica

Il grafico mostra un grande aumento del costo specifico dal 2011/2012, che si conferma l'anno successivo, ma che poi si riduce nelle annate seguenti. Questo non è un buon risultato in termini di efficienza energetica, ma è anche necessario sottolineare che dal 2012/2013 al 2016 il KPI si è ridotto.

Inoltre, questo forte incremento rispetto ai valori Istat è mostrato solo negli ultimi tre anni, quindi è probabile che sia legato ad un incremento generale dei prezzi del mercato.

6.3 Energia primaria

Analogamente a quanto fatto in precedenza, è possibile costruire dei KPI energetici con i quali confrontare l'andamento della EthosEnergy per quanto riguarda l'energia primaria con gli scenari visti precedentemente. Gli indici di prestazione energetica che si andranno a costruire sono: costo specifico dell'energia primaria, percentuale del costo dell'energia sul fatturato, l'intensità energetica e il consumo per addetto.

In particolare, sarà possibile confrontare il costo specifico dell'energia primaria della EthosEnergy anche con gli altri due scenari, oltre a quello generale, ovvero lo scenario particolare e quello specifico.

6.3.1 Costo specifico energia primaria

Per calcolare il costo specifico dell'energia primaria delle aziende dei vari scenari sarà necessario sommare gli apporti dei vari vettori energetici, opportunamente convertiti in energia primaria tramite un fattore di conversione. La metodologia di calcolo sarà illustrata solo una volta, nel caso dello scenario generale, perché identica negli altri due casi.

Il calcolo del consumo energetico annuo delle aziende dello scenario generale, convertito in energia primaria è stato ricavato dalle quantità, riportate in Tab. LII, dei vari vettori energetici, assumendo per ognuno un opportuno fattore di conversione in energia primaria. I valori sono come sempre riportati dai valori Istat riferiti all'anno 2009.

Si sono operate alcune ipotesi riguardanti i vettori energetici, che in alcun modo influenzano il valore significativo del consumo stesso:

- I valori riportati sotto la voce "Altri prodotti petroliferi" e "Altri prodotti utilizzati per produzione di energia elettrica" sono stati ignorati, non potendo sancire un fattore di conversione adeguato, non conoscendo la chimica dei vettori utilizzati;
- I valori riportati sotto la voce "Gas derivati" sono stati inglobati nei consumi rappresentati sotto la voce "Gas metano".

Vettore energetico	Quantità consumata	Fattore conversione	Conversione TEP
Coke metallurgico	14.863 t	/	0,596 TEP/t
Gasolio	94.712 · 10 ³ l	845 kg /m ³	1,08 TEP/t
Olio combustibile	16.797 t	/	0,98 TEP/t
GPL	15.557 · 10 ³ l	565 kg /m ³	1,1 TEP/t
Benzina	8.078 · 10 ³ l	720 kg /m ³	1,2 TEP/t
Metano	416.287 · 10 ³ m ³		0,82 TEP/1.000 Sm ³
Gas derivato	5.255 · 10 ³ m ³		0,82 TEP/1.000 Sm ³
Calore	271.958 GJ		0,02388 TEP/GJ
Energia elettrica	3.570.170 MWh		0,23 TEP/MWh

Tab. LII : Fattori di conversione vettori energetici scenario globale.

Effettuando i dovuti calcoli è quindi possibile ottenere il valore di energia primaria consumato nello scenario generale, che risulta essere pari a :

$$EP_{gen} = 1.301,7 \text{ kTEP} \quad (6.8)$$

È inoltre possibile risalire, sempre dai dati Istat, alla spesa totale per tali vettori energetici, che risulta essere pari a 787.490.000 €^[21].

Nel caso dello scenario generale abbiamo che il costo specifico dell'energia primaria è pari a:

$$EP_{spec}^{gen} = 604,97 \frac{\text{€}}{\text{TEP}} \quad (6.9)$$

Con una procedura di calcolo analoga otteniamo anche i KPI corrispettivi per gli scenari particolare e specifico, riportati di seguito.

$$EP_{spec}^{part} = 564,89 \frac{\text{€}}{\text{TEP}} \quad (6.10)$$

$$EP_{spec}^{spec} = 538,46 \frac{\text{€}}{\text{TEP}} \quad (6.11)$$

Analogamente è possibile calcolare tali KPI con i dati EthosEnergy, che sono stati riportati nel Grafico 42 dove si può notare come il costo dell'energia della EthosEnergy

sia estremamente conveniente rispetto alla media degli scenari considerati. Tutti i flussi monetari sono stati attualizzati all'anno 2009, come fatto precedentemente.

Nel 2008/2009 il costo dell'energia della EthosEnergy ha superato la quota limite sia dello scenario particolare sia dello scenario specifico come nel 2016. Dal 2011/2012 fino al 2015 il costo dell'energia ha superato tutti e tre i scenari. È inoltre utile specificare come lo scenario particolare sia quello che più si avvicina all'area di interesse della EthosEnergy. Negli ultimi anni la riduzione dei costi è chiaramente visibile.

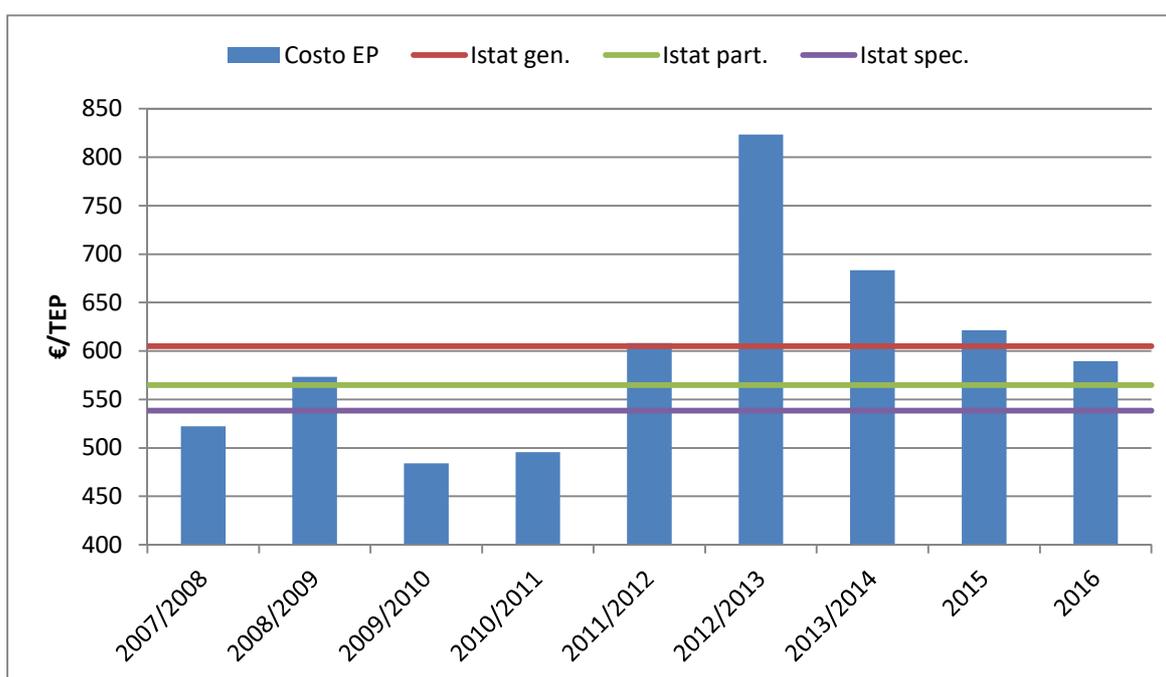


Grafico 42: KPI costo specifico energia primaria

6.3.2 Costo dell'energia primaria su fatturato

Con i dati già in nostro possesso ed esplicitati precedentemente, è possibile calcolare il costo dell'energia primaria su fatturato delle aziende operanti nello scenario generale. Tale valore risulta essere pari a:

$$EP_{spec} = 0,874\% \quad (6.12)$$

Analogamente vengono costruiti gli indicatori partendo dai dati EthosEnergy e i risultati sono riportati nel Grafico 43.

Qui possiamo notare come il valore limite dello scenario generale sia al di sotto dei valori EthosEnergy tranne nel 2008/2009 e 2010/2011. Quindi si può concludere che l'incidenza della spesa dell'energia sul fatturato dell'azienda è maggiore della media delle aziende operanti nello stesso scenario generale. È opportuno quindi effettuare alcune azioni di miglioramento al fine di ottenere un risparmio a livello monetario.

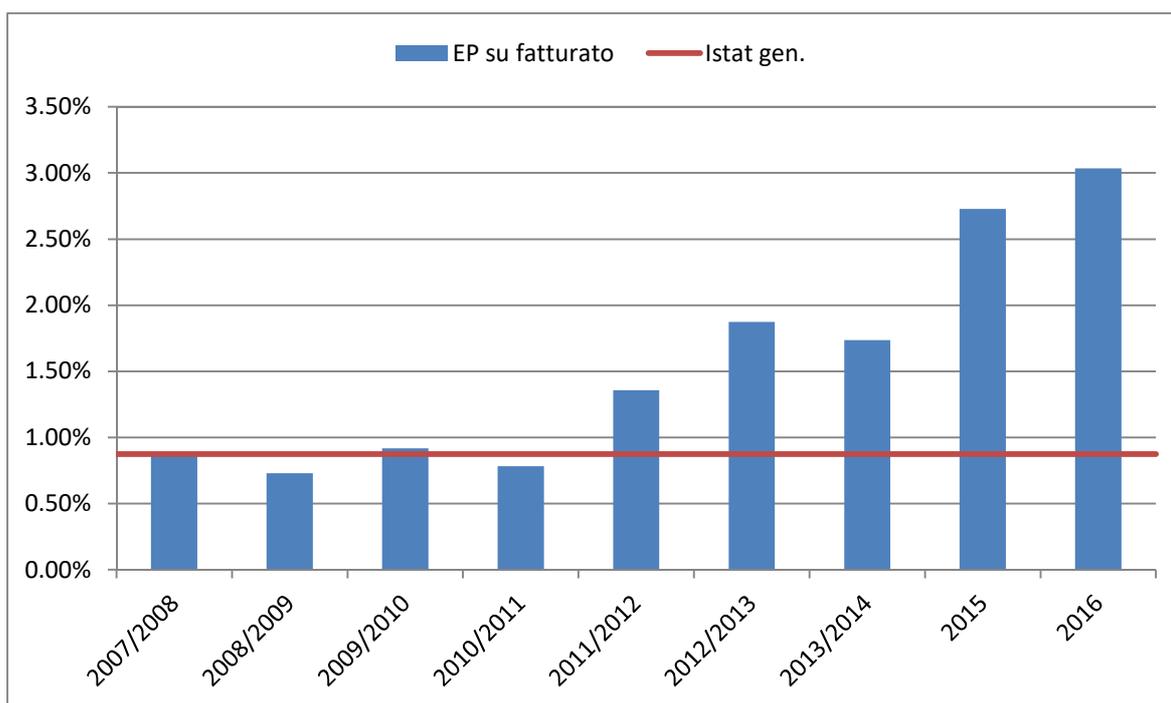


Grafico 43: KPI: costo energia primaria su fatturato

6.3.3 Intensità energetica

È ora possibile calcolare, sempre con i dati in nostro possesso ed esplicitati precedentemente, l'intensità energetica delle aziende dello scenario generale. Tale valore risulta essere pari a:

$$EP_{int} = 7,95 \frac{TEP}{mln \text{ €}} \quad (6.13)$$

Analogamente possono essere ricavati i valori per la EthosEnergy, attualizzando i flussi monetari del fatturato nei diversi anni. I risultati sono riportanti nel Grafico 44, dove si può notare come, ad eccezion fatta per le annate 08/09 e 10/11 che c'è stato un aumento del KPI negli anni. L'intensità energetica sottolinea la necessità di intervenire sulle apparecchiature e sull'impianto di distribuzione. Nell'ultimo anno i consumi sono 50 volte superiori ai ricavi. Questo scenario è legato al fatto che la produzione è diminuita molto dal 2011/2012 ad oggi, anche se i consumi sono rimasti in realtà abbastanza costanti.

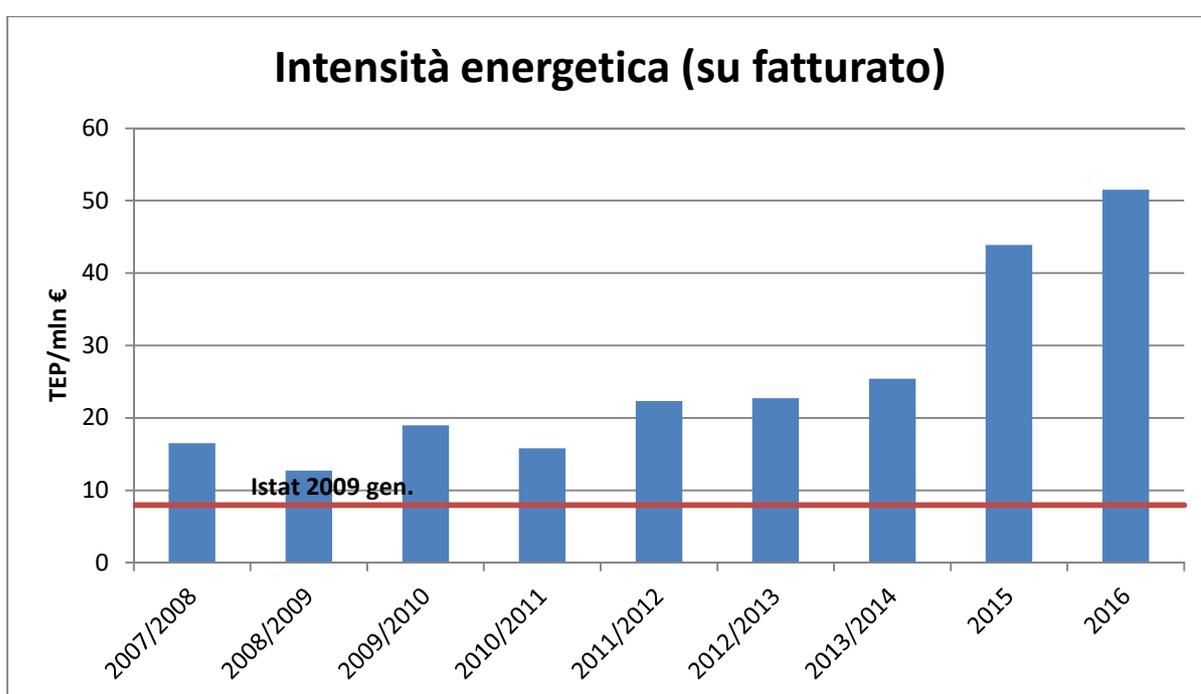


Grafico 44: KPI intensità energetica

6.3.4 Consumo per addetto

Dai valori sempre forniti dall'Istat è possibile ricavare il valore del numero degli addetti operanti nelle aziende dello scenario generale, che sono pari a 474.200.

Da questi è possibile calcolare il consumo di energia primaria per addetto, che risulta essere pari a:

$$EP_{add} = 2,75 \frac{TEP}{addetto} \quad (6.14)$$

Analogamente è possibile calcolare i valori riferiti alla EthosEnergy, che sono riportati nel Grafico 45.

Dividendo il consumo per addetto per l'intensità energetica è possibile calcolare il fatturato medio per addetto.

Tale parametro per le aziende dello scenario generale risulta essere pari a:

$$FT = 189,95 \frac{\text{migliaia } \text{€}}{\text{addetto}} \quad (6.15)$$

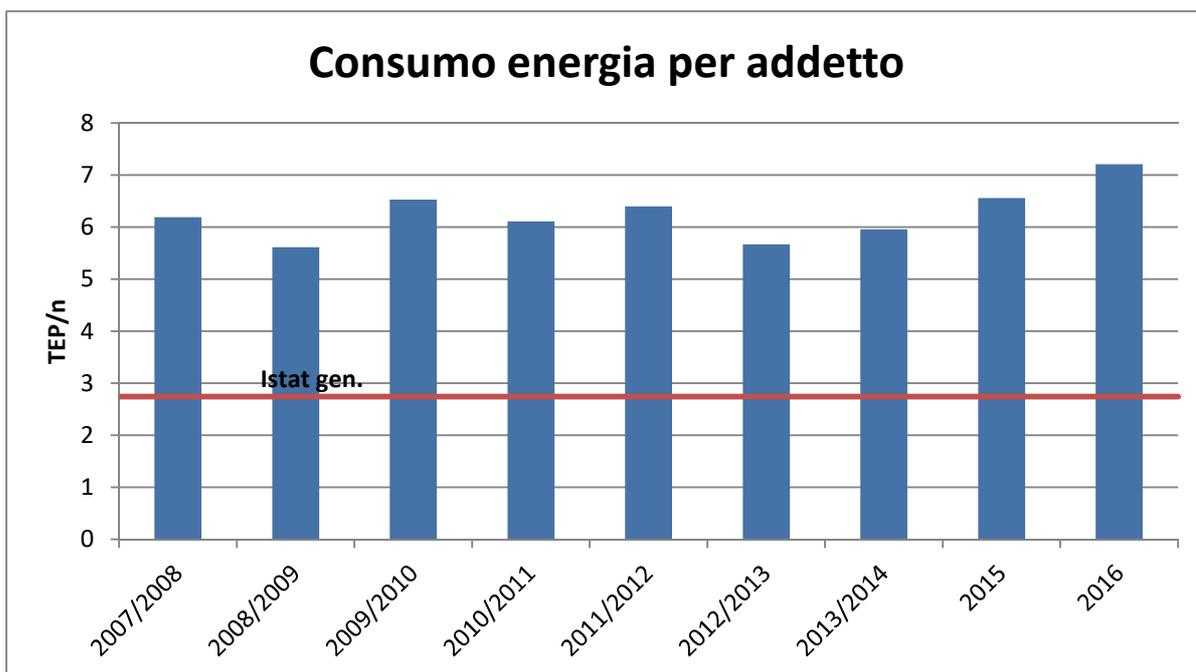


Grafico 45: KPI consumo energia primaria per addetto

Appare chiaro che un lavoratore della EthosEnergy consuma tre 2 e 3 volte rispetto ad un lavoratore medio italiano dello stesso settore.

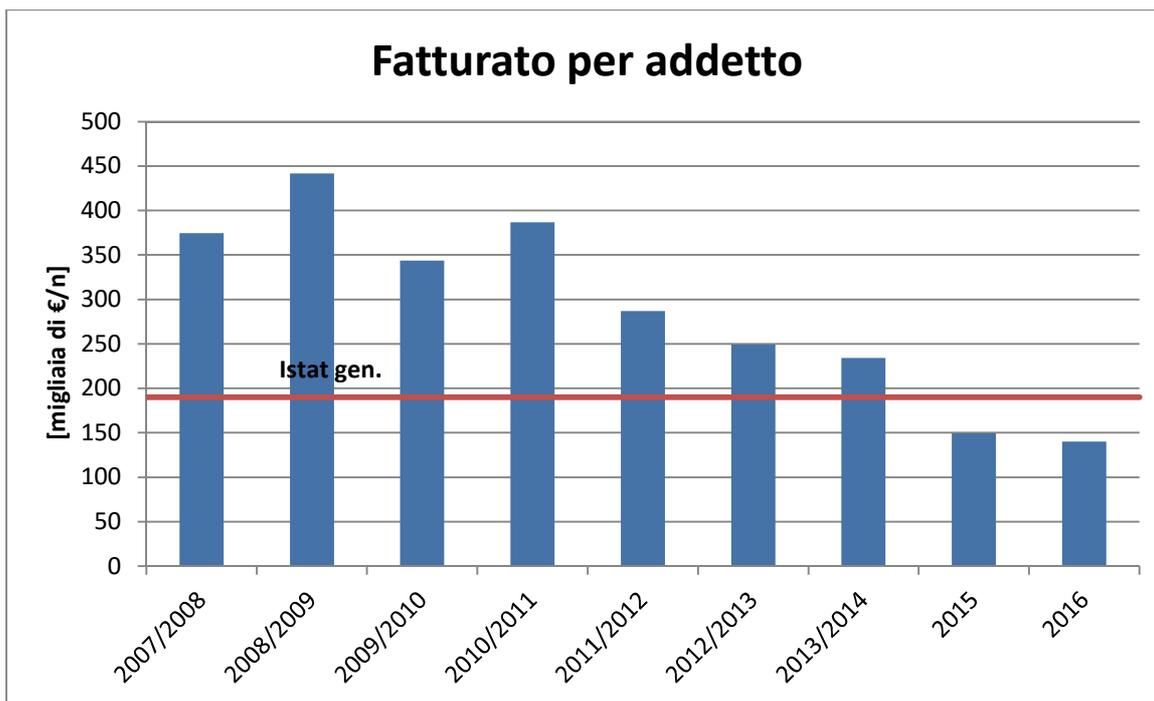


Grafico 46: KPI fatturato per addetto

I valori di fatturato medio per addetto per la EthosEnergy con i valori attualizzati al 2009, sono riportati nel Grafico 46. È quindi possibile notare come ogni addetto della EthosEnergy mediamente fatturi maggiormente rispetto ad un proprio corrispettivo delle aziende dello scenario generale tranne nelle ultime due annate dove vi è stato un calo consistente del fatturato. Quindi in linea generale si può affermare che: se da una parte l'addetto medio consuma più energia, tale energia serve per ottenere benefici dal punto di vista economico, che risulta essere un aspetto particolarmente importante per ogni tipo di azienda.

Capitolo 7

Soluzioni proposte e analisi costi-benefici

Sono state proposte diverse soluzioni analizzando nel dettaglio gli investimenti e i risparmi che si otterranno nel medio-lungo periodo ove sarà possibile. Di seguito riportiamo puntualmente le principali azioni di miglioramento proposte:

1. Sostituire i motori ad induzione a gabbia di scoiattolo a velocità costante con dei motori sincroni a magneti permanenti regolati tramite inverter (azionamento brushless);
2. Inserire sugli impianti di trattamento aria dei temporizzatori al fine di programmare la loro accensione e il loro spegnimento in funzione dell'affollamento orario;
3. Utilizzare il teleriscaldamento quando sarà disponibile, al fine di integrare il consumo termico con acqua calda proveniente dalla rete cittadina di teleriscaldamento;
4. Sostituire le lampade ai vapori di sodio con quelle a LED;
5. Installare di un impianto fotovoltaico sul tetto;
6. Realizzare una nuova coibentazione del tetto.

7.1 Interventi sulla gestione dell'impianto d'illuminazione normale

Analizziamo nel dettaglio le apparecchiature presenti nell'impianto d'illuminazione :

- MAT - H08 HIGH BAY LIGHT (lampade fluorescenti a induzione);
- Techolight s.r.l. VARIALUMEN 400C (lampade a Joduri metallici);
- 3F Filippi BETA Iperconc 2+2x80 T5 LD HF CR HR VT IP64 (lampade fluorescenti elettroniche con tubi ad amalgama).

Qui di seguito viene riportato un estratto della normativa attualmente in vigore “UNI EN 12464-1 Illuminazione dei posti di lavoro” del Luglio 2011 e più precisamente il punto 4.7.3 “Resa del colore”.

“Per la prestazione visiva e la sensazione di comfort e di benessere i colori nell'ambiente di oggetti e della pelle umana devono essere resi in modo naturale, corretto e che faccia apparire le persone attraenti e in buona salute. Per fornire un'indicazione obiettiva delle proprietà di resa del colore di una sorgente luminosa si usa l'indice generale di resa del colore Ra. Il valore massimo di Ra è 100. Il valore minimo dell'indice di resa del colore per vari tipi di interni (zone), compiti o attività è fornito nei prospetti da 5.1 a 5.53. I colori di sicurezza secondo la ISO 3864-1 devono essere sempre riconoscibili come tali “

Al paragrafo 5.3 “Requisiti di illuminazione per zone interne, compiti e attività ” prospetto 5.18 “ attività industriali ed artigiani – Lavorazione e trasformazione dei metalli ” al punto 5.18.8 e 5.18.9 rispettivamente “Lavorazione fogli : spessore >5mm e spessore < 5mm “ viene indicata per questa tipologia di ambienti una resa cromatica Ra minima di 80.

Le lampade a vapori di sodio hanno un indice di resa cromatica Ra compresa tra 40 e 60.

Risulta quindi evidente che le attuali lampade non rispettano i requisiti minimi.

Le lampade LED presentano un'eccellente resa cromatica dei colori (indice di resa cromatica CRI >80) e una temperatura di colore che varia dalla luce calda alla luce fredda.

Questi tipi di lampade garantiscono una resa cromatica Ra minima di 80.

L'analisi illuminotecnica si è effettuata facendo una simulazione utilizzando il programma Dialux.

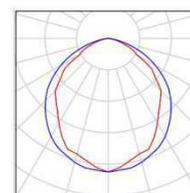
Per il calcolo illuminotecnico prenderemo in considerazione solo l'area dell'officina.

	Faretti [400W]	Faretti [250W]	Tubi fluorescenti lineari [58W]	Totale
Officina	198	28		226

Tab. LIII: Totale dei dispositivi presenti nell'officina

Sapendo che la superficie totale è di 15400 m² e considerando che i faretti da 400W hanno un fattore di illuminamento pari a 338 lux e i faretti da 250W con un fattore di illuminamento pari a 280 lux, si è scelto di predisporre 182 lampade da 150W led (364 lux) in sostituzione ai faretti da 400W e 20 lampade da 100W led in sostituzione ai faretti da 250W (366 lux).

20 Pezzo 3FFILIPPI 56330 3F Cub LED 100W CR VT
 Articolo No.: 56330
 Flusso luminoso (Lampada): 13560 lm
 Flusso luminoso (Lampadine): 13560 lm
 Potenza lampade: 105.0 W
 Classificazione lampade secondo CIE: 100
 CIE Flux Code: 53 85 98 100 100
 Dotazione: 1 x 25W 4xLED (Fattore di correzione 1.000).



182 Pezzo 3FFILIPPI 56333 3F Cub LED 150W CR VT
 Articolo No.: 56333
 Flusso luminoso (Lampada): 21560 lm
 Flusso luminoso (Lampadine): 21560 lm
 Potenza lampade: 156.0 W
 Classificazione lampade secondo CIE: 100
 CIE Flux Code: 53 85 98 100 100
 Dotazione: 1 x 25W 6xLED (Fattore di correzione 1.000).

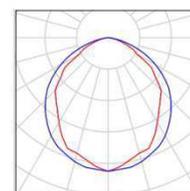
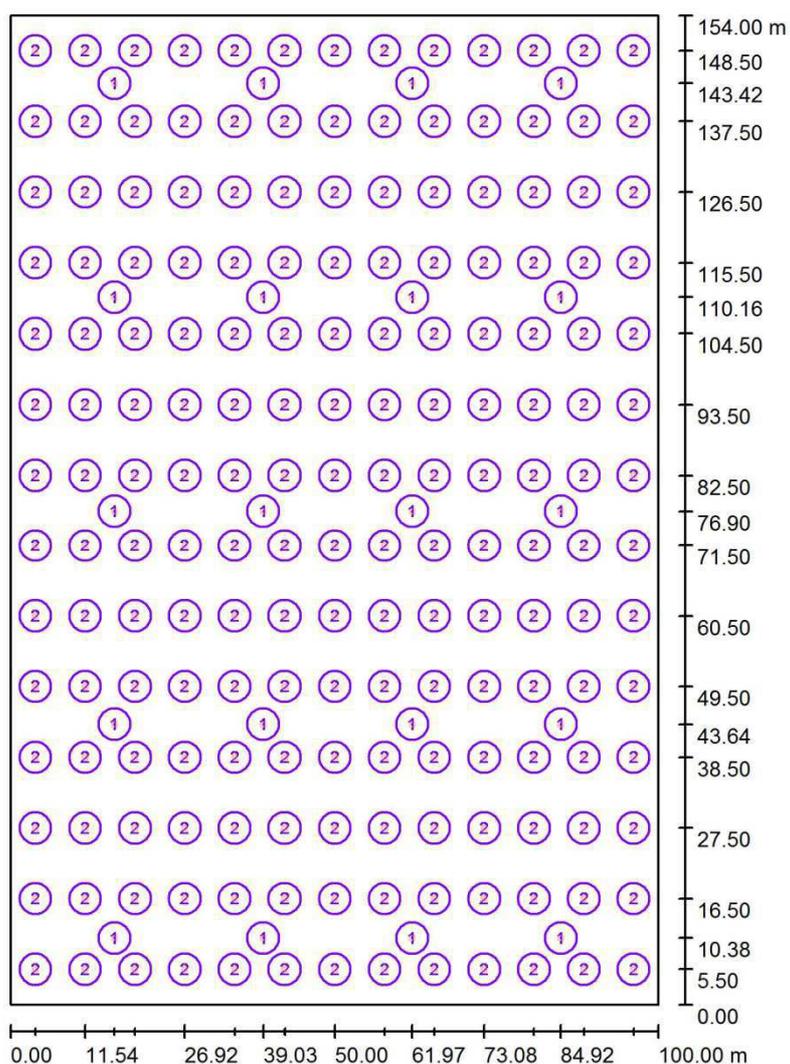


Fig. 29: Caratteristiche delle lampade

Si monteranno apparecchi con potenze minori, in modo tale da favorire un risparmio energetico concreto.

Di seguito viene riportata la predisposizione delle lampade in base agli spazi.


Fig. 30: Predisposizione lampade

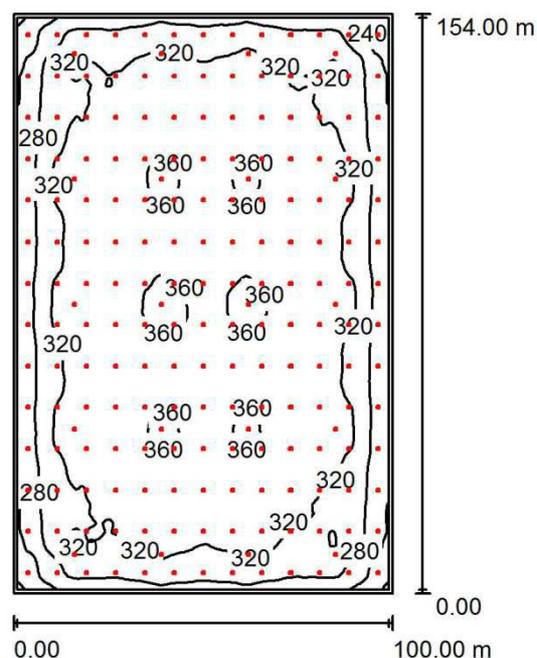
Secondo la normativa UNI-EN 12464 l'illuminamento medio per le zone di lavoro deve essere il seguente:

RIFER.	ZONA o ATTIVITA'	ILLUMINAMENTO MEDIO E_m [lx]	NOTE
1.1	Zone di circolazione		
1.1.1	Zone di circolazione e corridoi	100	A livello pavimento. Se ci sono veicoli in movimento, 150 lx
1.1.2	Scale, ascensori, tappeti mobili	150	
1.1.3	Rampe e binari di carico	150	
2.13	Lavorazione e trasformazione dei		

metalli		
2.13.1	Fucinatura libera	200
2.13.2	Fucinatura a stampo	300
2.13.3	Saldatura	300
2.13.4	Lavorazione di macchina media e grossolana (tolleranza > 0,1 mm)	300
2.13.5	Lavorazione di macchina fina (tolleranza < 0,1 mm)	500

Tab. LIV: Estratto dalla normativa UNI-EN 12464

Di seguito è possibile notare come l'illuminamento medio sia omogeneo in tutte le zone di lavoro rispettando i valori di illuminamento medio espressi dalla normativa.



Altezza locale: 14.000 m, Altezza di montaggio: 13.000 m, Fattore di manutenzione: 0.80

Valori in Lux, Scala 1:1978

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Superficie utile	/	320	192	375	0.601
Pavimento	69	316	181	371	0.573
Soffitto	61	202	114	246	0.565
Pareti (4)	61	210	119	279	/

Superficie utile:

Altezza:	1.000 m
Reticolo:	128 x 128 Punti
Zona margine:	1.000 m

Fig. 31: Illuminamento medio

Nell'ultima figura è presente il rendering 3D, il quale simula la situazione della superficie presa in considerazione.

È possibile notare come l'illuminamento sia uniforme su tutta la superficie considerata.



Fig. 32: Rendering 3D

Dopo aver fatto l'analisi illuminotecnica dell'officina si sono svolti i calcoli utili per valutare i reali vantaggi dati dalla sostituzione degli apparecchi.

Nella tabella sottostante vengono riassunte le caratteristiche delle lampade attuali:

APPARECCHIATURE	TIPO SORGENTE	VITA MEDIA SORGENTE	POTENZA ASSORBITA [W]	Valori di illuminamento [lux]	COSTO APPARECCHI O [€]	Unità
VARIALUMEN 400 C vano portareattore e portalamпада in pressofusione di alluminio, schermo in vetro 4000k	lampada a joduri metallici	30000	400	338	361	198
VARIALUMEN 400 C vano portareattore e portalamпада in pressofusione di alluminio, schermo in vetro 4000k	lampada a joduri metallici	15000	250	280	361	28

Tab. LV: Caratteristiche delle lampade della EthosEnergy

e quelle utilizzate per i calcoli illuminotecnici:

APPARECCHIATURE	TIPO SORGENTE	VITA MEDIA SORGENTE	POTENZA ASSORBITA [W]	Valori di illuminamento [lux]	COSTO APPARECCHIO [€]	Unità
3F Filippi Cub LED 150W CR VT	led	50000	162	364	590,80	182
3F Filippi Cub LED 100W CR VT	led	50000	110	366	531,70	20

Tab. LVI: Caratteristiche delle lampade proposte

Considerando i dati della Tab. è stato possibile calcolare il consumo annuo di ogni singola lampada, i costi e l'emissione di CO₂ in [Kg].

ORE GIORNALIERE ILLUMINAZIONE [h]	14
GIORNI LAVORATIVI SETTIMANALI	5.5
SETTIMANE LAVORATIVE ANNO	49
GIORNI DI USO ALL'ANNO	269.5
ORE ANNUE ILLUMINAZIONE [h]	3773
COSTO DELL'ENERGIA per kWh	0.15

Tab. LVII: Tabella riassuntiva variabili considerate

SINGOLA LAMPADA	CONSUMO ANNUO [kWh]	COSTI ELETTRICITA' ANNO [€]	CO ₂ [kg]
VARIOLUMEN 400	1509,20	226,38	384,85
VARIOLUMEN 400	943,25	141,49	240,53
3F Filippi Cub LED 150W CR VT	611,23	91,68	155,86
3F Filippi Cub LED 100W CR VT	415,03	62,25	105,83

Tab. LVIII: Consumo annuo, costi e l'emissione di CO₂ singola lampada

Successivamente sono stati calcolate le stesse variabili per il numero totale di lampade considerate nel progetto.

TOTALE LAMPADE	CONSUMO ANNUO TOT [kWh]	COSTI ELETTRICITA' ANNO TOT [€]	CO ₂ TOT [kg]
VARIOLUMEN 400	298821,60	44823,24	76199,51
VARIOLUMEN 400	26411	3961,65	6734,81
3F Filippi Cub LED 150W CR VT	111243,13	16686,47	28367
3F Filippi Cub LED 100W CR VT	8300,60	1245,09	2116,65

Tab. LIX: Consumo annuo, costi e l'emissione di CO₂ di tutte le lampade

Come possiamo evincere dagli ultimi calcoli relativi al risparmio annuo con l'utilizzo di lampade a led si otterrebbe una riduzione del 63% per quanto riguarda il consumo, i costi e le immissioni di CO₂.

	CONSUMO ANNUO TOT [kWh]	COSTI ELETTRICITÀ ANNO TOT [€]	CO ₂ TOT [kg]
Risparmio annuo con led	205688,87	30853,33	56683,97

Tab. LX: Risparmio ottenuto con led

Da questo esempio pratico di calcolo illuminotecnico è possibile evincere ed intuire che se si apporrebbero le giuste modifiche all'impianto presente si otterrebbero una riduzione consistente per quanto riguarda il consumo di energia elettrica.

7.2 Installazione di un impianto fotovoltaico

Per progettare l'impianto è opportuno seguire diversi punti:

1. Effettuare un sopralluogo dettagliato sul sito nel quale si intende realizzare l'opera, allo scopo di determinare una stima della produzione energetica annuale con la superficie utilizzabile, in relazione agli eventuali ostacoli vicini, rispetto a tutta quella disponibile;
2. Scegliere i moduli FV e l'inverter per la connessione alla rete, in modo tale da rispettare i vincoli tecnici di corretto accoppiamento tra generatore FV ed inverter; poi, i cavi e le protezioni come componenti di corredo;
3. Realizzare la posa in opera della struttura di sostegno, sulla quale vengono fissati i moduli FV, e delle canaline per i cavi necessari per collegare il generatore FV all'inverter e l'inverter alla rete. L'installazione verrà completata con dei quadri generali sul lato DC e sul lato AC;
4. Valutare economicamente l'investimento a partire dal costo di installazione, comprensivo dei componenti, della progettazione e della posa in opera, per continuare con i flussi di cassa nel corso degli anni (incentivo, vendita dell'energia, risparmio, costo di esercizio e manutenzione) fino alla fine della vita operativa;

Nel caso-studio in esame le falde disponibili sono dodici, data la particolare geometria del tetto. Il tetto è costituito da cemento armato sul quale è disposto il manto, la coibentazione e la guaina ardesiata.

Naturalmente, non tutte le falde sono egualmente esposte al sole, com'è visibile in un'immagine satellitare fornita da Google-Earth.

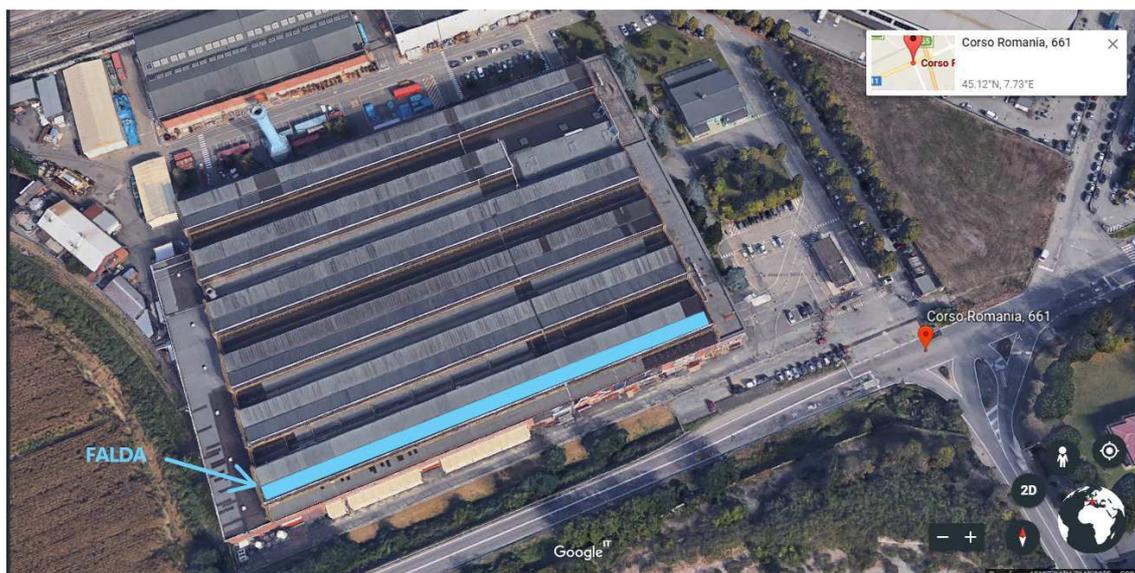


Fig. 33: Falde del tetto della EthosEnergy

L'inclinazione del tetto è stata calcolata con una normale livella a bolla. La tangente trigonometrica risulta di 0,53 corrispondente a un angolo di "tilt" di 28° circa. Delle 12 falde solo 6 sono ottimamente esposte a Sud. Cinque falde hanno forma rettangolare con lato lungo di circa 150 m e lato corto di circa 6 m e una ha sempre forma rettangolare ma con lato lungo di circa 110 m e lato corto di circa 6 m.

Con l'utilizzo del sito PVGIS del centro di ricerca JRC dell'Unione Europea per la valutazione di prima approssimazione del potenziale solare fotovoltaico, si sono effettuati i calcoli per valutare l'installazione sulle falde migliori del tetto.

JRC **CM SAF** Sistema informazioni geografiche per il fotovoltaico - mappe interattive

EUROPA > CEE > CCR > IET > RE > SOLARE > PVGIS > Mappa interattiva > Europa

Per es., "Ispra, Italy" "45.236N, 16.9589E" posizione: 45.058, 7.699
 Corso Romania, 661, Torino posizione selezionato: 45.124, 7.729

Latitudine: _____ Longitudine: _____ Vai a lat/lon

NEW: PVGIS 5 release candidate. Read about it here and try it out!

Calcolatrice FV Irraggiamento mensile Irradianza giornaliera FV autonomo

Rendimento di FV in rete
 Database di radiazione: Climate-SAF PVGIS [Che cos'è?]
 Tecnologia FV: Silicio cristallino

Potenza di picco installata 1 kWp
 Stima di perdite di sistema [0;100] 7 %

Opzioni montaggio fisso:
 Posizione di montaggio Integrato ad un edificio

Inclin. [0;90] 28 gradi Ottimizzare inclinazione
 Azimuth [-180;180] 0 gradi Ottimizzare anche azimuth
 Angolo di azimuth da -180 a 180, Est=-90, Sud=0

Opzioni di inseguimento:
 Asse verticale Inclin. [0;90] 0 gradi Ottimale
 Asse inclinata Inclin. [0;90] 0 gradi Ottimale
 Inseguitore 2 assi

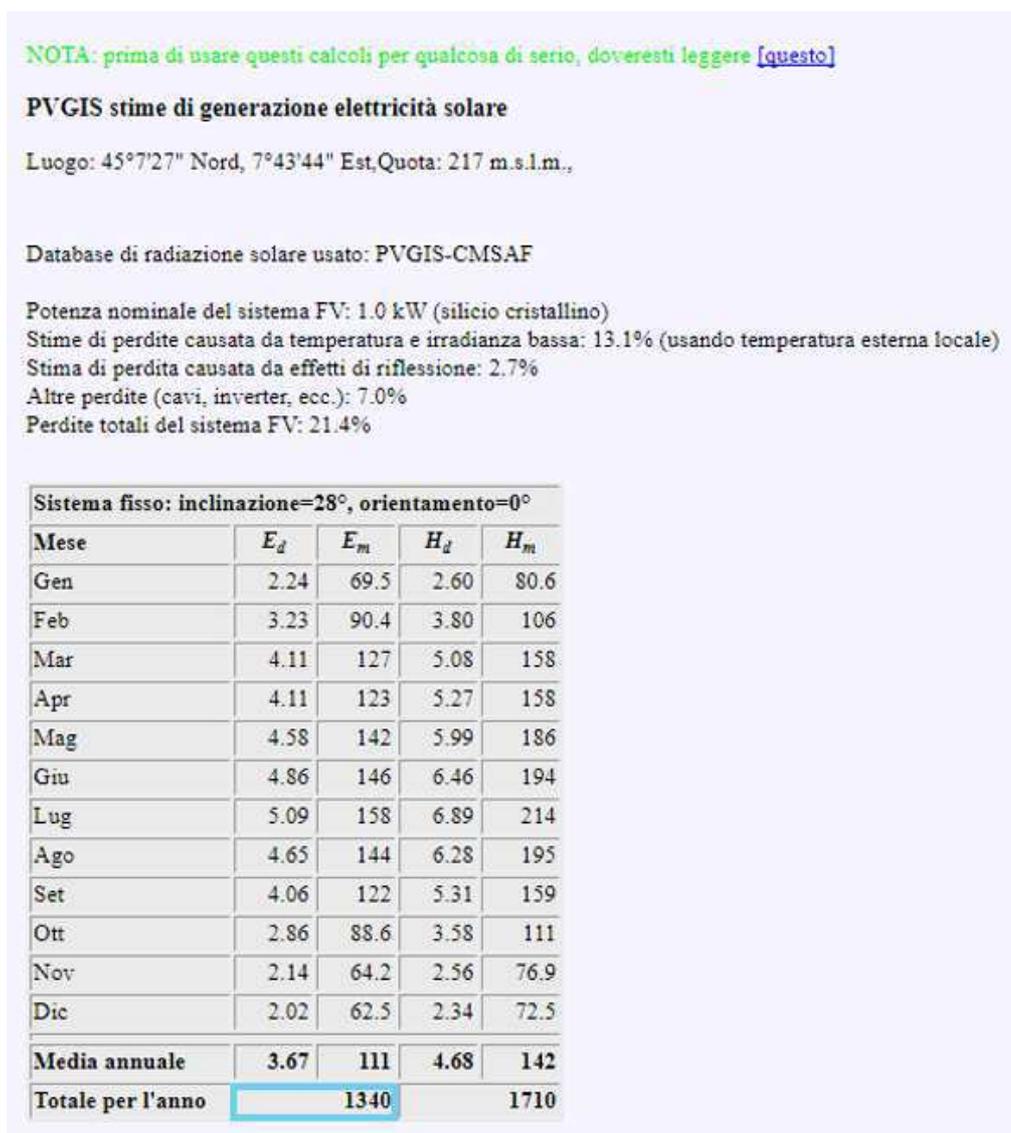
File di orizzonte Scegli file Nessun file selezionato

Formati output
 Mostra grafici Mostra orizzonte
 Pagina web File testo PDF

Calcola [aiuto]

Fig. 34: Installazione sulla falde migliori del tetto

L'esposizione migliore porterà ad ottenere i seguenti valori di produzione in un anno:



**Fig. 35: Valori relativi a orientazione Sud, inclinazione 28° rispetto all'orizzontale.
 Produzione attesa in un anno: 1340 kWh/kW_p dal sito "PVGIS".**

Dal sopralluogo non sono state riscontrate ombre causate da edifici vicini e quindi la valutazione del PVGIS è realistica.

Dopo aver chiarito come sia fatto il tetto, è necessario valutare la presenza di ostacoli vicini come, per es., comignoli, antenne per le telecomunicazioni, barriere architettoniche, apparecchi di condizionamento dell'aria. Nel caso specifico non vi sono ostacoli particolari com'è possibile vedere dalla Fig. 36.



Fig. 36: Foto delle falde del tetto

Per questo impianto si potrà scegliere la modalità di posa del generatore FV parzialmente integrato, con i moduli posati sulla copertura esistente, mediante struttura di supporto costituita da binari in alluminio ancorati al tetto mediante staffe. Tale scelta è determinata dai costi installativi più bassi e dalle condizioni di miglior ventilazione con cui si troverebbero a funzionare i moduli FV rispetto alla soluzione integrata, ottenendo una efficienza di conversione energetica più elevata.

Il campo fotovoltaico, disposto sulle 6 falde a Sud del tetto, sarà formato da un totale di 3136 moduli da $245 W_p$ raggruppati in 7 sottocampi da 28 stringhe con 16 moduli. I moduli sono realizzati con la tecnologia etero-giunzione di silicio monocristallino e silicio amorfo, caratterizzata da efficienze pari al 19,4 % e da un coefficiente di perdita termica ridotto ($-0,26\%/^{\circ}C$) rispetto al silicio monocristallino convenzionale.

La disposizione dei moduli è stata ipotizzata col criterio di miglior sfruttamento dello spazio disponibile, in considerazione degli spazi necessari per lo svolgimento in condizioni di sicurezza delle attività di installazione, manutenzione sugli impianti, e degli spazi necessari a minimizzare i fenomeni di ombatura in condizioni di sole basso.

Per ragioni di semplicità nella configurazione delle protezioni, ciascun sottocampo del campo fotovoltaico è costituito dal parallelo di 28 stringhe da 16 moduli collegati in serie (448 moduli/sottocampo) per 7 sottocampi.

N. Stringa	N. Moduli Stringa	Potenza di picco tot (kWp)	Tensione nominale (V)	Tensione nominale a vuoto Voc (V)	Corrente Nom. stringa (A)	Corrente di stringa CC (A)
28	16	109,76	709	848	5,54	5,86
28	16	109,76	709	848	5,54	5,86
28	16	109,76	709	848	5,54	5,86
28	16	109,76	709	848	5,54	5,86
28	16	109,76	709	848	5,54	5,86
28	16	109,76	709	848	5,54	5,86
28	16	109,76	709	848	5,54	5,86

Tab. LXI: Caratteristiche sottocampi

Le stringhe dei sette sottocampi sono connesse, mediante il quadro in corrente continua, a 7 inverter trifase di potenza pari a 100kVA. Nelle tabelle seguenti sono raccolti i dati tecnici relativi ai moduli e ai corrispondenti inverter.

Modulo Panasonic HIT VBHN245SJ25	
Potenza nominale Pmax	245 Wp
Tolleranza	"+10% / -0%"
Lunghezza	1.58 m
Larghezza	0.798 m
Superficie	1.261 m ²
Efficienza	19.4%
Peso	11.9 kg _f
Lato cella	127 mm
Corrente di corto circuito Isc	5.86 A
Tensione a circuito aperto Voc	53 V
Corrente nel punto di potenza massima Im	5.54 A
Tensione nel punto di potenza massima Vm	44.3 V
Coefficiente termico di Pm	-0.26% /°C
Coefficiente termico di Isc	0.0032 A/°C
Coefficiente termico di Voc	-0.125 V/°C
Fill Factor FF	78.9%
Carico meccanico	9.4 kg _f /m ²

Tab. LXII: Caratteristiche modulo Panasonic HIT VBHN245SJ25

Inverter ABB PVS800-57		
Potenza nominale Pac	100000	VA
range MPPT (V)	450	825
Tensione massima Vdc	1000	V
Corrente massima Idc	245	A
Efficienza Europea	97.5%	
Tensione di rete Vac	400V-50Hz	
Fattore di potenza PF	1	

Tab. LXIII: Caratteristiche Inverter PVS800-57

Sottocampo fotovoltaico		
N° totale di moduli	448	
N° di moduli / stringa	16	
N° di stringhe	28	
Potenza totale array Pm(a) tot	109760	W _p
Superficie totale	565	m ²
Peso totale	5331.2	kg
Tensione nominale di stringa Vn	709	V
Tensione nominale a vuoto Voc (di stringa)	848	V
Tensione minima Vn (+75 °C)	609	V
Tensione massima Vn (-10°C)	779	V
Tensione massima a vuoto Voc (-10 °C)	918	V
Corrente massima In (+75°C)	160	A
Rapporto P_{inv} / P_m tot (0,9 - 1,1)	91.1%	

Tab. LXIV: Accoppiamento ottimale tra sottocampo FV da 109,76 kW_p
ed Inverter PVS800-57

Tenendo conto anche della maggiore disponibilità che offrono sette inverter rispetto a uno solo (è molto minore la probabilità che tutti e 3 gli inverter siano contemporaneamente indisponibili con conseguente mancata produzione), si opta per la scelta della conversione DC-AC di tipo distribuito piuttosto che concentrato.

Il campo fotovoltaico è costituito da 7 sottocampi da 109,76 kW_p e da 1 sottocampo con una potenza totale pari a circa 768 kW_p.

L'energia prodotta dall'impianto in un anno è di circa 1,02 GWh.

Per quanto riguarda la sezione del cavo tra le stringhe e l'inverter si è optato per un cavo NPE SUN H1Z2Z2-K per impianti fotovoltaici posato in aria da 25 mm². La scelta della sezione tiene conto anche della lunghezza che percorre il cavo.

Il relativo schema elettrico, presentato in Fig. 37, evidenzia la presenza del DDG (Dispositivo del generatore) collegato al DDI (Dispositivo d'interfaccia) e della protezione centralizzata all'interfaccia con la rete con i relè di sovra/sotto-tensione e di sovra/sotto-frequenza. L'impianto FV è direttamente collegato ad uno dei 3 trasformatori presenti nella Cabina 1.

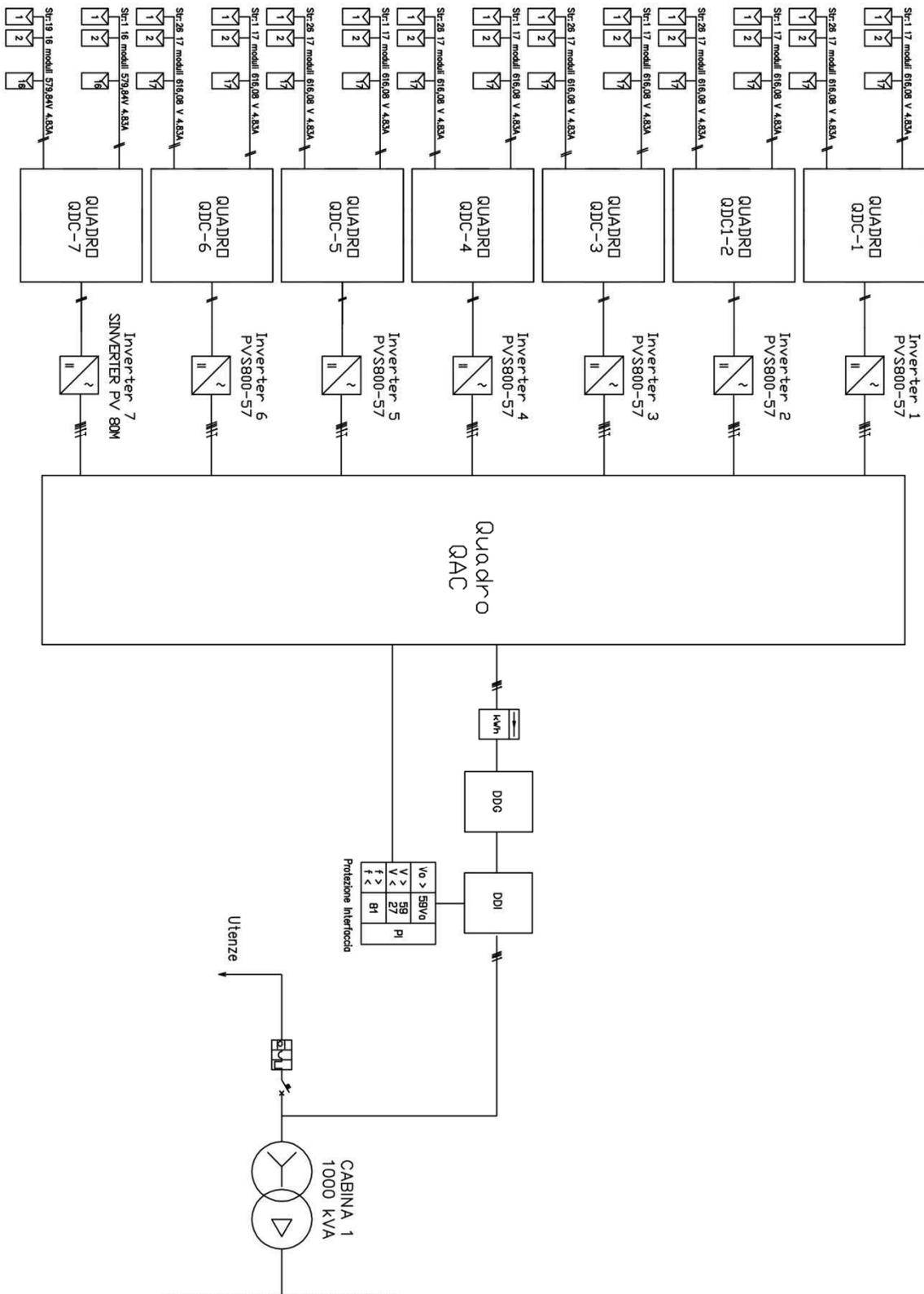


Fig. 37: Schema elettrico dell'impianto FV

7.2.1 La valutazione economica dell'investimento

La valutazione economica dell'investimento si compone di varie tabelle tra le quali quelle riferite alle voci di costo fino ad arrivare a quelle dell'investimento. I costi di installazione sono in diminuzione, da 3000-5000 €/kW_p del 2009 a 2000-4000 €/kW_p del 2011. Anche con il conto energia attuale, i tempi di azzeramento per quanto riguarda l'investimento restano compresi tra i 7 e i 12 anni, a seconda della potenza e del sito dell'impianto.

Le voci di costo più importanti sono i moduli fotovoltaici (50%-60% del totale), l'inverter (8%-10%), l'installazione (10%-15%), la progettazione e le pratiche burocratiche (globalmente 5%-10%). La Tab. LXV fornisce i vari costi. Il costo di installazione ammonta a circa 1250 €/kW_p (esclusa IVA 10 %).

DESCRIZIONE	Prezzo al kWp [€/kWp]	Quantità	Importo totale [€]
Moduli fotovoltaici Panasonic da 245 Wp HIT per complessivi 768 kWp	700	1	700
Accessori e i relativi collegamenti, quadri elettrici DC, quadri elettrici AC, protezione di interfaccia con la rete, per l'impianto FV	150	1	150
Inverter trifase PVS800-57 senza trasformatore 450-825V DC / 400V AC, 50Hz, S = 100000 VA	150	1	150
Manodopera	250	1	250
TOTALE senza IVA			1250

Tab. LXV: Voci di costo dell'impianto FV

Uno degli aspetti principali di un impianto fotovoltaico è quello di massimizzare l'autoconsumo. Il beneficio principale che si ottiene è quello che l'energia prodotta dall'impianto porta un risparmio in bolletta.

L'energia prodotta dall' impianto verrà utilizzata senza passare dalla rete dell' Iren. Nel caso della EthosEnergy l'energia prodotta verrà utilizzata nello stesso momento della sua produzione (autoconsumo istantaneo).

La parte dell'energia che non viene auto-consumata verrà immessa in rete secondo il ritiro dedicato^[25] in base alle direttive disposte dal GSE.

Analizzando i consumi di potenza elettrica giornalieri, si è calcolato che la percentuale di autoconsumo. Essa risulta essere pari all' 85% com'è visibile dal Grafico 47.

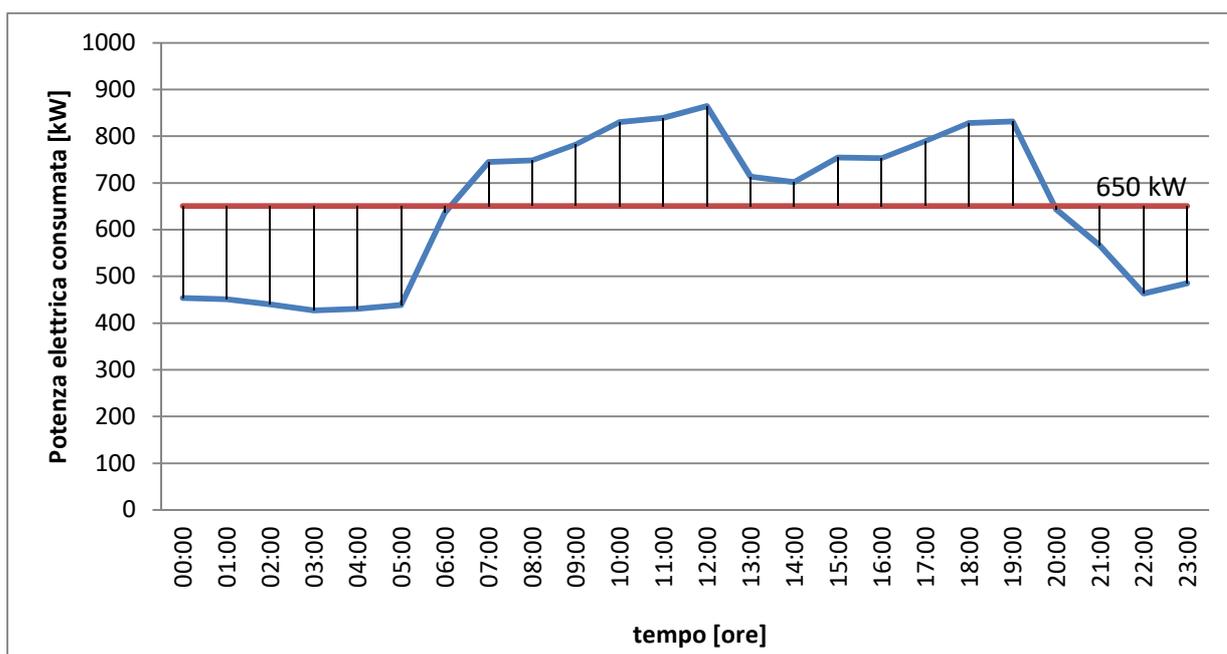


Grafico 47: Consumo medio di potenza elettrica giornaliera

Nel caso dell' impianto fotovoltaico in questione il tasso di attualizzazione è di circa il 2,0%. È stato impostato a questo valore considerando che parte dei soldi dell'investimento verranno chiesti in prestito dalle banche.

Com'è possibile vedere in Tab. il VAN (Valore Attuale Netto) si annulla dopo 9 anni e il rapporto tra "VAN finale a 25 anni" e "costo di installazione" vale il 105 % ovvero i ricavi attualizzati ammontano al 205% del costo di investimento.

	Anno	F. cassa	F. cassa actual.	VAN	Energia annua (Torino da sito PVGIS)
costo installazione	0				1340 kWh/kW
		-1250	-1250	-1250	
ricavi energia	1	157.01	153.93	1096.07	
	2	157.01	150.91	-945.16	tariffa conto energia (su edificio fino a 200 kW)
	3	157.01	147.95	-797.20	0 €/kWh
	4	157.01	145.05	-652.15	
	5	157.01	142.21	-509.94	tariffa di vendita alla rete
	6	157.01	139.42	-370.52	0.050 €/kWh
	7	157.01	136.69	-233.83	
	8	157.01	134.01	-99.83	risparmio sull'acquisto dalla rete
	9	157.01	131.38	31.55	0.140 €/kWh
	10	157.01	128.80	160.36	
	11	157.01	126.28	286.63	costo manutenzione (% costo installazione)
	12	157.01	123.80	410.43	1.0%
	13	157.01	121.37	531.81	
	14	157.01	118.99	650.80	tasso attualizzazione o d'interesse
	15	157.01	116.66	767.46	2%
	16	157.01	114.37	881.84	
	17	157.01	112.13	993.97	
	18	157.01	109.93	1103.90	
	19	157.01	107.78	1211.68	
	20	157.01	105.66	1317.34	
	21	157.01	103.59	1420.93	
	22	157.01	101.56	1522.49	
	23	157.01	99.57	1622.06	
	24	157.01	97.62	1719.68	
	25	157.01	95.70	1815.38	
VAN (25 anni)		€ 1,317.34	VAN finale/costo install.	105%	

Tab. LXVI: Flussi di cassa del VAN per un impianto fotovoltaico

7.3 Coibentazione del tetto

A seguito di considerazioni preliminari si è analizzato lo stato di degrado del manto di impermeabilizzazione in copertura del tetto e si è ipotizzato quindi gli interventi più opportuni da realizzare. In Fig. 38 sono visibili le aree interessate.

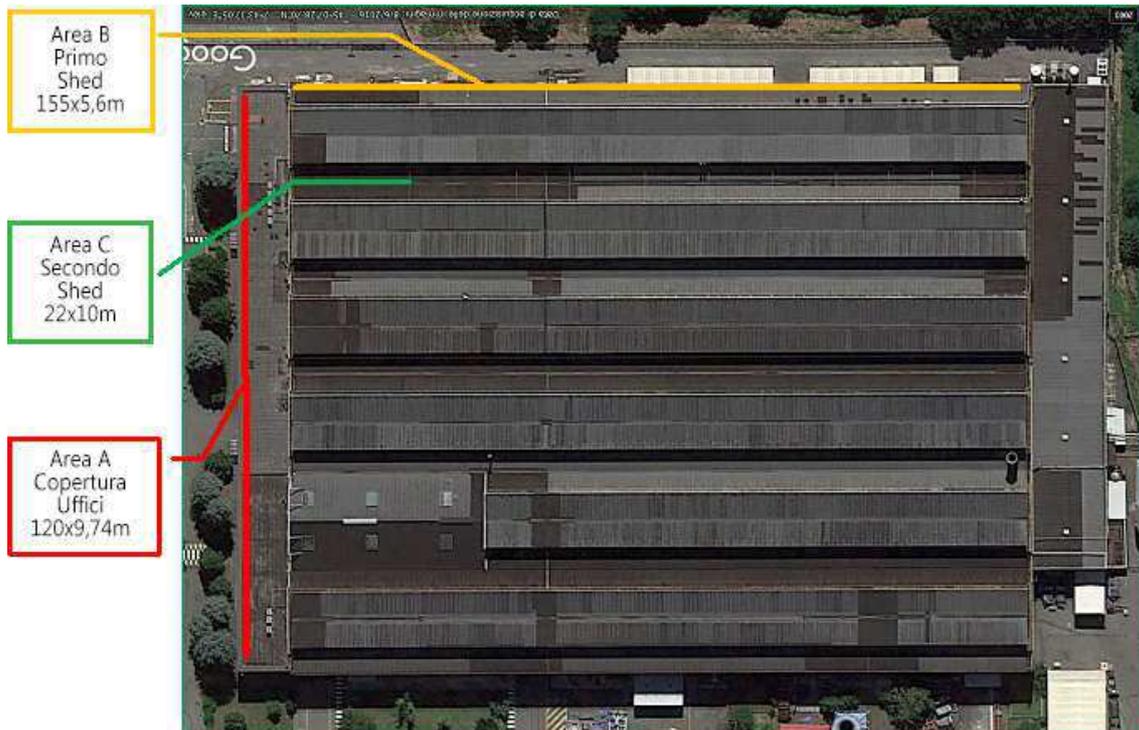


Fig. 38: Foto del tetto

I vari provvedimenti che bisognerà attuare sono i seguenti:

1. Ripristino dell'impermeabilizzazione dell'area A (tetto piano a copertura degli uffici) con doppia guaina bituminosa su nuovo strato coibente (circa 1170 m²).

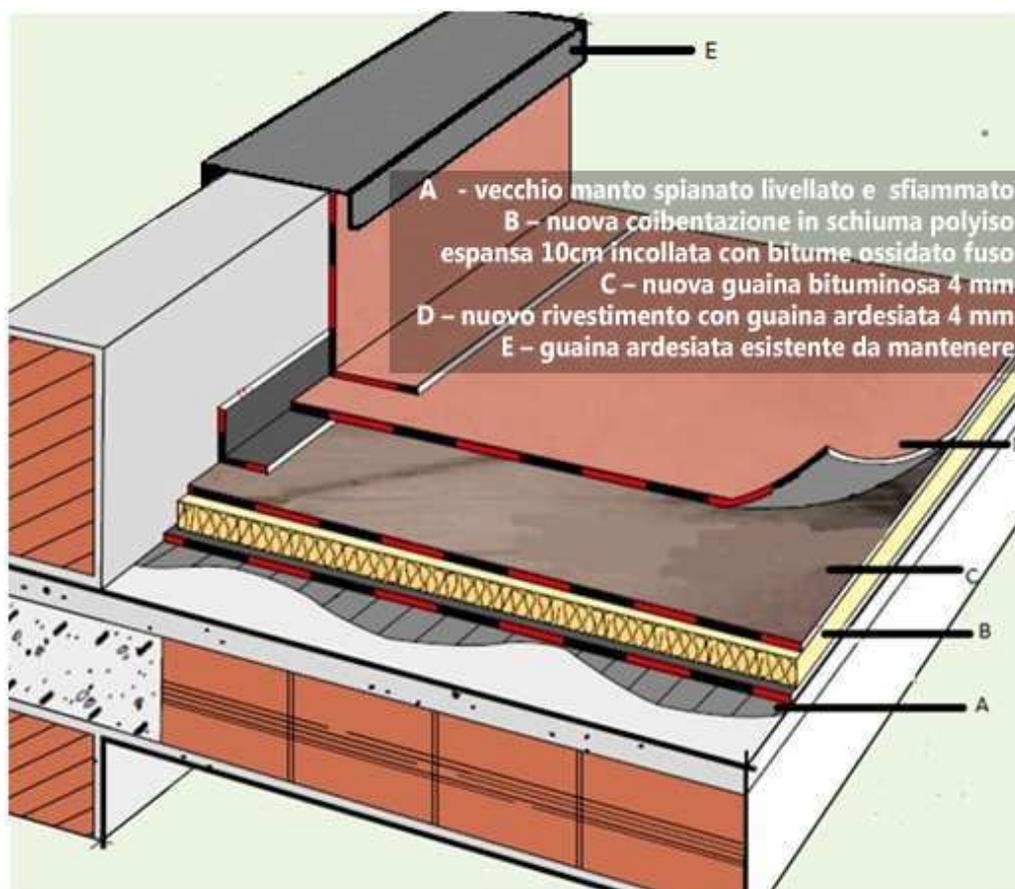


Fig. 39: Bistrato a fiamma su nuova coibentazione

Il vecchio manto dovrà essere conservato e perfettamente incollato al massetto esistente in modo da:

- mantenere la funzione impermeabilizzante
- essere un valido supporto di ancoraggio per i nuovi pannelli coibentanti che verranno incollati
- assumere la funzione di barriera al vapore.

Prima delle operazioni di appiattimento si dovrà provvedere a far asciugare il massetto ed il solaio sottostante realizzando aperture temporanee sulla guaina esistente in modo da far evaporare l'umidità.

La vecchia guaina, livellata e perfettamente incollata al massetto, dovrà essere adeguatamente pulita e spazzolata in modo da non lasciare nessun residuo in superficie. Dopo tale trattamento verrà incollata, con bitume ossidato fuso tipo Elastoblack Guaina Liquida o simile, l'isolante termico.

Il bitume sarà posato in quantità utile alla posa in piano dei pannelli e al superamento dei dislivelli esistenti provocati dalla sovrapposizione delle guaine.

L'isolante termico sarà costituito da pannelli sandwich tipo STIFERITE Classe B o analoghi, composti da un isolante in schiuma polyiso (PIR) rigida a celle chiuse espansa senza l'impiego di CFC o HCFC rivestiti sulla facciata superiore con velo di vetro bitumato, adatto alla sfiammatura, e su quella inferiore in velo di vetro o fibra minerale saturata.

Lo spessore del pannello dovrà essere di 10,0 cm minimo tale da ottenere una resistenza termica maggiore o uguale 3.80 mqK/W e conducibilità termica minore o uguale a 0.026 W/mK sufficiente ad evitare il punto di rugiada sotto la barriera al vapore. La resistenza alla compressione determinata al 10% di schiacciamento dovrà essere maggiore o uguale a 150 KPa e determinata al 2% di schiacciamento maggiore o uguale a 50 KPa.

L'isolamento termico dovrà essere posato anche a rivestimento delle basi in cemento degli estrattori e comunque in modo da evitare qualsiasi ponte termico. Dovrà essere realizzata anche una nuova impermeabilizzazione costituita da una membrana bitume polimero elastomerica di spessore 3 mm minimo con armatura in tessuto non tessuto isotropo di poliestere tipo Imper Textene Flex -20 (o simile con pari o superiori caratteristiche fisico meccaniche).

I teli saranno saldati a fiamma e in totale aderenza agli elementi termoisolanti, risvoltati e saldati sulle parti verticali. Saranno previste delle sovrapposizioni tra i teli di 10 cm che verranno saldate a fiamma. A cavallo dei sormonti dello strato precedente verrà saldata a fiamma, in totale aderenza, una membrana bitume polimero elastomerica tipo Textene Flex Ard 4kg -20 autoprotetta da scaglie di ardesia (o simile con pari o superiori caratteristiche fisico meccaniche). I teli saranno risvoltati e saldati a fiamma sulle parti verticali e saranno previste delle sovrapposizioni tra i teli di 10 cm che verranno saldate a fiamma.

Le guaine dovranno essere saldate in verticale anche lungo i muretti perimetrali prevedendo idonei sormonti.

2. Ripristino dell'impermeabilizzazione delle aree B con sovrapposizione di nuova lamiera zincata (circa 868 m²) sul manto esistente;
3. Ripristino dell'impermeabilizzazione delle aree C con sovrapposizione di nuova lamiera zincata sul manto e sulla grondaia esistente (circa 220 m²).



Fig. 40: Lamiera zincata

La vecchia guaina, livellata ed incollata al supporto, dovrà essere adeguatamente pulita.

Si dovrà provvedere alla posa di una lamiera zincata tipo RW1000 Isolpak 6/10 avvitata con idonei tirafondi alla struttura metallica sottostante.

Tutti questi provvedimenti porteranno ad una riduzione delle perdite di isolamento e ad un risparmio di 8596,15 €/anno.

GG (DD)	2617
Superficie	1300 mq
U_{ao}	1.546 W/m ² K
U_{po}	0.23 W/m ² K
ΔU	1.316 W/m ² K
ΔQt	107451.9 kWh th
Consumo Energetico	53725.96 kWh el
Costo energia	0.16 €/kWh el
Risparmio	8596.154 Euro

Tab. LXVII: Risparmio dato dalla nuova coibentazione del tetto

Capitolo 8

Conclusioni

Dopo una prima fase preliminare basata sulla descrizione del sito industriale, sono stati analizzati i vari impianti, le fonti e i vettori. In particolare lo studio si è concentrato sui consumi e i costi di gas naturale ed energia elettrica. Questi due aspetti sono stati esaminati in modo accurato perché rappresentano i vettori energetici più importanti tra tutti quelli citati nel modello Bottom-up.

L'analisi storica dei consumi e dei costi ha evidenziato un buon grado di performance energetica. Per quanto riguarda il gas naturale vi è stato un decremento del consumo e della spesa, come era auspicabile data la diversificazione degli impianti per il riscaldamento e condizionamento degli uffici, soprattutto durante i mesi invernali. In particolare vi è stato un decremento significativo nei consumi tra il 2006 e il 2016, dove si è riscontrata una riduzione di oltre il 44%.

In contrasto i dati hanno mostrato un incremento nel consumo e nella spesa per l'energia elettrica, riscontrabile in particolar modo nei mesi invernali, poiché tale vettore viene utilizzato anche per la climatizzazione degli ambienti.

Un altro aspetto molto importante è la suddivisione dei consumi che permette di avere un'idea precisa della ripartizione dei carichi (per area, per processo, per macchinario) ed è utile per decidere dove è necessario intervenire. A tal proposito si è evidenziato che la maggior parte dei consumi di gas naturale derivano dall'impianto di riscaldamento (95%), invece per quanto riguarda l'energia elettrica sono causati dai macchinari in magazzino e dai compressori (81,65%).

Successivamente si sono messi a confronto i risultati ottenuti in termini energetici per l'energia elettrica e il gas naturale utilizzando i fattori di conversione in TEP (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) evidenziando come l'andamento del consumo di energia primaria sia decrescente nel tempo, sebbene nell'ultima annata vi sia stato un lieve incremento in percentuale rispetto al precedente.

Una volta osservati in modo approfondito tutti gli aspetti energetici, è stata condotta un'altra caratterizzazione importante calcolando gli indici KPI specifici utili anche per classificare il sito industriale rispetto a quelli che si riferiscono allo stesso settore.

Il risultato di questa classificazione sottolinea la necessità di effettuare alcune azioni di miglioramento al fine di ottenere un risparmio a livello monetario. Quindi sarà necessario controllare i centri di costo, fissare degli obiettivi, valutare i risultati ottenuti e le spese sostenute.

Sono stati condotti anche alcuni test per ridurre i consumi come ad esempio quelli effettuati sull'impianto elettrico utili per determinare le potenze dissipate per le utenze collegate. Tutte le azioni di gestione sono state principalmente mirate a ridurre consumi eccessivi durante il fine settimana a causa di una gestione errata delle luci e dell'uso continuo di uno dei compressori.

Si è potuto ridurre da circa 1 GWh a 0,22 GWh durante il fine settimana producendo un risparmio di circa 117.000 €/anno. Il risparmio ottenuto dovrebbe essere investito nella sostituzione delle vecchie luci con quelle a LED.

È in generale possibile effettuare una stima dei possibili consumi futuri della sede oggetto della presente analisi in base agli interventi proposti. Si è stimato una riduzione dei consumi di energia elettrica pari al 5%.

Possiamo ipotizzare che se i consumi di gas naturale si terranno stabili sul valore di circa $677.123 \text{ Sm}^3/\text{anno}$, come avvenuto nell'ultimo anno solare, per l'energia elettrica tenuto conto della riduzione del 5% i consumi si attesteranno intorno a 3,72 GWh/anno.

L'installazione dell'impianto fotovoltaico porterà ad una serie di benefici di tipo energetico e ambientale che possono essere così sintetizzati:

- Riduzione del consumo di energia elettrica pari a 2,7 GWh/anno stimato in 621 TEP;
- Riduzione emissione gas serra pari a 6885 quintali di CO₂;
- Copertura del fabbisogno energetico della EthosEnergy Italia pari al 25%.

Facendo ulteriori valutazioni è stato stimato che se si fosse utilizzato tutto il tetto si sarebbe potuto coprire il 43% del consumo di energia elettrica della EthosEnergy Italia.

Bibliografia

- [1] EthosEnergy, Storia aziendale ed attività, <http://www.ethosenergygroup.com>
- [2] Google maps, Site overview, <https://www.google.it/maps>
- [3] Stazione Meteorologica di Torino Caselle, Dati climatici – archivio storico, www.ilmeteo.it
- [4] UNI/TS 11300-2: Prestazioni energetiche degli edifici
- [5] CENED (Certificazione Energetica degli Edifici), www.cened.it
- [6] UNI CEI EN ISO 50001:2011:Sistemi di gestione dell'energia - Requisiti e linee guida per l'uso
- [7] UNI CEI EN 16001:2009: Sistemi di gestione dell'energia e linee guida per l'utilizzo
- [8] F. De Benedictis, Piano energetico Turbocare S.p.A., Torino, 2012
- [9] Edison, Dati consumi di gas naturale, Torino, 2016
- [10] Shell, Dati consumi di gas naturale, Torino, 2014/2016
- [11] SNAM, Dati consumi di gas naturale, Torino, 2014/2016
- [12] Enel, Dati consumi di energia elettrica, Torino, 2014/2016
- [13] Acea energia, Dati consumi di energia elettrica, Torino, 2013/2016
- [14] Amministrazione EthosEnergy Italia Spa, Fatturati , Torino, 2010-2015
- [15] SAP, Dati relativi alle macchine utensili presenti in officina, Torino, 2015
- [16] SAP, Ore lavorate EthosEnergy Italia Spa, Torino, 2006-2015
- [17] Myclimate, Software per il calcolo dei TEP di rifiuti e materiali (2016), <https://co2.myclimate.org>
- [18] Energy Sentinel WEB, Monitoraggio e gestione di un impianto, www.energyteam.it/energy-sentinel-web/
- [19] Guida all'integrazione architettonica delle installazioni solari negli edifici (solare termico e fotovoltaico), Prof. Filippo Spertino.

- [20] ATECO, Tratto da Elenco completo di tutti i codici Ateco: <http://www.codiciateco.it>
- [21] ISTAT, Tratto da Rivalutazione e documentazione su prezzi, costi e retribuzioni contrattuali: <http://rivaluta.istat.it>
- [22] ISTAT, Tratto da Principali aggregati e indicatori economici delle imprese industriali e dei servizi, per settore di attività economica: <http://www.istat.it>
- [23] ISTAT. (2009). Tratto da Gli acquisti di prodotti energetici delle imprese industriali: <http://www.istat.it>
- [24] UNI EN 12464-1 Illuminazione dei posti di lavoro, Luglio 2011
- [25] Dialux, Software per progetti illuminotecnici, <https://www.dial.de>
- [26] PVGIS, re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/
- [27] Ritiro dedicato, GSE, <http://www.gse.it>
- [28] Norma CEI 0-16, <https://www.ceinorme.it>
- [29] Direttiva 2012/27/UE: Direttiva dell'Unione Europea sull'efficienza energetica
- [30] Legge 10/1991: Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia
- [31] D.P.R. 412/1993: Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10.
- [32] D.lgs. n. 192/2005: Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia
- [33] D.lgs. n. 311/2006: Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192 relativa al rendimento energetico nell'edilizia
- [34] ES1_0100: Manuale del Sistema di Gestione dell'Energia

Elenco grafici

Grafico 1: Consumi gas naturale EthosEnergy (anno fiscale)	49
Grafico 2: Consumi gas naturale EthosEnergy (anno solare)	49
Grafico 3: Consumi annuali gas naturale EthosEnergy (anno solare)	51
Grafico 4: Costi annuali gas naturale EthosEnergy (anno solare)	51
Grafico 5: Confronto andamento consumi totali/costo specifico gas naturale EthosEnergy (anno solare)	52
Grafico 6: Andamento GG e consumi in funzione degli anni	55
Grafico 7: Consumi in funzione della temperatura media esterna (2009/2010 - 2015/2016)	56
Grafico 8: Andamento consumi mensili gas naturale EthosEnergy (2015-2016)	57
Grafico 9: Andamento costi mensili gas naturale EthosEnergy (2015-2016)	58
Grafico 10: Consumi annuali energia elettrica EthosEnergy (anno solare)	60
Grafico 11: Costi annuali totali energia elettrica EthosEnergy (anno solare)	61
Grafico 12: Confronto andamento consumi totali/costo specifico energia elettrica EthosEnergy (anno solare)	61
Grafico 13: Andamento consumi mensili energia elettrica EthosEnergy (2015-2016)	62
Grafico 14: Andamento costi mensili energia elettrica EthosEnergy (2015-2016)	63
Grafico 15: Andamento energia attiva mensile (anno 2016)	65
Grafico 16: Andamento energia reattiva mensile (anno 2016)	65
Grafico 17: Andamento fattore di potenza (anno 2016)	66
Grafico 18: Confronto energia attiva e reattiva (anno 2016)	68
Grafico 19: Confronto 2015-2016 energia attiva nelle fasce orarie	69
Grafico 20: Diagramma di Sankey per il gas naturale.	70
Grafico 21: Diagramma di Sankey per l'energia elettrica	75
Grafico 1: Andamento consumi annuali energia primaria EthosEnergy (anno solare)	77
Grafico 23: Andamento storico ore officina su consumo energia primaria	78
Grafico 24: Andamento costi annuali energia primaria EthosEnergy (anno solare)	79
Grafico 25: Confronto andamento consumi totali/costo specifico energia primaria EthosEnergy (anno solare)	80
Grafico 26: Andamento consumi mensili energia primaria EthosEnergy (2015-2016)	81
Grafico 27: Suddivisione consumo energia primaria EthosEnergy (2016)	82
Grafico 28: Andamento costi mensili energia primaria EthosEnergy (2015-2016)	83
Grafico 29: Suddivisione costo energia primaria (2016)	84
Grafico 30: Suddivisione in percentuale costi energetici e dei rifiuti sui ricavi (2016)	85
Grafico 31: Suddivisione in percentuale delle tCO ₂ consumate (2016)	86
Grafico 32: Comparazione delle curve di carico	87
Grafico 33: Curva a basso carico giornaliera	88
Grafico 34: Schema sistema di monitoraggio	92
Grafico 35: Confronto di potenza elettrica consumata tra la settimana del 16/01/2017 – 22/01/2017 e la settimana del 25/09/2017 – 01/10/2017	98
Grafico 36 : KPI consumo gas naturale su fatturato	103
Grafico 37: KPI costo gas naturale su fatturato	104
Grafico 38: KPI costo specifico gas naturale	105
Grafico 39: KPI consumo energia elettrica su fatturato	107
Grafico 40: KPI costo energia elettrica su fatturato	108
Grafico 41: KPI costo specifico energia elettrica	109
Grafico 42: KPI costo specifico energia primaria	112
Grafico 43: KPI: costo energia primaria su fatturato	113
Grafico 44: KPI intensità energetica	114
Grafico 45: KPI consumo energia primaria per addetto	115
Grafico 46: KPI fatturato per addetto	116
Grafico 47: Consumo medio di potenza elettrica giornaliera	134

Elenco tabelle

Tab. I: Contesto territoriale	4
Tab. II: Temperatura media mensile	4
Tab. III: Coefficienti di perdita termica suddivisi per zone	6
Tab. IV: Superfici e volumi delle zone interessate	7
Tab. V: Valori limite riferiti alla UNI TS 11300 a seconda dei gradi giorno suddivisi per zone	9
Tab. VI: Fattori di conversione	11
Tab. VII: Corpi illuminati presenti nella EthosEnergy Italia Spa	22
Tab. VIII: Caratteristiche forno Bioteco	23
Tab. IX: Caratteristiche generatori di vapore	25
Tab. X: Caratteristiche bruciatori a gas metano	26
Tab. XI: Numero di aerotermini e veli d'aria presenti nelle varie zone	30
Tab. XII: Caratteristiche aerotermini	31
Tab. XIII: Numeri di aerotermini e veli d'aria presenti nelle zone interessate	32
Tab. XIV: Numero di destratificatori presenti nelle differenti zone	33
Tab. XV: Caratteristiche destratificatori	34
Tab. XVI: Unità esterne	35
Tab. XVII : Esempio di caratteristiche unità esterna	36
Tab. XVIII: Caratteristiche unità interna	36
Tab. XIX: Unità interne	37
Tab. XX: Unità di raffreddamento mensa	37
Tab. XXI: Caratteristiche compressori	39
Tab. XXII: Consumi di gas naturale negli anni fiscali	47
Tab. XXIII: Temperatura media mensile negli anni fiscali considerati	53
Tab. XXIV: Gradi giorno e corrispettivo consumo	54
Tab. XXV: Consumi di energia elettrica negli anni fiscali	59
Tab. XXVI: Caratteristiche delle fasce orarie	64
Tab. XXVII: Caratteristiche impianto d'illuminazione uffici	71
Tab. XXVIII: Giorni lavorativi, totali e weekend nelle annate considerate	71
Tab. XXIX: Energia consumata dall'impianto d'illuminazione degli uffici nei vari anni	72
Tab. XXX: Numero PC suddiviso per personale	72
Tab. XXXI: Ore d'uso del PC giornaliera	72
Tab. XXXII: Energia consumata dai PC	73
Tab. XXXIII: Apparecchiature utilizzate presenti nel sito in esame	73
Tab. XXXIV: Energia consumata PC più altri apparecchi	73
Tab. XXXV: Energia totale consumata	73
Tab. XXXVI: Energia dissipata in riscaldamento e raffreddamento	74
Tab. XXXVII: Apparecchiature presenti nel magazzino	74
Tab. XXXVIII: Alcuni macchinari presenti nel sito industriale	75
Tab. XXXIX: Totale ore officina suddivisi per anni	78
Tab. XL: Variazioni energia primaria EthosEnergy (2015-2016)	84
Tab. XLI: Caratteristiche X-Meter	91
Tab. XLII: Caratteristiche Datalogger	91
Tab. XLIII: Stato delle cabine	93
Tab. XLIV: Stato delle cabine	94
Tab. XLV: Stato delle cabine	94
Tab. XLVI: Prezzo d'intervento dell'imbiancatura	96
Tab. XLVIII: Calendario settimanale	98
Tab. XLIX: Fattori di attualizzazione ISTAT (anno solare) rif. 2009	100
Tab. L: Fattori di attualizzazione ISTAT (anno fiscale) rif. 2009	101
Tab. LI: Andamento consumi, costi, ore di produzione, fatturato e numero dipendenti	102

Tab. LII : Fattori di conversione vettori energetici scenario globale.	111
Tab. LIII: Totale dei dispositivi presenti nell'officina	119
Tab. LIV: Estratto dalla normativa UNI-EN 12464	121
Tab. LV: Caratteristiche delle lampade della EthosEnergy	123
Tab. LVI: Caratteristiche delle lampade proposte	123
Tab. LVII: Tabella riassuntiva variabili considerate	123
Tab. LVIII: Consumo annuo, costi e l'emissione di CO2 singola lampada	124
Tab. LIX: Consumo annuo, costi e l'emissione di CO2 di tutte le lampade	124
Tab. LX: Risparmio ottenuto con led	124
Tab. LXI: Caratteristiche sottocampi	129
Tab. LXII: Caratteristiche modulo Panasonic HIT VBHN245SJ25	129
Tab. LXIII: Caratteristiche Inverter PVS800-57	130
Tab. LXIV: Accoppiamento ottimale tra sottocampo FV da 109,76 kWp ed Inverter PVS800-57	130
Tab. LXV: Voci di costo dell'impianto FV	133
Tab. LXVI: Flussi di cassa del VAN per un impianto fotovoltaico	135
Tab. LXVII: Risparmio dato dalla nuova coibentazione del tetto	139

Elenco figure

Fig 1: EthosEnergy Italia Spa vista dall'alto	i
Fig. 2: Layout Ethosenergy	3
Fig. 3: Stratigrafia parete	5
Fig. 4: La domanda media dell'energia primaria per il riscaldamento invernale – dati da CENED	12
Fig. 5: Dislocazione delle cabine elettriche	14
Fig. 6: Schema a blocchi impianto elettrico	15
Fig. 7: Schema unifilare Cabina 1	17
Fig. 8: Schema unifilare Cabina 2	18
Fig. 9: Schema unifilare Cabina 3	19
Fig. 10: Elementi di illuminazione	21
Fig. 11: Generatori di vapore	24
Fig. 12: Bruciatori a gas metano	26
Fig. 13: Layout dell'impianto di riscaldamento con gas	27
Fig. 14: Collettore generale	27
Fig. 15: Gruppo di distribuzione interno magazzini	28
Fig. 16: Rete di distribuzione del vapore - Struttura A	29
Fig. 17: Aerotermi	31
Fig. 18: Destratificatori	33
Fig. 19: Esempio di unità esterna LG ARUB100LT2	35
Fig. 20: Foto compressore 4	38
Fig. 21: Caratteristiche compressori	38
Fig. 22: Foto serbatoi d'aria compressa	40
Fig. 23: Officina Ethosenergy Italia Spa	42
Fig. 24: Campata officina Ethosenergy Italia Spa	43
Fig. 25: Prodotto finale	44
Fig. 26: Modello Bottom-Up	46

Fig. 27: Schermata misure su Energy Sentinel WEB	89
Fig.28: X-Meter	90
Fig. 29: Caratteristiche delle lampade	119
Fig. 30: Predisposizione lampade	120
Fig. 31: Illuminamento medio	121
Fig. 32: Rendering 3D	122
Fig. 33: Falde del tetto della EthosEnergy	126
Fig. 34: Installazione sulla falde migliori del tetto	126
Fig. 35: Valori relativi a orientazione Sud, inclinazione 28° rispetto all'orizzontale. Produzione attesa in un anno: 1340 kWh/kWp dal sito "PVGIS".	127
Fig. 36: Foto delle falde del tetto	128
Fig. 37: Schema elettrico dell'impianto FV	132
Fig. 38: Foto del tetto	136
Fig. 39: Bistrato a fiamma su nuova coibentazione	137
Fig. 40: Lamiera zincata	139

Appendice A

TAG	Description	CdC SAP	Descr.CdC
090	DESCRIZIONE LAVORAZIONE ESTERNA	33200 0	(PRD ENG) Inspection
796	CONTROLLO ULTRASUONI	33320 0	Vanes & Segment Rings
BA/115	BA/115 Banco ASSIEMATURA	33360 0	Basket&Transition
BA/116	BA/116 BANCO Tracciatura	33310 0	Half Rings
BA/117	BancoTRACCIATURA	33320 0	Vanes & Segment Rings
BA/119	BANCO Aggiustaggio (1)	33340 0	Assembly & Overhauls
BA/120	BANCO Montaggio	33340 0	Assembly & Overhauls
BA/124	Banco di TRACCIATURA	33330 0	Miscellaneous
BA/127	BANCO Aggiustaggio (2)	33340 0	Assembly & Overhauls
BA/129	BANCO Assiematura	33340 0	Assembly & Overhauls
BA/130	BANCO Prova Tenuta	33340 0	Assembly & Overhauls
BA/131	BA/131 BANCO Limolatura	33310 0	Half Rings
BA/134	BANCO Prova Pressione	33340 0	Assembly & Overhauls
BA/137	BANCO Scritturazione	33380 0	Turbine Blades
BA/138	BANCO Montaggio Sottogruppi, Controllo Dimensionale Frame	33340 0	Assembly & Overhauls
BA/139	BANCO Montaggio (1)	33340 0	Assembly & Overhauls
BA/140	BANCO Calettamento	33340 0	Assembly & Overhauls
BA/143	Banco SCRITTURAZIONE	33320 0	Vanes & Segment Rings
BA/144	Banco AGGIUSTAGGIO	33320 0	Vanes & Segment Rings
BA/145	BANCO Aggiustaggio (3)	33340 0	Assembly & Overhauls
BA/148	BANCO Scritturazione	33340 0	Assembly & Overhauls
BA/149	BANCO Prova Fluidodinamica	33340 0	Assembly & Overhauls
BA/150	BA/150 BANCO Aggiustaggio	33310 0	Half Rings
BA/152	BA/152 BANCO Preparazione	33310 0	Half Rings
BA/158	BA/158 BANCO Aggiustaggio	33310 0	Half Rings
BA/161	BANCO Aggiustaggio	33380 0	Turbine Blades
DD/000	Prelievo materiale da magazzino generale	32300 0	Warehouse
DD/002	Prelievo componenti da magazzino	32300 0	Warehouse
DD/007	Prelievo componenti da magazzino intermedio	32300	Warehouse

		0	
DD/008	Prelievo componenti da picking list	32300 0	Warehouse
I00001	I00001 FORNO Ricottura	33310 0	Half Rings
I00002	I00002 SABBIATRICE Progressive	33310 0	Half Rings
I00003	I00003 ZYGL Impianto LIQUIDI PENETRANTI	33310 0	Half Rings
I00004	CABINA DI LAVAGGIO	33340 0	Assembly & Overhauls
I00005	I00005 FORNO Humbert	33310 0	Half Rings
IMBA04	IMBALLO INVIO ESTERNO	32300 0	Warehouse
INES	INVIO LAVORAZIONI ESTERNE	32300 0	Warehouse
INES/E	INVIO LAVORAZIONI ESTERNE 1	32300 0	Warehouse
INES/F	INVIO LAVORAZIONI ESTERNE 2	32300 0	Warehouse
INES/G	INVIO LAVORAZIONI ESTERNE 3	32300 0	Warehouse
PROT04	PROTEZIONE E CONFEZIONAMENTO	32300 0	Warehouse
PROT05	PROT05 Pulizia, Protezione/Confezionamento	33310 0	Half Rings
RIEN/N	RIENTRO LAVORAZIONE ESTERNA 1	32300 0	Warehouse
RIEN/O	RIENTRO LAVORAZIONE ESTERNA 2	32300 0	Warehouse
RIEN/P	RIENTRO LAVORAZIONE ESTERNA 3	32300 0	Warehouse
RIENTR	RIENTRO LAVORAZIONE ESTERNA	32300 0	Warehouse
SPEDI4	IMBALLO PER SPEDIZIONI	32300 0	Warehouse
ST 001	ST 001 Rivestimento	80000 0	Coating & Repair
ST 002	ST 002 Sabbiatrice NORBLAST S11	80000 0	Coating & Repair
ST 003	ST 003 Sabbiatrice NORBLAST S11	80000 0	Coating & Repair
ST 004	ST 004 Sabbiatrice NORBLAST S11	80000 0	Coating & Repair
ST 005	ST 005 Sabbiatrice SILCO PRESS 3/F	80000 0	Coating & Repair
ST 006	ST 006 Lavaggio ITEC	80000 0	Coating & Repair
ST 007	ST 007 LIQUIDI PENETRANTI Uesset 300	80000 0	Coating & Repair
ST 008	ST 008 Foratrice EUROTECK EDM450 cnc	80000 0	Coating & Repair
ST 010	ST 010 LASER Huffman HP-115CL	80000 0	Coating & Repair
ST 011	ST 011 SaldatriceTIG EWM triton 220AC/DC	80000 0	Coating & Repair
ST 012	ST 012 SaldatriceTIG EWM triton 220AC/DC	80000 0	Coating & Repair

ST 013	ST 013 SaldatriceTIG EWM triton 220AC/DC	80000 0	Coating & Repair
ST 014	ST 014 SaldatriceTIG EWM triton 220AC/DC	80000 0	Coating & Repair
ST 015	ST 015 SaldatriceTIG EWM triton 220AC/DC	80000 0	Coating & Repair
ST 016	ST 016 PALLINATRICE NORBLAST S14	80000 0	Coating & Repair
ST 017	ST 017 FORNO TAV TPH s/n 299	80000 0	Coating & Repair
ST 018	ST 018 FORNO TAV TPH s/n 435	80000 0	Coating & Repair
ST 019	ST 019 FORNO ARIA Thermconcept KK	80000 0	Coating & Repair
ST 020	ST 020 Bilancia PESO MOMENTO SCHENCK WME3	80000 0	Coating & Repair
ST 021	ST 021 Flussaggio ITEC Airflow	80000 0	Coating & Repair
ST 022	ST 022 BANCO di AGGIUSTAGGIO	80000 0	Coating & Repair
ST 023	ST 023 BANCO di COLLAUDO	80000 0	Coating & Repair
TG 002	Alesatrice orizzontale foratrice PAMA	33330 0	Miscellaneous
TG 003	Alesatrice orizzontale DEVLING	33330 0	Miscellaneous
TG 004	Alesatrice orizzontale SAN ROCCO	33330 0	Miscellaneous
TG 006	Alesatrice 5assi CASTEL	33330 0	Miscellaneous
TG 008	TG008 LAPOINT Brocciatrice Orizzontale	33390 0	Discs
TG 013	EQUILIBRATRICE CEMBR2B "piccola"	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 015	EQUILIBRATRICE CEMB "grande"	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 021	Fresatrice Orizzontale CINCINNATI	33320 0	Vanes & Segment Rings
TG 026	Fresatrice Universale FILL	33330 0	Miscellaneous
TG 027	Fresatrice Universale RAMBAUDI Manuale	33330 0	Miscellaneous
TG 029	Fresatrice Verticale SAIMP FOREST	33320 0	Vanes & Segment Rings
TG 030	Fresatrice Verticale RAMBAUDI RAM-MILL	33330 0	Miscellaneous
TG 031	Fresatrice Verticale RAMBAUDI 600	33330 0	Miscellaneous
TG 033	Fresatrice Verticale RAMBAUDI	33320 0	Vanes & Segment Rings
TG 034	Lapidello Tavola FAVRETTO	33330 0	Miscellaneous
TG 035	TG035 NASTRATRICE	33310 0	Half Rings
TG 036	TG036 SMERIGLIATRICE A NASTRO	33360 0	Basket&Transition
TG 040	Rettifica HERBERT	33330 0	Miscellaneous
TG 045	TG045 GLEASON Rettifica "grande"	33390	Discs

		0	
TG 047	TG047 PUNTATRICE Pensile PEIPOINT PN36	33310 0	Half Rings
TG 048	TG048 PUNTATRICE Elettrica CARPANETO (1)	33360 0	Basket&Transition
TG 050	TG050 SALDATRICE Hobart	33310 0	Half Rings
TG 052	TG052 SALDATRICE SYNC300 Miller	33310 0	Half Rings
TG 054	TG054 SALDATRICE SYNC375 Miller	33310 0	Half Rings
TG 055	TG055 SALDATRICE TIG Miller	33360 0	Basket&Transition
TG 056	TG056 SALDATRICE SYNC375 Miller	33310 0	Half Rings
TG 057	TG057 SALDATRICE SYNC 375 Miller	33310 0	Half Rings
TG 064	TORNIO Orizzontale ANSALDI Rettifica Pale	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 069	Tornio Parallelo MORANDO PA30	33330 0	Miscellaneous
TG 076	Tornio Parallelo PADOVANI	33330 0	Miscellaneous
TG 077	Tornio Parallelo INNSE	33330 0	Miscellaneous
TG 078	TORNIO Parallelo 700E	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 080	TG080 TORNIO VH25 Verticale	33310 0	Half Rings
TG 081	TORNIO Verticale VK30	33320 0	Vanes & Segment Rings
TG 084	TORNIO Verticale KN25	33320 0	Vanes & Segment Rings
TG 085	TG085 TORNIO KL14 Verticale	33310 0	Half Rings
TG 087	Tornio Verticale CRAMEN	33330 0	Miscellaneous
TG 088	TORNIO Verticale VH30	33320 0	Vanes & Segment Rings
TG 089	Tornio Verticale VLN14	33330 0	Miscellaneous
TG 090	Tornio Verticale CARNAGHI	33330 0	Miscellaneous
TG 095	Trapano Radiale RABOMA	33330 0	Miscellaneous
TG 096	Trapano Radiale SASS 3500	33330 0	Miscellaneous
TG 099	Segatrice FMB SEMIAUTOMATICA	33320 0	Vanes & Segment Rings
TG 106	TG106 TORNIO KN20 Verticale	33310 0	Half Rings
TG 109	EQUILIBRATRICE Orizzontale SCHENCK	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 113	IMPIANTO DI TAGL	33310 0	Half Rings
TG 114	TRAPANO SENSITIV	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 115	TG115 VARINELLI Brocciatrice verticale	33390 0	Discs

TG 116	TG116 PRESSA Idraulica OMCN	33360 0	Basket&Transition
TG 133	TG133 TAGLIO LASER Evo	33310 0	Half Rings
TG 136	Affilatrice AFU550	33320 0	Vanes & Segment Rings
TG 141	AFFILATRICE UNIVERSALE TACCHELLA	33320 0	Vanes & Ring Segment
TG 180	TG180 SALDATRICE SYNC300P Miller	33360 0	Basket&Transition
TG 186	TG186 SALDATRICE SYNC300 Miller	33360 0	Basket&Transition
TG 187	TG187 SALDATRICE SYNC300 Miller	33360 0	Basket&Transition
TG 195	TG195 SALDATRICE SYNC300 Miller	33310 0	Half Rings
TG 222	TG222 POSIZIONATORE GIREVOLE "grande"	33360 0	Basket&Transition
TG 224	TG224 POSIZIONATORE GIREVOLE "piccolo"	33360 0	Basket&Transition
TG 240	PESO MOMENTO e SEQUENZA	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 246	Alesatrice/foratrice/fresatrice orizzontale FOREST	33330 0	Miscellaneous
TG 247	Fresatrice Verticale CASER	33330 0	Miscellaneous
TG 248	Tornio Verticale MORANDO KSN50	33330 0	Miscellaneous
TG 249	Multi autor OLIVETTI	33330 0	Miscellaneous
TG 253	TG253 GLEASON Rettifica "piccola"	33390 0	Discs
TG 254	BANCO Prova Velocità	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 260	TG260 RULLATRICE IMCAR	33310 0	Half Rings
TG 249	multiauto	33330 0	Miscellaneous
TG 294	POSTAZIONE PACCO TURBINA	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 295	SEGATRICE FMBMAN	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 296	BARILATRICE	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 297	MAGNETOSCOPIO	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 298	SABBIATRICE NORBPLAST	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 299	FORNO CALETTAM. DIS.COMPR.	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 302	Banco MOLATURA POLIVAL 2	33360 0	Basket&Transition
TG 304	TG304 CABINA INSONORIZZATA	33360 0	Basket&Transition
TG 311	Elettroerosione a tuffo EXERON EDM 314	33320 0	Vanes & Segment Rings
TG 317	CABINA INSONORIZZATA Piantaggio Tenute	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 318	TG318 SEGA a NASTRO Verticale	33310	Half Rings

		0	
TG 319	BLOHM Rettifica	33380 0	Turbine Blades
TG 320	Misura DEA GLOBAL "piccola"	33380 0	Turbine Blades
TG 322	CDM Elettroerosione a tuffo	33380 0	Turbine Blades
TG 323	AGIE CLASSIC Elettroerosione a filo	33380 0	Turbine Blades
TG 324	UESSET Impianto Liquidi Penetranti	33380 0	Turbine Blades
TG 325	TG325 SABBIA TRICE NORBLAST "grande"	33360 0	Basket&Transition
TG 327	PIATTAFORMA di CALETTAMENTO	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 328	TG328 Prova di Strappo INSTRON	33360 0	Basket&Transition
TG 330	SUPPORTO A RULLI - PASSERINI	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 342	AGIE V3 Elettroerosione a filo	33380 0	Turbine Blades
TG 343	TG343 TRAPANO a COLONNA	33360 0	Basket&Transition
TG 345	TG345 MAGERLE Rettifica	33390 0	Discs
TG 348	TG348 PUNTATRICE Elettrica CARPANETO (2)	33360 0	Basket&Transition
TG 349	Centro Fresatura 5assi HEDELIUS	33320 0	Vanes & Segment Rings
TG 350	Elettroerosione a tuffo EXERON EDM 316	33320 0	Vanes & Segment Rings
TG 351	TG351 Saldatrice ROBOT TECNO	33310 0	Half Rings
TG 352	Centro Rettifica 5assi MAKINO	33320 0	Vanes & Segment Rings
TG 353	EQUILIBRATRICE Verticale CEMB	33340 0	Assembly & Overhauls
TG 354	TG354 SALDATRICE TIG EWM351	33310 0	Half Rings
TG 355	TG355 SALDATRICE TIG EWM350	33310 0	Half Rings
TG 358	Tornio Parallelo TAI TECH	33330 0	Miscellaneous
TG 359	TG359 SALDATRICE TIG EWM351	33310 0	Half Rings
TG 360	TG 360 SALDATRICE MIG SELCO NEOMIG 322	33310 0	Half Rings
TG/DD D	DISEGNI ASSEGNATI A CICLO	32300 0	Warehouse
TG/DD P	Packing List assegnata al ciclo	32300 0	Warehouse
TG114	TRAPANO SENSITIVE Foratura Pale	33340 0	Assembly & Overhauls
TG242	TG 242 BANCO Torsionatura	33310 0	Half Rings
VECO	VERSAMENTO A COMMESSA	32300 0	Warehouse
VEMA0 4	VERSAMENTO A MAGAZZINO	32300 0	Warehouse

ZC/007	ZC/007 COLLAUDO INTERMEDIO	33330 0	Miscellaneous
ZC/100	ZC/100 COLLAUDO Banco	33310 0	Half Rings
ZC/101	Banco di COLLAUDO	33330 0	Miscellaneous
ZC/102	COLLAUDO di BANCO	33340 0	Assembly & Overhauls
ZC/103	ZC/103 COLL. ACCETTA	33330 0	Miscellaneous/Inspecti on
ZC/104	ZC/104 COLLAUDO Fine Fase	33310 0	Half Rings
ZC/105	ZC/105 COLLAUDO FINE FASE	33330 0	Miscellaneous
ZC/106	COLLAUDO FINE FASE Postazione controllo dimensionale	33340 0	Assembly & Overhauls
ZC/107	ZC/107 COLLAUDO INTERMEDIO	33330 0	Miscellaneous
ZC/108	COLLAUDO DIMENSIONALE Ispezione particolare esercito	33340 0	Assembly & Overhauls
ZC/109	ZC/109 COLLAUDO Intermedio	33310 0	Half Rings
ZC/110	ZC/110 CONTROLLO MATERIALE	33330 0	Miscellaneous
ZC/111	ZC/111 COLLAUDO INTERMEDIO	33330 0	Miscellaneous
ZC/112	ZC/112 COLL.BANCO	33390 0	Discs
ZC/113	COLLAUDO INTERME	33390 0	Discs
ZC/114	COLLAUDO FINE FA	33390 0	Discs
ZC/115	COLLAUDO di BANCO	33320 0	Vanes & Segment Rings
ZC/116	COLLAUDO INTERMEDIO	33320 0	Vanes & Segment Rings
ZC/117	COLLAUDO FINE FASE	33320 0	Vanes & Segment Rings
ZC/124	ZC/124 COLLAUDO dopo Trattamento	33310 0	Half Rings
ZC/127	ZC/127 CONTROLLO DOCUMENTAZIONE	33330 0	Miscellaneous
ZTG105	ZTG105 Banco di COLLAUDO	33360 0	Basket&Transition

Appendice B