

STABILIMENTO OSPEDALIERO DI CITTA' DI CASTELLO



Engie Servizi S.p.A.

Viale Giorgio Ribotta, 31 - 00144 Roma

**IMPIANTO DI TRIGENERAZIONE
ALIMENTATO A GAS NATURALE**

PROGETTAZIONE:



Str. del Colle 1/a
Fraz. Fontana
06132 Perugia



Ing. Alberto Rogari
Ing. Andrea Piccolino Boniforti

DEFINITIVO TERMO-MECCANICO

RELAZIONE GENERALE



Data	Pagine	Pratica	Identificativo	Elaborato
Dic. 2016	26	16031_BRI	DR01.docx	DR01

INDICE

1. PREMESSE	2
1.1. <i>Oggetto dell’iniziativa.....</i>	2
1.2. <i>Quadro conoscitivo generale ed obiettivi dell’intervento.....</i>	2
2. CONTESTO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.....	3
3. LA TECNOLOGIA UTILIZZATA	5
3.1. <i>La tecnologia della cogenerazione di energia termica ed energia elettrica.....</i>	5
3.2. <i>Come produrre energia frigorifera da energia termica, l'assorbitore</i>	7
4. CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA	9
4.1. <i>Gruppo di cogenerazione.....</i>	9
4.2. <i>Macchina frigorifera ad assorbimento.....</i>	14
4.3. <i>Torre evaporativa di raffreddamento.....</i>	15
4.4. <i>Gruppi di pompaggio</i>	15
4.5. <i>Sistemi di contabilizzazione</i>	15
4.6. <i>Collegamenti e sistemi di distribuzione</i>	16
5. BILANCIO ENERGETICO DELL'INTERVENTO.....	17
6. VALUTAZIONE DI IMPATTO	18
6.1. <i>Impatto visivo ed accessi</i>	18
6.2. <i>Impatto acustico.....</i>	19
6.3. <i>Emissioni di gas serra</i>	19
6.4. <i>Produzione rifiuti</i>	22
7. CALCOLO PRIMARY ENERGY SAVING (PES)	23
7.1. <i>Calcolo del rendimento globale dell’unità di cogenerazione.....</i>	23
7.2. <i>Calcolo del Risparmio di energia primaria (PES) e verifica del riconoscimento CAR</i>	25
8. CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI.....	26

1. PREMESSE

1.1. Oggetto dell'iniziativa

L'iniziativa in oggetto consiste nella realizzazione di un impianto di **trigenerazione**, presso l'ospedale di Città di Castello (PG), sito in via Luigi Angelini 10.

Il sistema verrà realizzato in una struttura prefabbricata adibita a locale tecnico rimovibile e collocata nei pressi dell'attuale centrale termica a servizio dell'ospedale.

L'impianto è costituito da un sistema ad alto rendimento che produrrà **energia termica, energia frigorifera** ed **energia elettrica** a partire da un unico combustibile (**gas metano**).

Il sistema di trigenerazione verrà progettato per lavorare ad **inseguimento termico**. Il funzionamento del sistema sarà quindi in funzione della richiesta di energia termica o frigorifera da parte delle utenze. In particolare in assetto invernale andrà a seguire il fabbisogno per riscaldamento ed acqua calda sanitaria, mentre in assetto estivo seguirà il fabbisogno per il raffrescamento dei locali, il post-riscaldamento delle unità di trattamento aria e la necessità di acqua calda ad uso sanitario.

L'**energia termica** verrà ceduta quindi tramite una rete di teleriscaldamento (esistente) che raggiungerà tutti i terminali di erogazione installati nei dipartimenti dislocati nelle varie ali degli edifici.

L'**energia elettrica** andrà invece a sottendere i fabbisogni della struttura ospedaliera, coprendoli per più del 40% del consumo annuo.

L'**energia frigorifera** verrà invece ceduta alle utenze tramite una rete di teleraffrescamento (anch'essa esistente).

1.2. Quadro conoscitivo generale ed obiettivi dell'intervento

Nell'ottica di un utilizzo razionale dell'energia, volto al risparmio energetico ed allo sfruttamento delle migliori tecnologie disponibili, *Engie Servizi S.p.A.* ha inserito nell'offerta pluriennale relativa alla gestione energetica del polo ospedaliero un impianto di **trigenerazione**, per la produzione di energia termica, elettrica e frigorifera.

Grazie all'ottimizzazione energetica che potrà portare l'installazione di questo tipo di impianto oltre a diversi altri investimenti relativi al risparmio ed all'ottimizzazione energetica che verranno approntati, *Engie Servizi S.p.A.* potrà garantire alla *USL Umbria 1* notevoli risparmi economici uniti a sicuri benefici ambientali.

2. CONTESTO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Ai fini dell'ottenimento *dell'autorizzazione alla realizzazione ed all'esercizio dell'impianto* di trigenerazione di cui all'oggetto, composto da un sistema di cogenerazione (motore endotermico - generatore sincrono) accoppiato ad un gruppo frigorifero ad assorbimento ad acqua/LiBr, viene richiesta la convocazione della Conferenza dei Servizi ai sensi del *Decreto legislativo n. 115/2008, art. 11 comma 7*.

Come si evince dagli elaborati grafici in allegato (rif. AR1-2-3-4) e dall'immagine seguente, l'impianto in oggetto sorgerà presso l'area tecnica a servizio della struttura ospedaliera.

La zona interessata all'intervento è soggetta a specifici vincoli ambientali, ricade infatti in zona sottoposta a tutela ai sensi del D. Lgs. 42/2004. Si allega quindi apposita relazione paesaggistica al fine di poterne valutare gli impatti.

Il sistema di cogenerazione è un impianto di combustione alimentato a metano ed avrà una potenza termica nominale in ingresso inferiore ai 3 MW. Esso non dovrebbe quindi essere soggetto all'autorizzazione alle emissioni in atmosfera ai sensi del *Decreto legislativo n. 152/2006, parte V, titolo I, articolo 269*. Tuttavia, esso è termicamente connesso al circuito di riscaldamento dell'ospedale. La centrale termica esistente del plesso ospedaliero è stata autorizzata dalla Provincia di Perugia con Determinazione n. 004659 del 27/05/2013 prot. n. 2013/004659 (richiedente ASL 1 Umbria) ed è così composta:

Generatore di calore acqua calda 1 (GC1):	$P_f = 1248 \text{ kW}$, $P_u = 1163 \text{ kW}$
Generatore di calore acqua calda 2 (GC2):	$P_f = 2560 \text{ kW}$, $P_u = 2326 \text{ kW}$
Generatore di calore acqua calda 3 (GC3):	$P_f = 2560 \text{ kW}$, $P_u = 2326 \text{ kW}$
Generatore di calore acqua calda 4 (GC4):	$P_f = 641 \text{ kW}$, $P_u = 581 \text{ kW}$
Generatore di calore vapore 1 (GC5):	$P = 2093 \text{ kW}$, 3000 kg/h , 10 bar
Generatore di calore vapore 2 (GC6):	$P = 2093 \text{ kW}$, 3000 kg/h , 10 bar

Non dovrà invece essere sottoposto alla verifica di assoggettabilità a valutazione ambientale, avendo una potenza termica complessiva (anche unitamente alla centrale termica dell'ospedale, già esistente) inferiore ai limiti fissati dal *Decreto legislativo n. 152/2006, parte II, allegato IV, comma 2, lettera a)*.

L'impianto così come definito sorgerà adiacente ad una struttura tecnica già adibita a locali per la produzione energetica. Esso sorgerà parte in un *locale tecnico rimovibile* appoggiato all'esterno e parte nella sottocentrale dell'ospedale (sita nello stesso edificio della centrale termica).

Il sistema è stato progettato in modo da minimizzare il più possibile ogni tipo di impatto ambientale e garantendo la massima sicurezza agli operatori.

Sfruttando una tecnologia ad alto rendimento, rispetto alle tecnologie tradizionali ad oggi utilizzate, (rif. successivo paragrafo 3), verrà diminuito il consumo di energia primaria abbattendo così l'impatto delle emissioni di gas serra e diminuendo le sostanze inquinanti prodotte (rif. paragrafo 6.3).

Fig. 1 - Area dell'ospedale con indicazione della zona oggetto dell'intervento



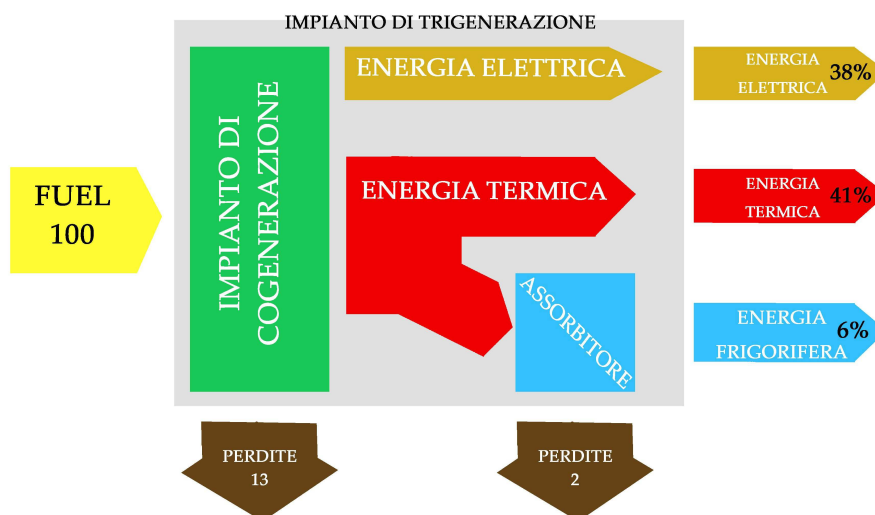
3. LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

L'impianto di trigenerazione è formato da un motore primario, un generatore, un sistema di recupero termico, un assorbitore e da interconnessioni elettriche.

Nel caso specifico il motore è utilizzato per convertire il combustibile (metano) in energia meccanica, il generatore la converte in energia elettrica, mentre il sistema di recupero termico raccoglie e converte l'energia termica contenuta negli scarichi del motore primario e dal liquido di raffreddamento del motore e la trasforma, mediante recuperatori e scambiatori di calore, in energia termica da utilizzare.

Il calore recuperato verrà utilizzato sia per il riscaldamento degli ambienti (inviandolo nelle unità di trattamento aria), sia per la produzione di acqua calda sanitaria, garantendo di conseguenza un uso efficiente delle risorse primarie di energia.

Parte del calore recuperato, tramite gruppo ad assorbimento, verrà trasformato in energia frigorifera ed utilizzato per le necessità di condizionamento estivo.



3.1. La tecnologia della cogenerazione di energia termica ed energia elettrica

Si intende per cogenerazione la produzione combinata di energia elettrica e termica (acqua calda) tramite specifiche tecnologie. L'impianto di cogenerazione produce in modo combinato calore ed elettricità, in modo che la fonte principale di energia (combustibile in ingresso) venga sfruttata quasi completamente.

I benefici economici legati alla produzione dell'energia elettrica e termica sono garantiti dalla possibilità di utilizzare, contemporaneamente, energia termica ed elettrica, garantendo un minor costo del kWh, anche per il riutilizzo dell'acqua del raffreddamento ad integrazione e/o sostituzione dei sistemi tradizionali di produzione.

Un impianto convenzionale di produzione di energia elettrica ha una efficienza di circa il 35%, mentre il restante 65% viene disperso sotto forma di calore, con un impianto di cogenerazione,

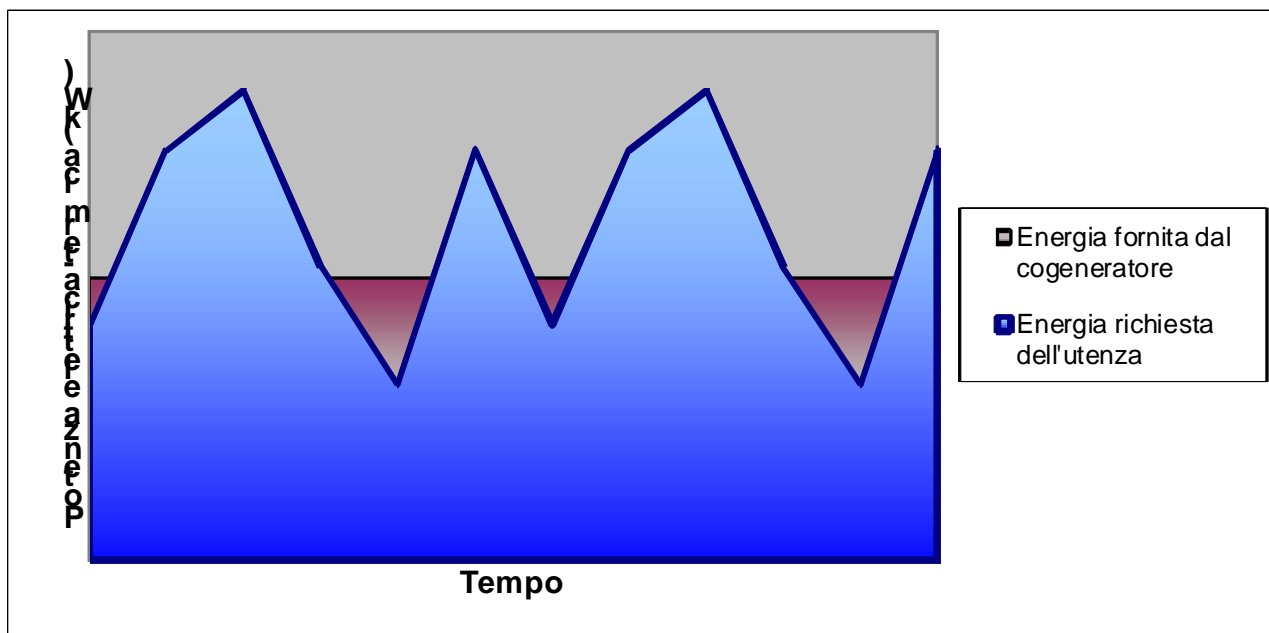
invece, il calore prodotto dalla combustione non viene disperso, ma recuperato per altri usi. In questo modo la cogenerazione raggiunge una efficienza superiore all'80% permettendo di:

- ✓ *diminuire sensibilmente i costi di gestione;*
- ✓ *risparmiare energia primaria;*
- ✓ *salvaguardare l'ambiente;*
- ✓ *diminuire le emissioni di CO₂.*

Infatti, in una centrale di cogenerazione il calore di scarico della macchina per la produzione di energia elettrica ha livelli termici elevati e di conseguenza può essere riutilizzato per la produzione di acqua calda.

Non ci sono dubbi sui vantaggi, in termini di rendimento energetico, che la cogenerazione ha rispetto alla produzione separata di energia elettrica e termica. Tuttavia, proprio perché questi vantaggi sono originati da una produzione combinata, è necessario che l'energia termica disponibile possa essere utilizzata nel ciclo produttivo dello stabilimento in cui essa si colloca, così come nel Vs. caso.

Il concetto appena espresso è alla base dell'utilizzo della cogenerazione, ossia l'impianto tecnologico di cui discutiamo viene abitualmente utilizzato per coprire lo "zoccolo duro" dei consumi energetici, termici ed elettrici, dell'utenza dove viene installato:



Come si evince dal grafico precedente, la cogenerazione copre integralmente la richiesta di base dell'utenza, lasciando il compito alle centrali termiche tradizionali di soccorso e alla rete elettrica di fornire i picchi di richiesta sia termica che elettrica.

Oltre al vantaggio economico di gestione la cogenerazione permette di avere un impatto ambientale ridotto rispetto ai sistemi tradizionali. Come per tutti gli impianti di produzione di energia da fonti tradizionali anche gli impianti di cogenerazione sono fonti di emissioni inquinanti in atmosfera derivanti dalla combustione di combustibili fossili, ma le moderne tecnologie utilizzate per il contenimento e l'abbattimento di tali emissioni, in particolar modo se si utilizza metano quale combustibile, consentono di ridurle a valori estremamente bassi in valore assoluto e a valori di circa il 50% inferiori rispetto alla produzione separata di energia termica ed elettrica a parità di energia fornita all'utenza.

Inoltre il risparmio di energia primaria (combustibile) che si ottiene con la generazione combinata consente di ridurre l'immissione di CO₂ in atmosfera di oltre il 40% a parità di energia fornita alle utenze.

La cogenerazione tramite motore endotermico è tra i sistemi più diffusi, collaudati e affidabili. Da un punto di vista strutturale il cogeneratore a motore endotermico (a combustione interna) che verrà utilizzato è costituito da un motore a quattro tempi turbocompresso, alimentato a gas metano, accoppiato a un alternatore sincrono trifase, della potenza elettrica e termica opportunamente scelte in base alla tipologia di utenza per la quale va dimensionato.

Il sistema sarà poi completato da un sistema di scambiatori di calore (recupero termico dal circuito di raffreddamento del motore e dai gas di scarico in uscita), da un sistema di quadri elettrici di regolazione, controllo e di cessione della potenza prodotta e da un accurato software di gestione configurato anche per il controllo da remoto.

Il cogeneratore sarà fornito in apposito box insonorizzato per esterno e corredato di filtri antirumore in corrispondenza delle aperture di ventilazione, che consentono alla macchina di rimanere entro i livelli di rumorosità imposti dalla normativa vigente.

Il principio di funzionamento della macchina è il seguente: l'immissione dell'energia elettrica, erogata dall'alternatore, avviene mediante un'apposita apparecchiatura (quadro di parallelo) fornita con la macchina, che regola la tensione e la frequenza della corrente prodotta, in modo da evitare disturbi alla rete. Per quanto riguarda le emissioni in atmosfera, l'impianto rispetta le condizioni più rigorose essendo garantito il mantenimento del valore delle emissioni stesse entro i valori minimi previsti dalle normative europee più restrittive.

Le basse emissioni dei gas inquinanti prodotte dai gruppi di cogenerazione sono dovute tipicamente al sistema a combustione magra del motore e all'installazione di un efficace sistema di catalizzazione.

Mediante un impianto di cogenerazione alimentato a metano permette, per ogni kWh prodotto, un risparmio di anidride carbonica pari a 450 grammi, se confrontato con la produzione separata di energia elettrica (centrale termoelettrica) ed energia termica (caldaia convenzionale).

Dal punto di vista elettrico, l'impianto funzionerà in parallelo alla rete, in accordo alle prescrizioni vigenti, ed è dotato di generatore elettrico di tipo sincrono.



3.2. Come produrre energia frigorifera da energia termica, l'assorbitore

Il gruppo frigo ad assorbimento, l'apparato che produce freddo utilizzando il calore del processo di cogenerazione, è la seconda parte più importante di un impianto di trigenerazione.

I gruppi ad assorbimento si basano sulla condensazione e sull'evaporazione per produrre freddo. Come i gruppi ad assorbimento a gas, essi hanno un evaporatore ed una serpentina di raffreddamento che espande il refrigerante per produrre freddo. Diversamente da un compressore meccanico, questi gruppi impiegano una fonte di calore che è alimentata

direttamente usando un bruciatore od indirettamente utilizzando vapore, acqua calda o calore di residuo.

In altre parole le macchine ad assorbimento sono motorizzate dal vapore, dall'acqua calda o da gas di combustione.

Nel suo semplice disegno la macchina ad assorbimento consta di un evaporatore, di un condensatore, di un assorbitore, di un generatore e di una pompa di soluzione. In un gruppo frigo a compressione, il freddo è prodotto nell'evaporatore dove il refrigerante, ovvero il termovettore, evapora ed il calore è rilasciato nel condensatore dove il refrigerante è condensato.

L'energia, che porta il calore da una bassa temperatura ad una più alta, è fornita come energia meccanica al compressore.

Nel ciclo ad assorbimento, comprimendo il refrigerante, il vapore è prodotto dall'azione combinata dell'assorbitore, della pompa di soluzione e del generatore, invece che dal compressore meccanico. Il vapore generato nell'evaporatore è assorbito da una soluzione liquida nell'assorbitore.



Tale soluzione, avendo raccolto il refrigerante, indebolendosi la propria funzione, è pompata verso il generatore dove il refrigerante è rilasciato sotto forma di vapore; in seguito questo ultimo verrà condensato nel condensatore. Il rigenerato, o forte soluzione assorbente, è poi ricondotto all'assorbitore per prelevare di nuovo il vapore refrigerante.

Il calore è fornito al generatore ad una temperatura relativamente alta ed è successivamente rilasciato dall'assorbitore ad un livello più basso, analogamente a quanto avviene in un motore di calore.

La maggior parte dell'apparecchiatura di assorbimento, basata sulla coppia di lavoro acqua - bromuro di litio, è progettata per applicazioni di raffreddamento dell'aria.

Le macchine frigorifere ad assorbimento ad acqua/bromuro di litio, possono avere un funzionamento mono-stadio o bi-stadio.

La tecnologia mono-stadio, la più adatta per questa configurazione impiantistica e questa tipologia di utenza, presenta una temperatura dell'acqua calda in ingresso al generatore che può avere livelli di temperatura anche sotto i 90°C, sfruttando così tutta l'energia termica prodotta dal cogeneratore (sistema di raffreddamento motore + sistema di recupero calore fumi). Di contro questi sistemi hanno un coefficiente di performance (COP) di 0,6 – 0,8.

4. CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA

Come si evince dallo schema unifilare definitivo in allegato (rif. DT01-DT02), l'impianto è composto dalle seguenti componenti principali:

- *modulo di cogenerazione;*
- *macchina frigorifera ad assorbimento;*
- *torre evaporativa di raffreddamento;*
- *gruppi di pompaggio;*
- *sistemi di contabilizzazione;*
- *collegamenti e sistemi di distribuzione.*

4.1. Gruppo di cogenerazione

Il modulo di cogenerazione (cuore dell'impianto in oggetto), servirà come detto per la produzione di energia elettrica ed energia termica a partire dal gas naturale di rete.

Esso è composto da un motore primo endotermico, da un alternatore, da un sistema di scambiatore a piastre ed a fascio tubiero per il recupero termico e da tutte le componenti di controllo, gestione, abbattimento inquinanti e sicurezza a servizio dello stesso.

Le caratteristiche tecniche principali del modulo sono le seguenti:

Potenza

POTENZA ELETTRICA AL 100% DEL CARICO: 530 kWe

POTENZA TERMICA AL 100% DEL CARICO: 623 kWt

POTENZA IN INGRESSO AL 100% DEL CARICO: 1.365 kW_i

Emissioni inquinanti (valore massimo di emissione al 5% di O₂)

NO_x < 250 mg/Nm³

CO < 300 mg/Nm³

Emissioni acustica residua

55 dB(A) a 10 metri

Per il dettaglio dei valori si rimanda alle schede tecniche di seguito riportate ed alla relazione specialistica di impatto acustico (rif. allegato DR04).

DATI TECNICI - MODULO

PCI gas naturale	kWh/Nm ³	9,5
Consumo gas naturale	Nm ³ /h	144
Potenza introdotta	kW	1.365
Potenza meccanica erogata	kWe	548
Potenza elettrica erogata	kWe	530
Potenza termica recuperabile	kWt	623
Rendimento elettrico	%	38,8
Rendimento termico	%	45,6
Rendimento complessivo	%	84,4

DATI TECNICI - MOTORE PRIMO

Costruttore		GE Jenbacher
Tipo di motore		J 312 GS-D02
Ciclo di funzionamento		4-tempi
Disposizione cilindri		V 70°
Numero cilindri		12
Alesaggio	mm	135
Corsa	mm	170
Cilindrata	lit	29,20
Velocità nominale	rpm	1.500
Velocità media del pistone	m/s	8,50
Lunghezza	mm	2.400
Larghezza	mm	1.457
Altezza	mm	2.065
Peso a secco	kg	3.200
Peso pronto per l'esercizio	kg	3.530
Momento d'inerzia del volano	kgm ²	7,77
Senso di rotazione (visto lato volano)		a sinistra
Livello dist. radio sec. VDE 0875		N
Motorino d'avviam.: pot.	kW	7
Motorino d'avviam.: tensione	V	24

Potenze termiche

Potenza introdotta	kW	1.357
Intercooler	kW	102
Olio	kW	73
Acqua di raffreddamento motore	kW	208
Gas di scarico raffreddati a 180 °C	kW	255
Gas di scarico raffreddati a 100 °C	kW	326
Calore insuperficie	kW	28

Dati gas di scarico

Temperatura gas di scarico a pieno carico	°C [8]	452
Temperatura gas di scarico a BMEP= 13,5 [bar]	°C	~ 461
Temperatura gas di scarico a BMEP= 9 [bar]	°C	~ 485
Portata gas di scarico umido	kg/h	2.996
Portata gas di scarico secco	kg/h	2.785
Volume gas di scarico umido	Nm ³ /h	2.376
Volume gas di scarico secco	Nm ³ /h	2.114
Contropressione mass. gas di scarico all'uscita motore	mbar	60

Dati aria di combustione

Portata aria	kg/h	2.902
Volume aria	Nm ³ /h	2.245
Massima perdita di carico ammissibile filtri in aspirazione	mbar	10

DATI TECNICI - ALTERNATORE

Costruttore		STAMFORD e)
Tipo		CG 634 J e)
Potenza omologata	kVA	927
Potenza meccanica introdotta	kW	548
Potenza attiva a $\cos \phi = 1,0$	kW	530
Potenza attiva a $\cos \phi = 0,8$	kW	525
Potenza apparente a $\cos \phi = 0,8$	kVA	656
Potenza reattiva nominale a $\cos \phi = 0,8$	kVar	393
Corrente nominale a $\cos \phi = 0,8$	A	946
Frequenza	Hz	50
Tensione	V	400
Giri	rpm	1.500
Velocità di fuga	rpm	1.800
Fattore di potenza (ritardo – anticipo)		0,8 - 0,95
Rendimento a $\cos \phi = 1,0$	%	96,7%
Rendimento a $\cos \phi = 0,8$	%	95,7%
Momento d'inerzia del volano	kgm ²	22,40
Massa	kg	2.300
Livello dist. radio sec. EN 55011 Class A (EN 61000-6-4)		N
Forma costruttiva		B3/B14
Grado di protezione		IP 23
Classe d'isolamento		H
rialzo di temperatura (con potenza meccanica)		F
Temperatura ambientale massima	°C	40

Reattanze e costanti di Tempo (saturato)

xd Reattanza sincrona secondo l'asse diretto	p.u.	1,79
xd' Reattanza transitoria secondo l'asse diretto	p.u.	0,15
xd'' Reattanza subtransitoria secondo l'asse diretto	p.u.	0,09
x2 reattanza di sequenza inversa	p.u.	0,13
Td'' Costante di tempo subtransitoria della corrente di c.to c.to	ms	25
Ta Costante di tempo - corrente continua	ms	46
Tdo' Costante di tempo transitoria a vuoto	s	3,03

DATI TECNICI - RECUPERO TERMICO**Dati generali - Circuito acqua calda**

Potenza termica complessiva	kW	314
Temperatura di ritorno	°C	80,0
Temperatura di mandata	°C	90,0
Portata nominale	m³/h	26,9
Pressione nominale acqua calda	PN	10
pressione di esercizio min.	bar	3,5
pressione di esercizio mass.	bar	9,0
Perdita di pressione nominale acqua calda	bar	0,60
Tolleranza massima ammissibile temperatura di ritorno	°C	+0/-5
Velocità di variazione mass. ammissibile	°C/min	10

dati generali - circuito acqua di raffreddamento

Potenza termica da dissipare	kW	69
Temperatura di ritorno	°C	40
Portata acqua di raffreddamento	m³/h	15
Pressione nominale acqua calda	PN	10
pressione di esercizio min.	bar	0,5
pressione di esercizio mass.	bar	5,0
Perdita di carico acqua di raffreddamento	bar	~
Tolleranza massima ammissibile temperatura di ritorno	°C	+0/-5
Velocità di variazione mass. ammissibile	°C/min	10

4.2. *Macchina frigorifera ad assorbimento*

Il modello di macchina frigorifera ad assorbimento che verrà installato per la produzione di energia frigorifera, principalmente durante la stagione estiva, avrà le seguenti caratteristiche tecniche:

Modello		HSA-165	
Capacità di raffreddamento		kW	465
COP (Coefficient Of Performance)*		kWf/kWt	0,76
Acqua refrigerata	Temperatura ingresso/uscita	°C	12/7
	Portata	m³/h	80
	Perdita di carico	mH₂O	3,8
	Diametro attacchi (DN)	mm	125
Acqua di raffreddamento	Temperatura ingresso/uscita	°C	30/35
	Portata	m³/h	185
	Perdita di carico	mH₂O	6
	Diametro attacchi (DN)	mm	150
Acqua calda	Temperatura ingresso/uscita	°C	91/76
	Portata	t/h (m³/h)	35,1 (36,4)
	Potenza termica alla sorgente	kW	612
	Perdita di carico	mH₂O	3,7
	Diametro attacchi (DN)	mm	80
Dati elettrici	Alimentazione	400V/3ph+N/50Hz	
	Totale corrente	A	14,7
	Potenza elettrica	kW	4,55
Dimensioni di ingombro	Lunghezza	mm	3940
	Larghezza		1650
	Altezza		2550
Peso in funzione		t	9,2
Peso di spedizione			7

4.3. Torre evaporativa di raffreddamento

La torre evaporativa sarà installata per gestire l'acqua di raffreddamento dell'assorbitore. Essa avrà le seguenti caratteristiche tecniche di progetto:

- *Temperatura fluido in ingresso:* 34°C
- *Temperatura fluido in uscita:* 29°C
- *Temperatura di bulbo umido:* 25°C
- *Potenza:* 1100 kW c.a.

Il circuito della torre evaporativa verrà integrata con acqua opportunamente addolcita e trattata, proveniente dall'alimentazione idrica dell'ospedale, in modo da garantire gli standard richiesti in fatto di qualità e salubrità.

4.4. Gruppi di pompaggio

I gruppi di pompaggio principali a servizio dell'impianto saranno inseriti nei locali tecnici del cogeneratore e dell'assorbitore. Saranno costituiti da elettropompe singole e sono progettati per garantire la continuità del servizio anche in caso di guasti o manutenzione programmate.

Le pompe principali insisteranno sui seguenti circuiti:

- *circuito acqua calda* - dal cogeneratore verso l'assorbitore e verso le utenze termiche;
- *circuito acqua refrigerata* - dall'assorbitore verso le utenze del circuito frigorifero;
- *circuito acqua di raffreddamento* - dall'assorbitore alla torre evaporativa;

I dati tecnici di ogni singola pompa sono riportati nello schema unifilare termico in allegato (rif. DT01-DT02).

4.5. Sistemi di contabilizzazione

Come da schema allegato (rif DT01-DT02), l'impianto sarà provvisto di tutti gli idonei sistemi di contabilizzazione per la definizione puntuale di tutte le quantità in gioco ed in particolar modo verranno installati:

- *contabilizzatore gas naturale in ingresso al gruppo di cogenerazione;*
- *contatore energia elettrica prodotta dal gruppo di cogenerazione;*
- *contatore energia elettrica utilizzata per i servizi ausiliari del gruppo;*
- *contatore bi-direzionale Enel per contabilizzare l'energia elettrica ceduta in rete;*
- *contatore di energia termica prodotta dal gruppo di cogenerazione;*
- *contatore di energia termica ceduta al gruppo frigorifero ad assorbimento;*
- *contatore di energia frigorifera prodotta dal gruppo frigorifero ad assorbimento;*
- *contatore di energia termica ceduta dal cogeneratore alla rete del circuito di riscaldamento e/o acqua sanitaria.*

4.6. Collegamenti e sistemi di distribuzione

Il sistema di trigenerazione sarà collegato elettricamente, termicamente e sul lato frigorifero all'impianto esistente.

Il collegamento elettrico verrà eseguito tramite idoneo cavidotto che convoglierà i cavi di potenza verso il quadro elettrico esistente a servizio dei locali tecnologici, posta nella struttura tecnica adiacente.

I collegamenti termici verranno invece eseguiti portando una coppia di tubazioni opportunamente isolate, verso la sottocentrale termica, a monte delle pompe di mandata della rete di teleriscaldamento.

Il collegamento al sistema di distribuzione dell'energia frigorifera per il condizionamento dell'ospedale, verrà anch'esso eseguito portando una coppia di tubi coibentati alla sottocentrale della struttura e collegandosi a monte dei gruppi di pompaggio esistenti che servono la rete di teleraffrescamento.

5. BILANCIO ENERGETICO DELL'INTERVENTO

L'intervento in oggetto riuscirà a coprire in buona parte il fabbisogno energetico della struttura ospedaliera, facendo lavorare i gruppi tradizionali (generatori e chiller) solo per la produzione di vapore, per le integrazioni e per la copertura dei picchi di richiesta.

Di seguito riportiamo una tabella riassuntiva degli studi di fattibilità effettuati, con una indicazione di massima sulle energie in gioco:

Riassunto bilancio elettrico

Fabbisogno struttura pre assorbitore	8.295.487 kWhe
Fabbisogno struttura con assorbitore	7.885.037 kWhe
En elettrica prodotta lorda (ai morsetti del generatore)	3.355.626 kWhe
En elettrica prodotta al netto degli ausiliari	3.271.736 kWhe
En elettrica ceduta al cliente	3.271.736 kWhe
En elettrica acquistata da gestore	4.613.302 kWhe
En elettrica vettoriata	0 kWhe

Riassunto bilancio termico

Fabbisogno struttura acqua calda	4.110.892 kWht
Energia termica cogenerata	2.767.771 kWht
Energia termica da caldaia	1.343.122 kWht

Riassunto bilancio frigorifero

Fabbisogno struttura energia frigorifera	1.596.431 kWhf
En frigorifera da assorbitore	902.990 kWhf
Energia frigorifera da gruppi frigo tradizionali	693.441 kWhf

6. VALUTAZIONE DI IMPATTO

Il progetto dell'impianto è stato eseguito cercando di minimizzare tutti gli impatti che l'opera potrebbe avere sulla struttura ospedaliera.

Non a caso la posizione dell'impianto è stata individuata in un'area già adibita a locali tecnologiche, il più possibile distante dai padiglioni dell'ospedale e schermata dall'attuale struttura in cui sorgono gli impianti (rif. AR1-2-3).

6.1. *Impatto visivo ed accessi*

L'impianto non avrà alcun impatto visivo sui padiglioni dell'ospedale, in quanto verrà quasi completamente schermato dall'attuale edificio tecnologico adiacente al quale sorgeranno le nuove strutture.

Esso si affaccerà sul parcheggio retrostante l'ospedale e verrà parzialmente schermato dalla piantumazione già presente.

La torre evaporativa verrà installata nella zona dove sorgono i gruppi frigoriferi attualmente installati, sarà quindi schermata a livello sia visivo che acustico dalle barriere fono assorbenti presenti.

Tutta la zona dell'impianto è delimitata da apposita piantumazione, in modo da minimizzare l'impatto visivo anche dalla strada retrostante l'impianto (via Angelini).

L'accesso alla zona sarà consentito solo agli addetti preposti, essendo una zona tecnica già ad accesso limitato. Verrà così garantita la sicurezza per gli utenti dell'ospedale.

Fig. 2 - Vista da via Angelini della zona dove sorgerà l'impianto, schermata dalla piantumazione esistente



Fig. 3 - Vista da via Salaiolo della zona dove sorgerà l'impianto, schermata dalla piantumazione esistente

6.2. Impatto acustico

Durante la realizzazione del progetto e la scelta dei componenti da installare, si è fatta particolarmente attenzione all'impatto acustico dell'opera sulla zona circostante ed in particolar modo sulla struttura ospedaliera.

Sia il locale tecnico di alloggio del cogeneratore che la torre evaporativa (i due unici punti rilevanti di emissione sonora) verranno realizzati con il massimo grado di insonorizzazione reperibile sul mercato.

L'ubicazione dell'impianto permetterà di avere una adeguata distanza dai padiglioni dell'ospedale (più di 50 metri) ed una schermatura acustica su alcune frequenze, data dalla centrale tecnologica.

La torre evaporativa verrà poi, come detto, installata nell'area di pertinenza degli attuali gruppi frigo, già oggetto di intervento di mitigazione acustica tramite installazione di pannellatura fonoassorbente al fine di mitigare l'impatto verso i ricettori circostanti.

Una analisi dettagliata dell'impatto acustico è riportata in allegato (rif. DR04).

6.3. Emissioni di gas serra

L'intervento risulta inserito nel contesto della programmazione energetica su scala nazionale ed europea che, in derivazione dagli accordi di Kyoto, promuove la realizzazione di impianti di produzione energetica che permettano la riduzione delle emissioni di gas serra in atmosfera.

Data la peculiarità di impianti di questo tipo a concorrere al raggiungimento degli obiettivi di Kyoto, esso avrà diritto al rilascio da parte del GSE dei Titoli di Efficienza Energetica (Certificati Bianchi) secondo il Decreto Ministeriale 5 Settembre 2011 e come definiti dal D.Lgs. 115/2008.

In base all'energia primaria che sarà risparmiata grazie alla realizzazione dell'impianto di trigenerazione rispetto all'attuale sistema di produzione di energia termica, elettrica e frigorifera separate, si può stimare il **risparmio annuo** di *CO₂ emessa* e di *tonnellate equivalenti di petrolio*, secondo la tabellina seguente:

Calcolo CO ₂				
			CO2 prodotta ante-operam	CO2 prodotta post-operam
k metano per acqua calda	kg CO2/Nm3	1,928	1.040,3 t CO2	2.064,28 t CO2
k elettrico	kg CO2/kWh	0,449	3.724,7 t CO2	2.071,37 t CO2
			4.765,0 t CO2	4.135,7 t CO2
risparmio co2		629	t/anno	

Calcolo T.E.P.				
			TEP prodotti ante-operam	TEP prodotti post-operam
k metano	TEP/Nm3	0,000819672	442,3 tep	877,6 tep
k elettrico	TEP/kWh	0,000229991	1907,9 tep	1061,0 tep
			2.350,2 tep	1.938,6 tep
risparmio TEP		412	tep/anno	

Tecnologie di contenimento delle emissioni inquinanti

Per il contenimento delle emissioni inquinanti il gruppo elettrogeno GE JENBACHER JMS 312 GS-N.L si avvale di differenti tecnologie. La prima riguarda la prevenzione della formazione di sostanze inquinanti mediante un sistema di regolazione della combustione, denominato Leanox.

Il monossido di carbonio viene invece abbattuto all'interno di un catalizzatore ossidante prima del rilascio in atmosfera dei fumi.

Il sistema di regolazione Leanox, sviluppato e brevettato dalla Jenbacher Energiesystem, si basa sulla combustione magra della miscela gas-aria di alimentazione del motore e consiste nel mantenimento in camera di combustione di un eccesso di aria comburente ($\lambda = 1,90/2,10$) tale da limitare le emissioni entro i limiti per NOx (< 250 mg/Nm3), mentre la concentrazione di CO è mantenuta a ca. 1.000 mg/Nm3. Un segnale proveniente dal generatore indica al regolatore la potenza meccanica istantanea, mentre un trasduttore di pressione e di temperatura comunicano al regolatore la quantità di miscela necessaria alla combustione.

Il regolatore Leanox è quindi in grado di modulare tramite una valvola motorizzata la quantità d'aria in ingresso per mantenere una finestra λ compresa tra 1,90-2,10 dove le concentrazioni inquinanti sono ridotte al minimo. Tale regolazione viene sempre mantenuta nella fascia di potenza di utilizzo del modulo di cogenerazione (50÷100%). Qualora il motore dovesse iniziare a perdere colpi per mancata accensione della miscela troppo magra, interverrebbe un sistema di controllo ad arricchire la miscela al superamento di 4 colpi nell'arco di 12".

Il regolatore Leanox si riporta poi automaticamente al valore di λ impostato.

Per rendere idoneo il motore alla combustione magra secondo il sistema Leanox sono state date una funzionale configurazione della camera di combustione e del cielo del pistone, un sistema di accensione particolarmente efficiente e candele appositamente studiate e un circuito di raffreddamento della miscela di combustione particolare.

La regolazione è attiva nel range di funzionamento operativo: 50÷100 % del carico nominale dove una variazione di potenza del gruppo provoca una variazione di pressione che viene acquisita dal sistema ed utilizzata per la gestione della valvola di regolazione del gas così come il controllo della temperatura che determina un arricchimento della miscela se si registra una diminuzione o viceversa uno smagrimiento se si verifica un aumento.

Il sistema è retroazionato dal controllo di eventuali mancate accensioni, determinate da miscela troppo magra (quattro mancate accensioni in dodici secondi) che provvede ad arricchire la miscela. Il sistema di regolazione Leanox garantisce quindi la regolazione automatica del rapporto aria/combustibile.

I prodotti di combustione vengono quindi inviati ad un catalizzatore ossidante che riduce l'ossido di carbonio (CO) e gli idrocarburi incombusti (HC).

La superficie attiva catalitica è composta da γ -Allumina (γ - Al_2O_3) impregnata con platino e palladio. L' γ -Allumina impregnata viene depositata, tramite uno speciale procedimento, su di un supporto metallico a nido d'ape.

Le sostanze nocive (CO, HC) contenute nei gas di scarico reagiscono chimicamente all'interno del supporto impregnato, trasformandosi in anidride carbonica e vapore acqueo. Il catalizzatore ossidante assicura ottimi abbattimenti e permette di ridurre la concentrazione di CO entro i limiti previsti dalla normativa vigente (< 300 mg/Nm³)

La reazione catalitica viene agevolata dalla temperatura. Il catalizzatore DC funziona correttamente quando la temperatura dei gas di scarico si mantiene superiore ai 300 °C, condizione soddisfatta dal fatto che i gas di scarico si manterranno in un intervallo compreso tra i 362 °C al 100% del carico e 436 °C al 50% del carico. La temperatura non deve però superare i 732 °C per lungo tempo, fattore assicurato dal fatto che la temperatura dei gas di scarico, anche a carico parzializzato non supera i 436 °C al 50% del carico. La sua durata è prevista in ca. 10.000 ore a pieno carico ed è funzione delle sostanze inquinanti presenti nel gas. Qualora sussistano condizioni particolari per il mancato contenimento delle emissioni inquinanti, es. regolazione Leanox in avaria, il quadro di comando del modulo di cogenerazione le indica istantaneamente tramite display alfanumerico ed è in grado di fermare l'impianto.

Tutti i valori citati sono riferiti ad una concentrazione di ossigeno del 5% nei fumi secchi e da intendersi come valore medio orario sul funzionamento del gruppo.

Per permettere il campionamento delle sostanze inquinanti è previsto un tronchetto normalizzato montato sulla linea fumi.

6.4. Produzione rifiuti

Rifiuti solidi

L'impianto produrrà un quantitativo annuo limitato di rifiuti derivanti da materiali di consumo scartati dal cambio filtri aria e olio, e candele. Secondo il calendario di manutenzione i primi vanno sostituiti ogni 1.500 ore, le 12 candele ogni 6.000 ore. La produzione di rifiuti solidi prevista di 700-1000 kg/anno che saranno smaltiti in impianti autorizzati secondo le normative vigenti.

Rifiuti liquidi

Olio lubrificante

L'olio di lubrificazione del motore sarà contenuto nella coppa del motore e nel serbatoio interno al container, della capacità di 150 l.

La produzione di olio lubrificante esausto è prevista al massimo in circa 2.000 l/anno e verrà smaltita secondo le disposizioni relative al funzionamento del consorzio obbligatorio oli usati (art. 11 del D.lgs 95/92).

7. CALCOLO PRIMARY ENERGY SAVING (PES)

Al fine di dimostrare il rispetto della condizione di Cogenerazione ad Alto Rendimento (CAR) è necessario fare riferimento ai criteri validi a partire dal 1° gennaio 2011, indicati nell' Allegato III del DM 4 agosto 2011 che sostituisce l'Allegato III del D.Lgs 8 febbraio 2007, n.20.

Più precisamente, al fine di dimostrare che una data unità di cogenerazione funzioni in regime CAR, occorre dimostrare che la stessa consenta di ottenere un risparmio di energia primaria (PES) rispetto alla produzione separata.

Nei successivi paragrafi si illustrano le modalità calcolo del rendimento globale dell'unità di cogenerazione e del parametro PES.

7.1. Calcolo del rendimento globale dell'unità di cogenerazione

Al fine di valutare se una determinata unità di cogenerazione operi in assetto cogenerativo, occorre innanzitutto calcolarne il rendimento globale, i cui parametri fondamentali sono i seguenti:

- energia di alimentazione consumata dall'unità di cogenerazione ($F_{UNITÀ}$)
- energia elettrica lorda prodotta dall'unità di cogenerazione ($E_{UNITÀ}$)
- calore utile prodotto dall'unità di cogenerazione (H_{CHP})

Considerando gli attuali profili di consumo elettrico e termico dell'Ospedale di Città di Castello, si prevede lo sfruttamento totale sia dell'energia elettrica che termica rese disponibili dall'impianto di cogenerazione; pertanto i parametri sopra menzionati assumono i seguenti valori:

- $F_{UNITÀ} = 1365 \text{ kWh}$
- $E_{UNITÀ} = 530 \text{ kWe}$
- $H_{CHP} = 623 \text{ kW}$

Sulla base della quantificazione del valore di tali parametri è possibile calcolare il rendimento globale dell'unità di cogenerazione, così come indicato nell'Allegato II del DM 4 agosto 2011 e secondo la seguente formula:

$$\eta_{globale} = \frac{E_{UNITÀ} + H_{CHP}}{F_{UNITÀ}} = \frac{530 + 623}{1365} = 0,84 \quad [1]$$

Al fine di valutare se tutta l'energia elettrica prodotta dall'unità di cogenerazione sia prodotta in assetto cogenerativo, il valore ottenuto viene confrontato con i valori di soglia indicati all'Allegato II del DM 4 agosto 2011 e riproposti in tabella.

N.	Tecnologie di cogenerazione oggetto del DM 4 agosto 2011 (Allegato I)	$\eta_{\text{globale,soglia}}$
1	Turbina a gas a ciclo combinato con recupero di calore (con turbina a vapore a contropressione)	80%
2	Turbina a gas a ciclo combinato con recupero di calore (con turbina a condensazione con estrazione di vapore)	80%
3	Turbina a vapore a contropressione	75%
4	Turbina a condensazione con estrazione di vapore	80%
5	Turbina a gas con recupero di calore	75%
6	Motore a combustione interna	75%
7	Microturbina	75%
8	Motore Stirling	75%
9	Pila a combustibile	75%
10	Motore a vapore	75%
11	Ciclo Rankine a fluido organico	75%
12	Ogni altro tipo di tecnologia o combinazione di tecnologie che rientrano nelle definizioni di cui all'articolo 2, lettera a) del decreto legislativo 8 febbraio 2007, n.20	75%

Valore del rendimento globale soglia differenziato in base alla tecnologia dell'unità di cogenerazione.

Si ottiene pertanto:

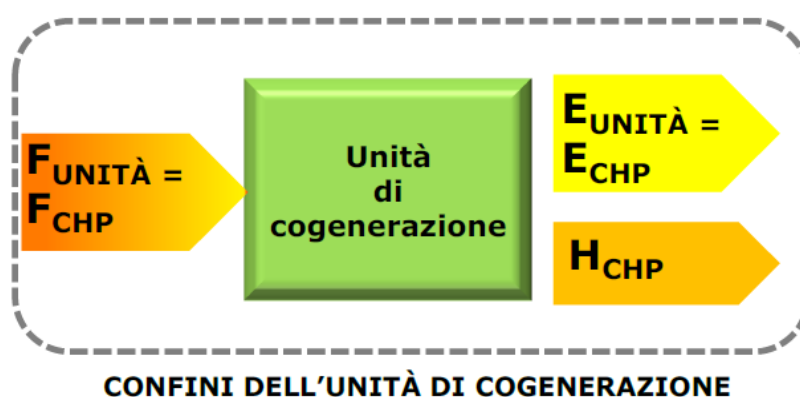
$$\eta_{\text{globale unità}} > \eta_{\text{globale,soglia}}$$

Poiché il rendimento dell'unità di cogenerazione risulta superiore al rendimento soglia, si desume che la produzione di energia elettrica avviene unicamente in assetto cogenerativo.

Pertanto, le grandezze fondamentali per il calcolo del PES (E_{CHP}, H_{CHP}, F_{CHP}) verranno identificate come di seguito:

$$E_{\text{CHP}} = E_{\text{UNITÀ}}$$

$$F_{\text{CHP}} = F_{\text{UNITÀ}}$$



Confini dell'unità di cogenerazione nel caso di $\eta_{\text{globale,unità}} > \eta_{\text{globale,soglia}}$

7.2. Calcolo del Risparmio di energia primaria (PES) e verifica del riconoscimento CAR

Mediante la formula del calcolo del PES [2] è possibile quantificare, a parità di output (EHP e HCHP), il risparmio ottenibile in termini di input (energia di alimentazione) dalla produzione combinata degli output, rispetto alla loro potenziale produzione separata, realizzata mediante impianti operanti con rendimenti assunti pari a $RefH\eta$ (produzione separata di calore) e $RefE\eta$ (produzione separata di energia elettrica).

$$PES = \left(1 - \frac{1}{\frac{CHPH\eta}{RefH\eta} + \frac{CHPE\eta}{RefE\eta}} \right) * 100\% \quad [2]$$

dove:

$$CHPH\eta = \frac{H_{CHP}}{F_{CHP}} = \frac{623}{1365} = 0,45$$

$$CHPE\eta = \frac{E_{CHP}}{F_{CHP}} = \frac{530}{1365} = 0,39$$

$RefH\eta$ = rendimento di riferimento per la produzione separata di calore

$RefE\eta$ = rendimento di riferimento per la produzione separata di energia elettrica

Di conseguenza, il valore del parametro PES nel caso in oggetto assume il seguente valore:

$$PES = \left(1 - \frac{1}{\frac{CHPH\eta}{RefH\eta} + \frac{CHPE\eta}{RefE\eta}} \right) * 100\% = \left(1 - \frac{1}{\frac{0,45}{0,90} + \frac{0,39}{0,49}} \right) * 100\% = (1 - 0,77) * 100\% = 0,22\%$$

Essendo verificata la condizione prevista nella Direttiva Europea 2004/8/CE:

$$PES = 0,22 > PES_{min}$$

dove $PES_{min} > 0$ per impianti con potenze installate minori di 1 MWe

l'impianto può essere considerato COGENERATIVO AD ALTO RENDIMENTO.

Risulta pertanto dimostrato il rispetto della condizione CAR come indicato nell'Allegato III del DM 4 agosto 2011.

8. CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI

Il cronoprogramma indicativo sulle tempistiche di esecuzione del cantiere divise per tipologia di lavorazione è di seguito riportato.

TIPOLOGIA LAVORAZIONE	SETTIMANA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sistemazione area e preparazione cantiere										
Posizionamento macro-componenti										
Opere termo-meccaniche										
Opere elettriche										
Collaudi										
Avviamento										