

Progetto

CENTRO COMMERCIALE “ZERO CENTER” (TV)

Scheda tecnica Impianto Tecnologico

1. Caratteristiche principali dell'intervento

Il complesso commerciale sarà articolato su più fabbricati, anche in corpi separati, per una volumetria sviluppata complessiva di circa 124.000 mc.

Le utenze saranno costituite da unità commerciali indipendenti (galleria commerciale) equipaggiate con propri impianti di condizionamento estivo ed invernale.

2. Struttura Tecnologica di produzione e distribuzione fluidi

Il complesso sarà dotato di una centrale termo-frigorifera equipaggiata con l'impiantistica necessaria alla produzione ed al relativo dispacciamento sino alle unità di contabilizzazione delle singole utenze commerciali, dei fluidi termovettori (acqua calda ed acqua refrigerata) necessari per la climatizzazione degli ambienti.

Lo schema distributivo generale, valido per tutte le utenze, sarà del tipo a 4 tubi, ovvero con circuiti separati per la fornitura di fluido termovettore caldo e refrigerato.

La quantità di energia termica e frigorifera che saranno prodotte per soddisfare i fabbisogni di riscaldamento e condizionamento degli ambienti nelle attività commerciali si attesteranno sui seguenti valori:

-  Energia termica : 900.000 kWh/anno
-  Energia frigorifera : 2.400.000 kWh/anno

Oltre a quanto sopra grazie all'installazione di un Cogeneratore elettrico, a gas metano di rete e di capacità pari a 200 kW(e), si avrà una produzione per autoconsumo stimata in:

-  Energia elettrica : 860.000 kWh/anno

L'energia termica reflua derivata dal funzionamento del Cogeneratore elettrico, pari a:

-  Energia termica reflua : 1.247.000 kWh/anno

Sarà riversata nella rete distributiva calda alle utenze durante la stagione invernale e sarà impiegata per la produzione di acqua refrigerata, tramite un idoneo assorbitore a BrLt, durante la stagione estiva.

In particolare le singole sezioni produttive saranno così strutturate:

2.1 Produzione di acqua calda per usi di riscaldamento invernale

La centrale termica sarà composta dalle seguenti apparecchiature:

(Tabella 2.1)

Quantità, tipologia e caratteristiche delle apparecchiature	Potenza resa all'acqua
Nr.3 Generatori di calore a condensazione, alimentati con gas metano di rete, potenza nominale unitaria 800 kW(t)	2.400 kW(t)
Nr.1 Generatore di calore ad alta temperatura, alimentato con pellet da legno, potenza nominale 300 kW(t)	300 kW(t)
Nr.1 Cogeneratore elettrico, con motore endotermico a gas metano di rete, potenza (♣) 290 kW(t)	290 kW(t)
Complessivamente Potenza Totale	2.990 kW(t)

(♣) Potenza termica intesa come reflujo di calore (Raffreddamento testata cilindri e recupero sui fumi di combustione) recuperabile durante il funzionamento a piena potenza dal motore endotermico accoppiato al generatore elettrico Pn = 200 kW(e).

In termini di affidabilità d'impianto preme evidenziare che la potenza complessivamente installata con i 3 generatori di calore a condensazione da 800 kW(t)/cad corrisponde al massimo fabbisogno energetico dell'insieme delle utenze.

La presenza degli ulteriori generatori (Pellet e Cogeneratore elettrico) garantiranno in ogni caso un'adeguata scorta di potenza anche i caso di avaria grave di uno dei generatori principali a condensazione.

Non è prevista la produzione di acqua calda per usi igienico sanitaria nelle centrali tecnologiche.

Per quanto attiene alla selezione delle apparecchiature è stato privilegiato l'impiego di quelle caratterizzate dalle maggiori performances reperibili sul mercato, in particolare:

2.1.1 Generatori di calore a condensazione

Il corpo caldaia sarà in acciaio inox stabilizzato al titanio (AISI 316 TI) per garantire maggiore disponibilità operativa, intesa come frazione della durata di buona condizione funzionale dell'apparecchiatura sul tempo totale di vita dell'impianto.

Il bruciatore di gas metano abbinato sarà del tipo a modulazione continua di potenza, tale da garantire nel tempo e senza pendolamenti i fabbisogni del complesso di utenze.

Le caratteristiche costruttive dello stesso bruciatore consentiranno una riduzione dei consumi elettrici pari a circa il 20% rispetto a quelli standard ed inoltre si avrà una emissione di inquinanti da combustione inferiore ai limiti minimi previsti dalla normativa europea ($\text{NO}_x < 80 \text{ mg/kWh}$).

Il rendimento termico del generatore sarà superiore al 107% ($P_{\text{max}}/T_{40^\circ-30^\circ\text{C}}$).

2.1.2 Generatore di calore a pellet di legno

Il corpo caldaia sarà in acciaio e refrattario; l'alimentazione del combustibile sarà automatica, così come lo scarico ed accumulo delle ceneri.





Il generatore sarà controllato da una centralina dotata di microprocessore che gestirà l'erogazione di potenza in maniera modulante (25 ÷ 100%) e garantirà un livello di emissioni inquinanti in atmosfera conforme alle vigenti norme in materia (D.P.C.M. 08/03/2002).

Il rendimento termico del generatore sarà superiore al 93% ($P_{\text{max}}/T_{80^\circ\text{C}}$).

2.1.3 Cogeneratore elettrico

Trattasi di un complesso autonomo e prefabbricato per la produzione di energia elettrica per autoconsumo e per immissione in rete, costituito da un motore endotermico a ciclo otto direttamente accoppiato ad un generatore di corrente alternata; l'alimentazione del motore endotermico sarà a gas metano di rete; un complesso di regolazione con microprocessore gestirà e garantirà il funzionamento ottimale della macchina.

Per quanto attiene alle caratteristiche specifiche, l'apparecchiatura sarà caratterizzata da:

 Potenza in ingresso al motore (Gas metano di rete)	: 553 kW
 Potenza in uscita al generatore elettrico	: 200 kW(e)
 Potenza termica di risulta in uscita	: 290 kW
 Rendimento complessivo di macchina	: 88%

Il funzionamento del cogeneratore coprirà interamente i consumi elettrici durante il periodo invernale ed in parte durante il periodo estivo.

2.2 Produzione di acqua refrigerata per usi di condizionamento estivo

La centrale in esame nel suo complesso sarà in grado di garantire alla rete distributiva una potenza massima pari a 4.840 kW frigoriferi resi all'acqua così ripartiti:

(Tabella 2.2)

Quantità, tipologia e caratteristiche delle apparecchiature	Potenza resa all'acqua
Nr.3 Gruppi refrigeratori d'acqua condensati con acqua di torre, con compressori a vite di gas R134a ed alimentati ad energia elettrica, potenza nominale unitaria 1.550 kW(f)	4.650 kW(f)
Nr.1 Gruppo refrigeratore d'acqua condensato con acqua di torre, ad assorbimento con BrLi ed alimentato ad acqua calda dal cogeneratore, potenza nominale unitaria (♣) 190 kW(f)	190 kW(f)
Complessivamente Potenza Totale	4.840 kW(f)

(♣) Potenza frigorifera ottenibile con l'impiego del calore refluo recuperato esclusivamente dal cogeneratore elettrico durante la stagione estiva.

Anche in questo caso è stato privilegiato l'impiego di apparecchiature caratterizzate dalle maggiori performances reperibili sul mercato, in particolare:

2.2.1 Gruppi refrigeratori d'acqua condensati ad acqua di torre

Saranno equipaggiati ciascuno con due compressori a vite birotori a gas R134a; ogni macchina disporrà quindi di due circuiti di gas indipendenti, per un totale di 6 circuiti.

La capacità di modulazione della potenza erogata da ciascun compressore sarà compresa tra il 20% ed il 100%; ne consegue che ogni gruppo frigorifero sarà quindi in grado di modulare l'erogazione della potenza dal 10% al 100%.

Quanto sopra si rifletterà sul complesso dei 3 gruppi refrigeratori che saranno quindi in grado di erogare potenza frigorifera in un campo di modulazione tra il 3% ed il 100%.

L'efficienza energetica dei singoli gruppi frigoriferi, intesa come il rapporto tra l'energia elettrica in ingresso e l'energia frigorifera erogata (kW/kW valore adimensionale), in condizioni standard di esercizio si attesterà sul valore di 6,05.

In altre parole per ogni kW elettrico in ingresso alla macchina, sarà possibile produrre 6,05 kW frigoriferi alle condizioni di massimo carico nominale e di temperatura standard (Acqua refrigerata 7°C-12°C / Acqua di condensazione 30°C-35°C).

La corrispondente efficienza energetica stagionale, calcolata sulla base dell'andamento del fabbisogno delle utenze e della temperatura dell'acqua di condensazione, si attesterà sul valore di 7,60.

2.2.2 Torri evaporative con ventilatori assiali

Saranno equipaggiate con motori elettrici controllati da inverter; sarà quindi possibile modulare in continuo la portata d'aria trattata per garantire la massima efficienza del sistema di condensazione.

In ragione delle caratteristiche costruttive, quali l'aspirazione dell'aria su due lati ed i ventilatori assiali con pale a profilo alare, la potenza elettrica impegnata dai motori (2 x 30 kW) risulterà molto ridotta, nell'ordine dell'1%, rispetto alla potenza complessiva di smaltimento (oltre 6.000 kW).

2.2.3 Gruppo refrigeratore d'acqua ad assorbimento

Sarà del tipo a Bromuro di Litio (BrLi) e verrà alimentato esclusivamente dal calore refluo recuperabile dal funzionamento del cogeneratore elettrico durante la stagione estiva nella quale tale energia termica dovrebbe essere dissipata in ragione dei modesti fabbisogni dell'insieme delle utenze.

Il rendimento termico della macchina, inteso come rapporto tra l'energia termica immessa e l'energia frigorifera prodotta (kW/kW valore adimensionale), in condizioni standard di esercizio si attesterà sul valore di 0,65.

2.3 Rete distributiva dei fluidi termovettori alle utenze

Allo scopo di massimizzare la resa energetica dei sistemi di produzione dell'energia termica e frigorifera si è intervenuti anche sui complessi accessori oltre che sulle reti distributive e sui relativi sistemi di pompaggio:

2.3.1 Ottimizzazione della temperatura dell'acqua di condensazione

Come noto l'abbassamento di temperatura dell'acqua di condensazione determina un aumento dell'efficienza energetica (EER) del gruppo refrigeratore.

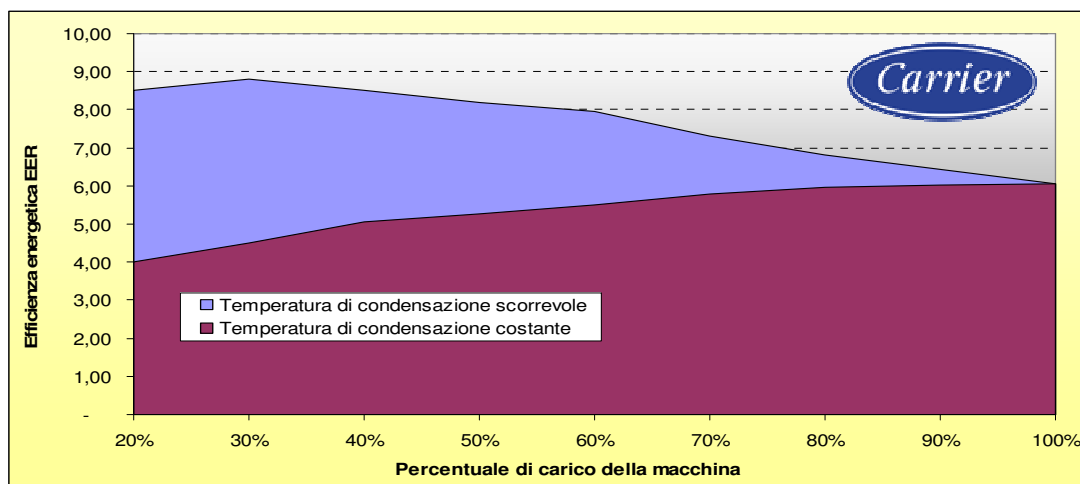
Ponendo la temperatura dell'acqua refrigerata in uscita dall'evaporatore costante a 7°C, la riduzione della temperatura dell'acqua di torre riduce la differenza di pressione tra evaporatore e condensatore diminuendo il carico del compressore e quindi l'assorbimento elettrico a parità di potenza frigorifera erogata all'impianto. Il controllo a punto fisso della temperatura dell'acqua di torre a 30°C, così come previsto negli standard progettuali più diffusi, è quindi limitativo in quanto non sfrutta il suddetto principio di riduzione del carico sul compressore.

Negli impianti di condizionamento dove la portata d'aria di rinnovo è rilevante, l'esempio tipico è rappresentato dai centri commerciali, la diminuzione della temperatura esterna si traduce in maniera quasi lineare con una riduzione del fabbisogno frigorifero, ovvero del fattore di carico (elettrico) del gruppo(i) refrigeratore(i).

È stato quindi previsto di diminuire la temperatura dell'acqua di condensazione, proporzionalmente alla temperatura esterna, dai 30°C corrispondenti alla max temperatura dell'aria esterna (35°C) fino al limite minimo indicato dal fornitore in 18°C (T.ext 22°C).

Per meglio comprendere l'entità del beneficio in termini di minore assorbimento elettrico, ovvero aumento dell'efficienza (EER), riportiamo il seguente grafico di confronto:

(Tabella 2.3.1)



Appare evidente che al diminuire del fabbisogno frigorifero delle utenze conseguente al calare della temperatura esterna, ovvero dell'acqua di condensazione, l'aumento di efficienza energetica diventi molto rilevante soprattutto nel campo di maggiore utilizzo stagionale dei gruppi refrigeratori d'acqua, statisticamente individuato tra il 25% ed il 75%.

In particolare quindi, con l'impiego della temperatura di torre scorrevole, risulta possibile raggiungere punte di efficienza energetica EER pari al 100% (Assorbimento elettrico -50%) in più rispetto ad un utilizzo standard con temperatura di torre fissa.

2.3.2 Impiego sistematico di motori elettrici ad alta efficienza (hem)

Per contenere i consumi energetici e migliorare l'efficienza complessiva del sistema, in linea con le recenti linee dettate dalle norme nazionali ed europee, le torri evaporative e tutte le elettropompe saranno equipaggiate con motori industriali ad alta efficienza "HEM" (High Efficiency Motor) di classe **EFF1**.

In media il motore in classe EFF1, rispetto ad un motore standard (EFF2 / EFF3), riduce le perdite di energia dovute agli attriti ed all'effetto joule negli avvolgimenti, fino al **40%**.

La riduzione delle perdite di energia e dei surriscaldamenti determina inoltre temperature di funzionamento più basse per le quali il motore ha un'aspettativa di vita più lunga e necessita di ventole per il raffreddamento più piccole che contribuiscono ulteriormente al risparmio energetico.

2.3.3 Distribuzione fluidi a portata variabile

L'energia impiegata dalle elettropompe per veicolare il fluido termovettore alle utenze è direttamente proporzionale alla portata dello stesso che è normalmente espresso in litri/ora.

Il sistema di distribuzione solitamente utilizzato si basa sull'impiego di valvole di regolazione sui terminali del tipo servocomandato a 3 vie e realizza di fatto una portata costante di fluido termovettore nel circuito distributivo; in altre parole la quantità di acqua calda (o refrigerata) veicolata nella rete principale rimane costante al variare del fabbisogno energetico delle utenze, ovvero al variare della porzione di fluido effettivamente utilizzato.

Ne consegue che le elettropompe impiegate, in questo caso del tipo a velocità costante, assorbono tutta la potenza nominale che le caratterizza in maniera continuativa per ogni ora di funzionamento della sezione di impianto servita (estiva o invernale).

Diversamente con l'adozione delle valvole di regolazione sui terminali del tipo servocomandato a 2 vie è possibile adeguare la portata del fluido termovettore in circolo nella rete distributiva in maniera proporzionale ai fabbisogni termici delle singole utenze.

Tale soluzione comporta inoltre l'utilizzo di elettropompe a portata e prevalenza variabile, controllate da inverter in maniera da adeguare istantaneamente e continuativamente le proprie caratteristiche idrauliche alle reali esigenze del sistema.

A livello pratico è stato rilevato che una diminuzione del **20%** della velocità di rotazione di una elettropompa consente una riduzione dei consumi elettrici nell'ordine del **40-45%**.

L'utilizzo dell'inverter nel controllo della velocità di rotazione di un motore elettrico consente inoltre una correzione del fattore di potenza della macchina che passa da circa **0,8** a **0,95** contribuendo alla riduzione dell'energia reattiva del sistema degli utilizzatori elettrici.

Preme inoltre segnalare che ai fini inoltre del contenimento delle emissioni acustiche il sistema di controllo ad inverter provvederà, in alternativa all'arresto sequenziale delle singole elettropompe, ad una riduzione proporzionale della velocità di rotazione dei relativi motori tale da limitare, per quanto possibile, la pressione sonora nell'area circostante.

2.3.4 Ottimizzazione del salto termico dei fluidi termovettori distribuiti

Richiamato che l'energia impiegata dalle elettropompe per veicolare il fluido termovettore alle utenze è direttamente proporzionale alla portata dello stesso si è inoltre proceduto ad una ottimizzazione (Intesa come ampliamento) relativa in particolare al salto termico del fluido termovettore caldo distribuito.

In effetti, superando la tendenza generale nell'utilizzo di salti termici compresi tra 10°C e 15°C, è stato fissato un salto termico pari a 20°C sulla scorta del quale i singoli utenti hanno dimensionato le proprie apparecchiature di climatizzazione.

Considerata la relazione di proporzionalità tra energia per distribuzione e portata del fluido, e tra quest'ultima ed il salto termico, sarà quindi possibile conseguire risparmi nei consumi di energia elettrica tra il **25%** ed il **50%**.

Per quanto attiene diversamente alla rete distributiva acqua refrigerata, previo confronto con i progettisti incaricati dai diversi utenti, fatto salvo un salto termico standard di 5°C è stato stabilito che la temperatura di mandata possa scorrere dagli usuali 7°C fino a 8°C così da compensare eventuali repentine (e brevi) richieste energetiche ed evitare frequenti ripartenze delle apparecchiature di centrale frigorifera.

Preme inoltre segnalare che la riduzione dei volumi di fluido termovettore veicolati alle utenze determina una sostanziale riduzione del diametro delle tubazioni che a sua volta corrisponde ad una riduzione delle superfici disperdenti e quindi ad una minore dispersione energetica in ambiente (Perdite di energia sulle linee distributive).

2.3.5 Riduzione della temperatura del fluido termovettore caldo

Per ridurre le dispersioni termiche della rete distributiva fluidi e massimizzare il fenomeno della condensazione nei generatori di calore è stato fissato che la temperatura di mandata dell'acqua calda durante la stagione invernale possa scorrere nell'intervallo 50°C ÷ 85°C.

Come accennato al paragrafo precedente le perdite di energia sulle linee distributive rappresentano un capitolo rilevante (Rendimento di distribuzione) nell'ambito del rendimento complessivo d'impianto (Prodotto dei rendimenti delle diverse sezioni che lo compongono) e sono direttamente proporzionali alla differenza di temperatura tra il fluido veicolato e l'ambiente esterno.

Ne consegue che quanto più bassa sia la temperatura dell'acqua calda nelle tubazioni, tanto minori siano le dispersioni di linea durante la stagione invernale.

La scelta effettuata è inoltre conseguente alle caratteristiche tecniche dei diversi sistemi di generazione del calore presenti in centrale, che riepiloghiamo:

(Tabella 2.3.5)

Tipologia dei generatori di calore previsti	Temperatura caratteristica
Nr.3 Generatori di calore a condensazione, a gas metano	60°C ÷ 40°C
Nr.1 Generatore di calore a tubi di fumo, a pellet	85°C ÷ 70°C
Nr.1 Cogeneratore elettrico, a gas metano	85°C ÷ 70°C

E' evidente che in piena stagione termica, durante la quale i generatori di calore a condensazione dovranno coprire la maggiore richiesta di potenza, sarà conveniente ridurre al valore minimo la temperatura di mandata pur mantenendo il salto termico a 20°C.

Per contro nelle stagioni intermedie la capacità termica dei restanti generatori, pur se limitata rispetto alle potenzialità d'impianto, sarà in grado di soddisfare autonomamente i minori fabbisogni delle utenze con una modesta riduzione del salto termico e con un incremento (caratteristico delle apparecchiature) della temperatura di erogazione.

2.3.6 Ridondanza delle reti distributive fluidi

Sempre nell'ottica di massimizzare i risparmi energetici si è proceduto ad un dimensionamento oculato delle reti distributive dei fluidi che peraltro risultano molto estese.

In effetti l'energia elettrica di pompaggio, oltre al volume del fluido veicolato, è proporzionale anche alle perdite di carico che il fluido stesso genera lungo le tubazioni, o più precisamente alla velocità con la quale esso le percorre.

Fermo restando quindi la lunghezza delle tubazioni, sulla quale non è oggettivamente possibile intervenire, si è proceduto ad un sovradimensionamento tale da limitare la velocità del fluido nelle tubazioni e di conseguenza contenere il valore di perdita di carico lineare nell'ordine del **50%** in meno rispetto al valore normalmente utilizzato negli standard progettuali; il che evidentemente si tradurrà in un risparmio energetico.

2.4 Utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia

La presenza di apparecchiature che impiegano fonti rinnovabili di energia consentirà un rilevante contenimento delle emissioni di CO₂ in atmosfera, così valutabile:

2.4.1 Generatori di calore a pellet di legno

Stante la volontà di utilizzare con maggiore frequenza fonti di energia rinnovabile avrà priorità (1) rispetto ai restanti generatori; è quindi ragionevole ipotizzare che possa funzionare per almeno 150 gg alla massima potenza e per un minimo di 10 ore/gg, garantendo una produzione di:

⚡ Energia termica da pellet : 450.000 kWh/anno

Come noto il bilancio emissivo (♥) di CO₂ della combustione di legno è pari a 0 (zero).

E' altrettanto noto che la combustione di gas metano per produzione di energia termica generi una emissione di CO₂ in atmosfera pari a 0,205 kg/kWh (CO₂ factor).

Ne consegue che la minore emissione di CO₂ in atmosfera sia quantificabile in:

⚡ Minore emissione di CO₂ : 0,205 kg/kWh x 450.000 kWh = 92.250 kg/anno

(♥) Per brevità è stato considerato che le emissioni di CO₂ derivate dal trasporto del Pellet dal luogo di produzione a quello di utilizzazione possano essere considerate equivalenti, e quindi si annullino, rispetto a quelle conseguenti al dispacciamento del gas metano (Compressione, pompaggio, ecc..).

La quantità di Pellet che, con buona approssimazione, è possibile stimare verrà impiegata per la produzione energetica sopra indicata sarà nell'ordine di 180 Tonnellate/anno.

2.4.2 Cogeneratore elettrico alimentato a gas metano

Vista l'opportunità di produrre energia elettrica per autoconsumo (Pompaggi, gruppi frigo, illuminazione, ecc..) con eventuale immissione in rete delle eccedenze, è stato ipotizzato che il cogeneratore elettrico possa raggiungere un monte annuo pari ad almeno 4.300 ore.

Il calore di risulta recuperabile durante il funzionamento a pieno carico, pari a 200 kW(e) immessi nell'impianto, corrisponderà a 290 kW(t) che saranno così impiegati:

⚡ Stagione invernale : Immissione diretta nell'impianto di distribuzione alle utenze

⚡ Stagione estiva : Convogliamento al gruppo frigorifero ad assorbimento

Pur se l'auto produzione di energia elettrica sarà continuativa durante tutto l'anno, con un monte complessivo stimato in:

⚡ Energia elettrica prodotta : 860.000 kWh

l'apparecchiatura sarà gestita in priorità (2) rispetto al generatore a pellet di legno in ragione delle programmate operazioni di manutenzione.

Per quanto attiene alle minori emissioni di CO₂ in atmosfera derivanti dal funzionamento del Cogeneratore elettrico è possibile stimare:

⚡ Minore emissione di CO₂ : 0,450 (♦) kg/kWh x 860.000 kWh = 387.000 kg/anno

(♦) Il CO₂ factor riportato indica la quantità di minori emissioni, in valore medio riferito ad ogni kW di potenza elettrica prodotta, derivanti dal funzionamento di un cogeneratore ed intesi come risparmio relativo alla equivalente produzione di energia elettrica + termica con sistemi indipendenti e disaccoppiati (Energia elettrica da rete + Energia termica da generatore tradizionale).