

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRTECNICA

TESI DI LAUREA

**Teleriscaldamento nel comune di La Thuile:
aspetti tecnico economici**

RELATORE: Ch.mo Prof. Arturo Lorenzoni

LAUREANDO: Gabriele Basso

ANNO ACCADEMICO 2009 - 2010

Indice

Capitolo 1: Teleriscaldamento e cogenerazione a biomassa: generalità e definizioni

- 1.1 Il teleriscaldamento
- 1.2 La cogenerazione
- 1.3 Le biomasse
- 1.4 Obiettivi e vantaggi

Capitolo 2: Le biomasse

- 2.1 Caratteristiche e vantaggi
- 2.2 La biomassa in Valle d'Aosta
- 2.3 La scelta delle fonti energetiche rinnovabili a la Thuile

Capitolo 3: La Thuile, caratteristiche e dati climatici

- 3.1 Analisi del territorio
- 3.2 Dati climatici
- 3.3 Requisiti per lo sviluppo del teleriscaldamento
- 3.4 Stima della domanda termica

Capitolo 4: Descrizione della centrale di teleriscaldamento

- 4.1 Generalità di funzionamento
- 4.2 Descrizione della prima ipotesi di centrale termica
- 4.3 Descrizione dell'ipotesi attuale di centrale in fase di costruzione
- 4.4 Il turbogeneratore ORC
- 4.5 La caldaia a griglia mobile
- 4.6 Sistemi di abbattimento emissioni

Capitolo 5: La rete di distribuzione e le sottostazioni di utenza

- 5.1 Tipologie di reti
- 5.2 Descrizione della rete locale

Capitolo 6: La struttura turistica Planibel

- 6.1 Il Planibel e il teleriscaldamento
- 6.2 I consumi di combustibile
- 6.3 Le sottostazioni

Capitolo 7: Le utenze, analisi economiche

- 7.1 Parametri per il confronto tra teleriscaldamento e riscaldamento autonomo
- 7.2 Il Planibel : confronto economico tra situazione attuale e teleriscaldamento
- 7.3 Confronto tra teleriscaldamento e caldaie a condensazione
- 7.4 Confronto tra le diverse opzioni considerato il costo dell'investimento iniziale
- 7.5 Confronto economico tra geotermico e teleriscaldamento in un impianto a pannelli radianti
- 7.6 Confronto economico tra geotermico e caldaia a condensazione in un impianto a pannelli radianti
- 7.7 Confronto tra le varie opzioni in funzione della variabile costo dell'energia

Capitolo 8: Analisi ambientale

- 8.1 L'inventario delle emissioni del Comune di La Thuile
- 8.2 Emissioni dovute al funzionamento dell'impianto di teleriscaldamento

Capitolo 9: Analisi economica tra sistemi di cogenerazione

- 9.1 Le diverse modalità di funzionamento
- 9.2 Considerazioni su accumulo termico e cogenerazione
- 9.3 Cogenerazione da olio vegetale
- 9.4 Cogenerazione con ORC a cippato
- 9.5 Confronto tra le varie opzioni

Capitolo 1

Teleriscaldamento e cogenerazione a biomassa: generalità e definizioni

1.1 Il Teleriscaldamento

Nel glossario dell’Autorità per l’Energia Elettrica ed il Gas si trova la seguente definizione: Teleriscaldamento: sistema di riscaldamento a distanza di un quartiere o di una città che utilizza il calore prodotto da una centrale termica, da un impianto di cogenerazione o da una sorgente geotermica. In un sistema di teleriscaldamento il calore viene distribuito agli edifici tramite una rete di tubazioni in cui fluisce l’acqua calda o il vapore.

Il termine “teleriscaldamento” evidenzia una specifica caratteristica del servizio, ossia la distanza esistente tra il punto di produzione e i punti di utilizzo del calore: il cuore del sistema è composto da una o più centrali che possono servire edifici situati anche ad alcuni chilometri di distanza collegati tramite una rete (sistema a rete).

Le componenti principali di un sistema di teleriscaldamento sono: una centrale termica, ove viene prodotto il calore, una rete di trasporto e distribuzione, costituita da speciali condotte sotterranee, e un insieme di sottocentrali. Queste ultime, situate nei singoli edifici da servire, sono costituite da scambiatori di calore, che permettono di realizzare lo scambio termico tra l’acqua della rete di teleriscaldamento (circuiti primario) e l’acqua del circuito del cliente (circuiti secondario), senza che vi sia miscelazione tra i due fluidi.

La centrale termica riscalda l’acqua, che viene distribuita ai diversi edifici attraverso la rete di distribuzione. Giunta allo scambiatore, l’acqua della rete trasferisce all’acqua dell’impianto di distribuzione interna dell’edificio il calore necessario per riscaldare gli ambienti e per la produzione di acqua calda sanitaria. Alla fine di questo processo, l’acqua, ormai raffreddata, ritorna in Centrale per essere nuovamente riscaldata.

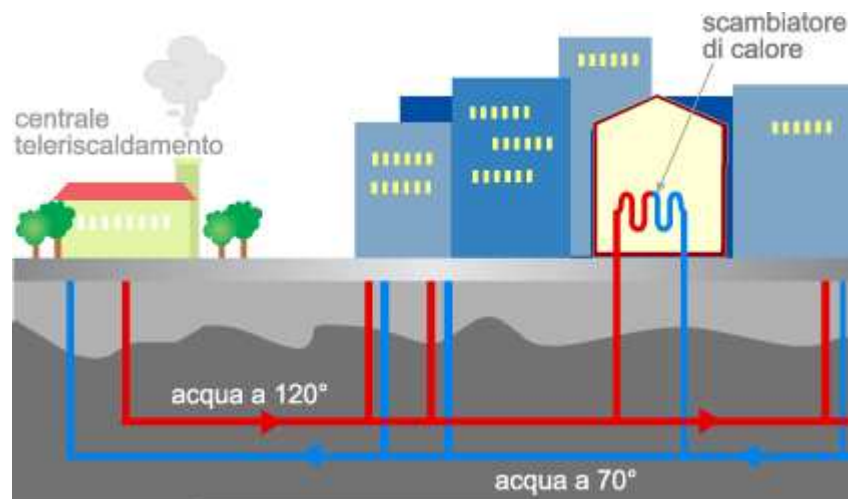


Figura 1 - Rete di teleriscaldamento

Capitolo 1

L'impianto di distribuzione interno agli edifici allacciati alla rete resta inalterato e lo scambiatore di calore sostituisce la caldaia convenzionale. Nel caso in cui allo scambiatore siano allacciate più utenze, presso ciascuna di esse è installata una apposita apparecchiatura che consente di gestire autonomamente le temperature dei locali e di registrare i relativi consumi.

L'affidabilità del servizio è elevatissima, ed è possibile applicare il sistema ad intere aree urbane, rendendolo un vero e proprio servizio pubblico, come l'acquedotto o la rete elettrica cittadina.

Perché il teleriscaldamento abbia efficacia, è necessario tuttavia individuare un'utenza concentrata in un'area ben definita, come un quartiere, un'area commerciale o industriale, un insieme di utenze pubbliche prossime tra loro (prevalentemente scuole o impianti sportivi), o loro combinazioni. La definizione in inglese del teleriscaldamento ("district heating") richiama proprio questa caratteristica di riscaldamento "distrettuale". Non è perciò consigliabile una rete di teleriscaldamento che colleghi utenze isolate e sparse, lontane tra loro.

1.2 La Cogenerazione

Affinché il teleriscaldamento sviluppi pienamente i suoi vantaggi energetici, è necessario che, per la generazione del calore, si utilizzi un sistema combinato, che produca contemporaneamente elettricità e calore. Alla produzione combinata di elettricità e calore si dà il nome di cogenerazione, e si dice sistema cogenerativo un impianto che sfrutti tale criterio.

Con questa tecnologia, infatti, la centrale è in grado di produrre energia elettrica e recuperare contemporaneamente l'energia termica che si sprigiona durante il processo termodinamico, che nelle centrali elettriche convenzionali viene disperso in atmosfera come "scarto". Pertanto, a parità di energia utile prodotta, la produzione combinata di energia elettrica e termica (cogenerazione) consente un minor consumo di combustibile, massimizzando lo sfruttamento delle risorse immesse, come illustrato nella figura.

La Figura 2 indica come per ottenere la stessa quantità di energia utile finale (35 unità di energia elettrica e 50 di calore) sia necessaria una quantità di energia primaria pari quasi a 150 nel caso di produzione separata (con rendimento elettrico medio delle centrali termoelettriche pari al 38% e rendimento medio di generazione di calore con una caldaia pari all'87%), e sia invece sufficiente una quantità di energia primaria pari a 100 nel caso della cogenerazione (rendimento totale 85%, di cui 31% come rendimento elettrico e 59% come rendimento termico).

Un possibile ulteriore sviluppo del servizio di teleriscaldamento è costituito dal servizio di raffrescamento estivo; un sistema di questo tipo, che produce contemporaneamente energia elettrica e calore in inverno, ed energia elettrica e freddo in estate, viene chiamato "sistema a trigenerazione".

Teleriscaldamento e cogenerazione a biomassa: generalità e definizioni

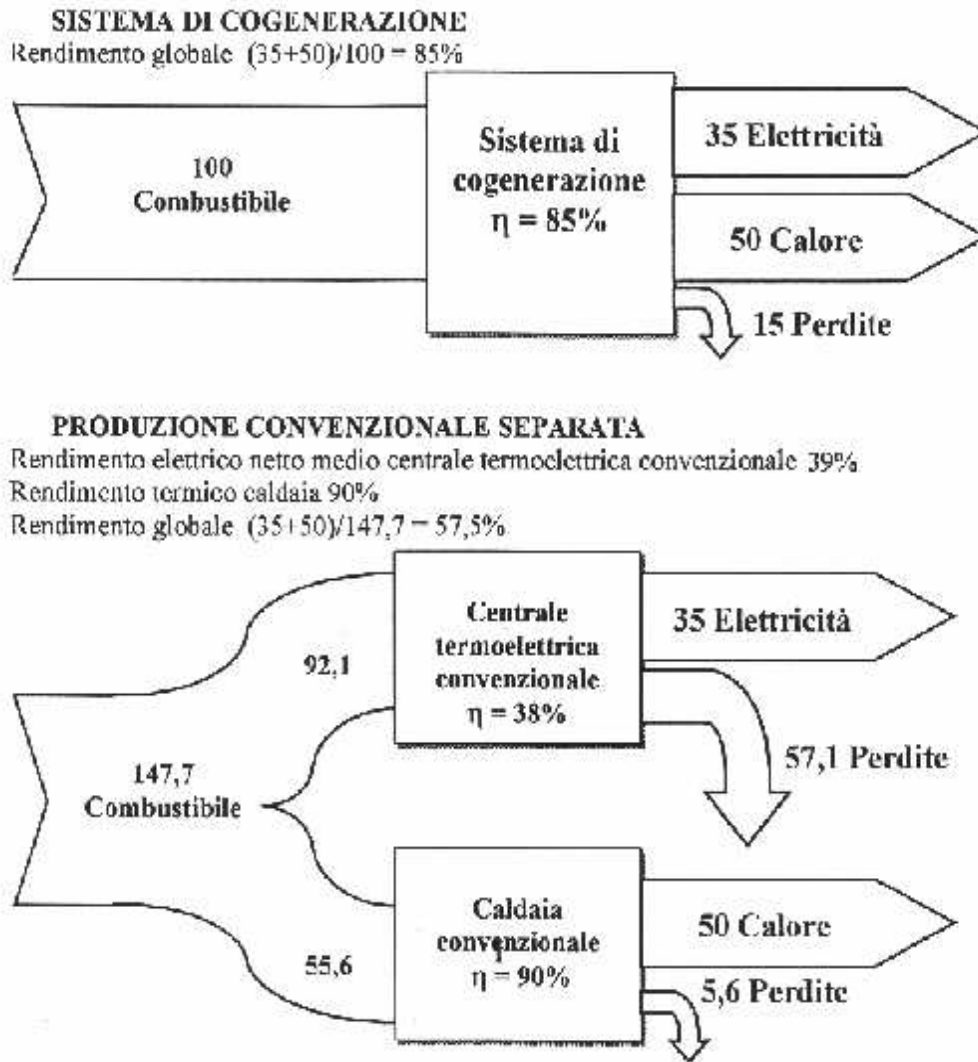


Figura 2 – Bilancio energetico cogenerazione

1.3 Le Biomasse

L'uso delle biomasse a fini energetici si perde nella notte dei tempi. La legna da ardere, infatti, è sicuramente il più antico combustibile utilizzato dai progenitori della specie umana per illuminare e riscaldare le fredde notti preistoriche; un ruolo che, insieme al più giovane carbone, ha mantenuto intatto nel corso del tempo, almeno fino alla fine del Secolo XVIII. In questo periodo, la scoperta di nuove fonti energetiche e la messa a punto di tecnologie più adatte per un loro efficiente impiego, ha cambiato per sempre le modalità di approvvigionamento energetico dell'uomo e ha avuto un ruolo determinante nell'ormai imminente rivoluzione industriale.

Per un secolo il legno è stato protagonista di un inesorabile declino e considerato segno di arretratezza economica e culturale. Negli ultimi anni, però, le cose sono cambiate. La crescente domanda di energia, per la maggior parte frutto di importazioni dall'estero, unita alla necessità di trovare una soluzione indolore al crescente inquinamento atmosferico, nonché alla certezza che le fonti di energia tradizionali sono destinate all'esaurimento, ha risvegliato l'interesse nei confronti delle cosiddette fonti rinnovabili di energia, con particolare riguardo per questa ancestrale forma di combustibile.

Capitolo 1



Figura 3 - Il cippato

Nel frattempo l'offerta di combustibili di origine organica si è anche ampliata, tanto è vero che non si parla più solamente di legna da ardere, ma di biomasse, includendo nel termine *tutta la materia organica derivante direttamente o indirettamente dalla fotosintesi clorofilliana*.

1.4 Teleriscaldamento: obiettivi e vantaggi

Nonostante la realizzazione di un sistema di teleriscaldamento rispecchi l'interesse dell'azienda proprietaria, che consiste nel profitto derivato dalla vendita di calore, la costruzione dell'impianto porta ad una serie di benefici collettivi, individuali ed ambientali.

Sul territorio comunale l'introduzione di un sistema di teleriscaldamento favorisce la razionalizzazione di un settore quale quello dei consumi termici degli edifici, generalmente contraddistinto da basse efficienze nell'utilizzo dell'energia. Inoltre lo spegnimento delle caldaie di edificio e di appartamento porta all'eliminazione di una fonte di rischi per la pubblica sicurezza come incendi ed esplosioni. La creazione di un'azienda di gestione di un nuovo servizio produce a livello locale occupazione e sviluppo, soprattutto se si considera l'attivazione della filiera per l'approvvigionamento della biomassa.

Il teleriscaldamento non presenta solo vantaggi collettivi ma porta anche a convenienze per i singoli utenti; si consideri che, per un principio di concorrenza, le tariffe del servizio calore saranno necessariamente posizionate per offrire all'utenza un risparmio economico rispetto alle soluzioni tradizionali. Ad essere offerto è poi un servizio finale e non un combustibile che necessita di una ulteriore trasformazione tramite caldaie. Il servizio calore permette di:

- pagare a contatore il servizio e non il combustibile;
- regolare la durata del riscaldamento secondo le proprie esigenze (sempre secondo le limitazioni di legge).

I costi per gli utenti sono ancora minori se si analizzano altri fattori:

- Costi evitati per acquisto e manutenzione ordinaria e straordinaria delle caldaie che

Teleriscaldamento e cogenerazione a biomassa: generalità e definizioni

vengono eliminate;

- Maggiore disponibilità di spazi utili (le dimensioni degli scambiatori per teleriscaldamento sono minori delle caldaie di pari potenza, ed inoltre non richiedono locale ventilato, tiraggio, ecc.).

Il vantaggio economico va valutato, infatti, sul ciclo di vita delle apparecchiature considerando tutti i costi (acquisto, esercizio, manutenzione).

La riduzione del consumo di fonti energetiche fossili comporta chiari vantaggi ambientali.

In questo Impianto di Teleriscaldamento e cogenerazione, gli inquinanti che vengono ridotti o quasi completamente eliminati sono CO₂ e ossidi di zolfo. Le emissioni di ossidi di azoto e di polveri potrebbero aumentare a livello locale pur diminuendo complessivamente nel bilancio ambientale nazionale. Questo perché la cogenerazione e l'uso di biomassa come combustibile primario implicano un aumento locale del consumo di combustibile (sebbene con un'umentata efficienza) con un maggiore contenuto di azoto. Infatti la cogenerazione realizza risparmio energetico, quindi consuma meno combustibile rispetto alla produzione separata delle stesse quantità di elettricità e calore, mentre la biomassa contiene una percentuale maggiore di azoto rispetto al gasolio.

Inoltre l'eliminazione delle caldaie distribuite con un'unica Centrale di Teleriscaldamento permette l'adozione delle migliori tecnologie di abbattimento degli inquinanti. Una sola fonte di emissioni è più facilmente controllabile e può essere facilmente sottoposta ad interventi migliorativi con il progredire della tecnologia di abbattimento degli inquinanti.

L'uso delle biomassa, oltre che comportare benefici ambientali, riduce la dipendenza dall'importazione di combustibili fossili, consente di valorizzare le risorse agro-forestali ed incrementare il reddito delle attività. L'uso razionale dei bacini di raccolta può invece favorire la prevenzione degli incendi e la diminuzione dei rischi idrogeologici.

Servizi resi alla comunità

I possibili servizi resi alla cittadinanza al momento della realizzazione delle sottostazioni riguardano le varie possibilità di impianto installabile, in particolare:

- Teleriscaldamento individuale: fornitura di teleriscaldamento standard e una Unità di Contabilizzazione per ogni unità abitativa; l'Unità di contabilizzazione è il sistema di misurazione dell'energia termica (per riscaldamento e acqua igienico sanitaria), costituito da un contacalorie, un contatore volumetrico e valvole di intercettazione. Il contratto di fornitura potrebbe essere direttamente tra il Gestore e il Cliente finale.
- Allacciamento e messa a norma del circuito secondario: possibilità di affidare al Gestore, oltre l'allacciamento al teleriscaldamento, la messa a norma dell'impianto secondario, in particolare la sostituzione dei vasi d espansione, la trasformazione dell'impianto interno da vaso aperto a vaso chiuso, la messa a norma dell'impianto elettrico,...
- Trasformazione di un condominio con caldaie monofamigliari: quando la canna fumaria è da sostituire e le singole caldaie sono obsolete, può essere vantaggioso allacciarsi al teleriscaldamento. Si può utilizzare la canna fumaria come cavedio per una nuova distribuzione interna ed installare, al posto delle caldaie, i cosiddetti moduli satellite, ossia apparecchiature idonee a produrre riscaldamento e acqua calda sanitaria oppure contacalorie con valvola di zona. In questo modo si uniscono i vantaggi del teleriscaldamento mantenendo la completa autonomia di regolazione.

Inoltre innumerevoli sono i vantaggi che invogliano gli utenti ad aderire alla campagna di

Capitolo 1

allacciamento:

- **L'autonomia:** ogni singolo utente ha la più completa libertà di gestione del riscaldamento della propria casa.
- **La praticità:** con il teleriscaldamento si eliminano i problemi e le spese di manutenzione: la fornitura è un servizio come l'elettricità o l'acqua potabile.
- **La sicurezza:** in casa nessuna fiamma, nessun camino e niente fumi, solo acqua calda!
- **L'affidabilità:** nessun rischio di rimanere al freddo! Un sistema di caldaie centralizzato costantemente controllato da personale specializzato
- **La semplicità:** nessuna modifica all'impianto esistente, solo l'installazione di uno scambiatore di calore
- **Aria più pulita:** invece che centinaia di camini fumanti, solo il camino del teleriscaldamento, con un sistema avanzato di controllo delle emissioni
- **Il risparmio:** costa meno perché sfrutta al meglio l'energia e recupera energia da processo produttivo altrimenti persa.
- **La diversificazione delle fonti:** utilizzo di diversi combustibili, garanzia di mercati di approvvigionamento diversificati, possibilità di scelta della fonte energetica più conveniente.
- **Tariffe personalizzate:** le tariffe sono personalizzabili in funzione delle esigenze del Cliente e inferiori rispetto ai tradizionali combustibili. Inoltre si paga quando si consuma.

Capitolo 2

Le biomasse

2.1 Caratteristiche e vantaggi

Le principali caratteristiche e vantaggi delle biomasse sono :

- Rispetto per l'ambiente
- Facilità nell'approvvigionamento
- Minore dipendenza dall'estero
- Diversificazione delle fonti energetiche
- Bilancio zero delle emissioni di anidride carbonica
- Disponibilità sul territorio valdostano
- Costi di trasporto ridotti
- Costi di materia prima nulli

Per biomassa si intende "la frazione biodegradabile dei prodotti rifiuti residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali) dalla silvicoltura e dalle industrie connesse compresa la pesca e l'acquacoltura nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani (direttiva 2009/28/CE).

Le biomasse di origine vegetale si possono distinguere in residui forestali, come interventi di manutenzione del bosco, lavorazione del legno da parte dell'industria, residui da lavorazioni agricole come rami di potature, paglie ecc, scarti agroindustriali come sanse, vinacce, colture specifiche per scopi energetici finalizzate alla produzione di biomasse.

Le biomasse legnose sono le più utilizzate per la produzione di calore e per la cogenerazione, l'energia da esse posseduta proviene dal sole e viene immagazzinata durante la fotosintesi clorofilliana. Vengono utilizzate sotto forma di cippato che è un combustibile ottenuto dalla sminuzzatura di legno vergine provenienti da scarti di lavorazione industriale potature del bosco ecc... La caratteristica più importante delle biomasse ai fini energetici è il potere calorifero inferiore che rappresenta la quantità di calore che si può ricavare dalla combustione completa di un kg di sostanza combustibile a pressione costante. Il potere calorifero delle biomasse legnose dipende dalle caratteristiche fisiche e chimiche del legno in particolare dal suo contenuto in lignina (25 mg/kg) in cellulosa e in resina inoltre il potere calorifero varia con l'umidità presente nel legno.

Capitolo 2



Figura 4 - Biomassa forestale

La tabella 1 rappresenta il PCI di vari tipi di legname.

Specie	umidità	PCI	cippato	Legno pieno
		MJ/kg	kg/m3	kg/m3
Abete	20,00%	14,53	170	485
Abete	30,00%	12,41	192	548
Abete	40,00%	10,29	224	640
Abete	50,00%	8,16	269	768
Corteccia abete	20,00%	14,42	162	
Corteccia abete	30,00%	12,31	183	
Corteccia abete	40,00%	10,21	213	
Larice	20,00%	14,52	214	610
Larice	30,00%	12,41	244	697
Larice	40,00%	10,28	285	813
Larice	50,00%	8,16	342	976
Pino silvestre	20,00%	14,53	198	565
Pino silvestre	30,00%	12,4	223	638
Pino silvestre	40,00%	10,29	260	744
Pino silvestre	50,00%	8,17	313	893
Faggio/quercia	20,00%	13,61	254	726
Faggio/quercia	30,00%	11,6	287	820
Faggio/quercia	40,00%	9,59	335	956
Faggio/quercia	50,00%	7,59	402	1148

Tabella 1 – Caratteristiche vari tipi legname

Le biomasse

Il potere calorifero superiore invece comprende il calore ceduto durante la condensazione dell'acqua vaporizzata durante la combustione.

Emissioni derivanti dalla biomassa

Le emissioni in atmosfera sono le più difficili da trattare rispetto a ceneri solide o rifiuti liquidi che possono essere stoccati in discariche o depurati: l'anidride carbonica non è considerata un inquinante in quanto non è direttamente nociva ma è causa dell'aumento globale dell'effetto serra mentre vengono considerate emissioni nocive Nox, Sox, CO, COV e polveri.

La Tabella 2 esprime le emissioni di un impianto a biomassa rispetto ad altre fonti energetiche

Emissioni (mg/kWh)	Gasolio	Gas Naturale	Pellets/cippato
CO	10	150	250
SOx	350	20	20
NOx	350	150	350
Polveri	20	0	150
COV	5	2	10

Tabella 2 - Emissioni vari combustibili

Si nota che il bilancio è a sfavore delle biomasse. In impianti di piccole dimensioni è antieconomico introdurre dei filtri, mentre in grossi impianti si possono introdurre dei sistemi di abbattimento che sono in genere molto costosi ad esempio la diminuzione della CO può essere ottenuta cercando di ottimizzare la combustione, per gli Nox si possono ridurre con interventi di introduzione differenziata dell'aria di combustione, per le polveri vengono utilizzati filtri a ciclone e filtri elettrostatici.

Aspetti energetico-economici

Da un punto di vista economico la biomassa legnosa risulta molto conveniente rispetto ad altri combustibili tradizionali come si può vedere dalla Tabella 3.

	Costo combustibile	Potere calorifico inferiore	Costo per unità di energia
Gasolio	1,22 €/l	10,7 kWh/l	114 €/MWh
Gpl	0,74 €/l	6,8 kWh/l	109 €/MWh
Metano	0,61€/m ³	10,0 kWh/m ³	61 €/MWh
Pellet	0,22 €/kg	4,7 kWh/kg	48 €/MWh
Legna	0,12 €/kg	3,5 kWh/kg	34 €/MWh
Cippato	0,07 €/kg	3,3 kWh/kg	21 €/MWh

Tabella 3 - Confronto tra i costi del combustibile

Capitolo 2

Per produrre la stessa energia contenuta in un litro di gasolio si può spendere anche l'80% in meno nel caso del cippato, anche tenendo presente che una caldaia cippato ha un rendimento inferiore di una caldaia a gasolio, la convenienza rimane. Bisogna tenere presente che le biomasse attualmente non vengono tassate rispetto ad altre forme di energia su cui pesano notevoli accise. Un altro punto da tener presente è che le caldaie a cippato hanno maggiori costi di investimento e di manutenzione quindi la convenienza va valutata caso per caso.

2.2 La biomassa in Valle d'Aosta

Si riporta di seguito un articolo pubblicato sulla rivista *Enviroment* del 2005 da Edi Pasquettaz comandante del corpo forestale valdostano

“Da alcuni anni, in ambito energetico, vi è un impegno nella ricerca di fonti alternative ai combustibili fossili. Tale impegno è recepito anche dalle normative comunitarie. L'interesse è rivolto in particolare verso il recupero dei residui delle utilizzazioni forestali tradizionali, sia verso “biomasse” forestali provenienti da coltivazioni ad hoc (le cosiddette short rotation forestry) o da residui legnosi che dovrebbero essere eliminati come rifiuti.

L'utilizzo a scopi energetici delle biomasse forestali non è semplice e vanno pertanto esaminati diversi fattori al fine di verificare se è possibile produrre energia in modo efficiente e a costi accettabili. Il principale elemento di valutazione per l'utilizzazione del legno a scopi energetici è la disponibilità della risorsa che implica considerazioni di ordine tecnico, economico ed ambientale. In quest o articolo si esaminano perciò le disponibilità di biomassa forestale con particolare attenzione per i volumi utilizzabili a scopo energetico.

Superficie boscata e produzioni forestali

In Valle d'Aosta la valutazione delle superfici e delle produzioni forestali è facilitata dalle stime dei rilievi inventariali, iniziati negli anni '60 nella proprietà pubblica ed estesi negli anni '90 alla proprietà forestale privata. Fondamentale per la conoscenza e la gestione razionale dei boschi è stata la predisposizione dei piani di assestamento dei beni silvo-pastorali (piani economici nella dizione del R.D. 30.12.1923, n. 3267) di proprietà di Comuni e consorzierie. L'obiettivo principale dei piani è il miglioramento e la perpetuazione delle foreste attraverso l'applicazione di tecniche selvicolturali finalizzate alla stabilità dei popolamenti, equilibrata composizione, buona capacità rigenerativa e produttività costante, seguendo modelli colturali improntati all'evoluzione naturale. Nell'ultimo mezzo secolo tutte le proprietà pubbliche, che rappresentano circa il 43% della superficie totale delle aree boscate, sono state sottoposte ad inventari puntuali, peraltro ripetuti ogni dieci anni, che hanno favorito la conoscenza dei popolamenti forestali e la sua evoluzione in seguito agli interventi selvicolturali applicati. Il dato ufficiale della superficie boscata regionale, riferito all'ultimo inventario del 1994 è di 86.550 ha. È attualmente in corso l'inventario forestale nazionale che potrà fornire a breve un dato più aggiornato e sicuramente in aumento rispetto a quello sopra indicato, vista l'ulteriore evoluzione delle superfici forestali nell'ultimo decennio.

Il dato di 86.550 ha può sembrare modesto se confrontato con quello di altre Regioni; in realtà il territorio della Valle d'Aosta, caratterizzato da una altitudine media superiore a 2.000 m di quota, da una notevole estensione degli improduttivi (rocce, macereti, ghiacciai), ha una superficie disponibile per le foreste molto ridotta. L'indice di boscosità della nostra Regione è in effetti elevato, ossia del 26,5%. La superficie forestale privata, pari a 49.400 ha, occupa il 57% della superficie forestale complessiva. Il potenziale produttivo dei boschi valdostani, in particolare di quelli pubblici, è determinato con notevole precisione grazie agli inventari forestali effettuati dall'Amministrazione regionale a partire dall'anno 1993; per la proprietà privata si dispone invece di valutazioni effettuate con aree di saggio sull'intero territorio regionale nel 1996 dall'IPLA, in collaborazione con i Servizi forestali. La superficie totale

Le biomasse

presa in considerazione dall'IPLA è di 61.800 ha, ma gli interventi colturali e perciò i prelievi sono stati previsti solamente su una superficie di 20.425 ha, ossia quella corrispondente alle zone in cui la viabilità è sufficientemente sviluppata da rendere conveniente, da un punto di vista economico, l'utilizzazione forestale. La provvigione media, ossia il volume di legname riferito all'ettaro nelle aree esaminate, è di 172 m³, l'incremento percentuale (tasso di crescita del capitale bosco) è pari a 1,53%, il tasso di utilizzazione (ossia la % del volume legnoso da asportare) è di 0,85%. Si deduce pertanto che vi è un risparmio pari allo 0,68% del volume legnoso prodotto, che va ad aumentare il capitale fruttante legno. Si prevede che nel corso di 20 anni di proiezione della stima il volume dei popolamenti forestali considerati passi dagli attuali 172 m³/ha a 195 m³/ha con un netto miglioramento da un punto di vista quantitativo. L'applicazione di tecniche selvicolturali, improntate ai principi della selvicoltura prossima alla natura, produrrà nel contempo effetti positivi da un punto di vista qualitativo.

La Tabella 4 riporta i dati dei prelievi annuali possibili, con proiezione ventennale, suddivisi per tipo di proprietà e per territorio. Prendendo in considerazione tutta la superficie inventariata si ottiene una provvigione media ad ettaro di 160 m³. Ciò significa che sul totale della superficie dei boschi valdostani (86.550 ha) si può stimare un capitale legnoso prossimo a 13.000.000 di m³ e un incremento corrente totale, cioè un volume di legname prodotto annualmente, di circa 200.000 m³.

Dal confronto con i dati della Tabella 4 si può notare che vi è un prelievo ben inferiore alla produzione annuale, sia per le oggettive difficoltà di prelievo delle biomasse nelle zone non servite da viabilità, che per la necessità di risparmiare parte della crescita per la normalizzazione provvigionale dei nostri boschi.

Va precisato che i prelievi dei suddetti volumi sono finalizzati ad usi diversi e in primo luogo alla trasformazione in segheria. Dall'esperienza maturata in vari decenni di attività selvicolturale si può ritenere che il legname da opera rappresenti il 30% dei prelievi e che il restante 70% possa attualmente essere utilizzato a fini energetici. È ovvio che in futuro, in seguito all'applicazione costante delle tecniche selvicolturali, le proporzioni degli assortimenti da opera aumenteranno e viceversa diminuiranno quelli di minor valore.

Si presume perciò che dei prelievi annui previsti (33.698 m³) solo 23.500 m³ siano ad oggi realmente disponibili per fini di produzione energetica. Nella realtà valdostana i volumi di biomassa più consistenti utilizzati ai fini energetici derivano attualmente dagli scarti di lavorazione delle segherie e parzialmente da legname allestito durante le lavorazioni in bosco. Si auspica che in futuro tale tendenza si inverta favorendo un maggiore utilizzo di legname forestale.

A scopo informativo si riportano nella Tabella 5 i dati sulla destinazione degli scarti di lavorazione delle segherie (indagine eseguita dai Servizi forestali in collaborazione con il Dipartimento di Agronomia e Ingegneria agraria dell'Università di Torino anno 1999). Si rileva pertanto che solo il 20% dello scarto di lavorazione delle aziende di trasformazione del legname viene destinato ad usi energetici. Gli altri tipi di biomassa quali residui agricoli, scarti dell'industria agroalimentare e colture energetiche ligno-cellulosiche, pur interessanti ai fini energetici, non vengono esaminate in questa fase in quanto di importanza decisamente minore rispetto al legname ricavabile dalla coltura dei popolamenti forestali.

Capitolo 2

Comunità montana	Proprietà privata m3	Proprietà pubblica m3	Totale volume m3
Valdigne–MontBlanc	1391	3230	4621
Grand Paradis	2872	2908	5780
Grand Combin	2149	3287	5436
Evançon	2293	1572	3865
Mont Emilius	4209	2055	6264
Mont Cervin	2676	1460	4136
Mont Rose	1650	566	2216
Walser	1380		1380
Totale	18620	15078	33698

Tabella 4 - Prelievi annuali di materiale legnoso

Destinazione	n. imprese	% imprese	Legname	[m3]% sul totale
Usi energetici	14	45	2232	20
Triturazione	9	29	4483	41
Imballaggi	3	10	3338	31
Altro	5	16	859	8
Totale	31	100	10912	100

Tabella 5 - Destinazione degli scarti legnosi

Il teleriscaldamento a biomasse forestali

In Valle d'Aosta sono funzionanti due centrali a cippato realizzate con gli incentivi previsti dalla legge regionale 15 gennaio 1997, n. 1. Si tratta delle centrali realizzate rispettivamente nel Comune di Morgex dalla Società a partecipazione comunale "Le Brasier" e nel Comune di Pollein, presso l'Autoporto regionale, dalla "Società Energetica Aostana". Con tali impianti sono stati ottenuti importanti risultati quali minori costi dell'energia rispetto all'uso di prodotti fossili, minore inquinamento rispetto agli impianti tradizionali, migliore utilizzo dei prodotti legnosi di scarto, promozione delle attività selvicolturali per l'utilizzo della risorsa legno, eliminazione di energie grigie. Entrambi gli impianti sono funzionanti da più stagioni per cui sono disponibili dati precisi sulle problematiche gestionali e sui costi.

Al fine di consentire un confronto fra le produzioni di biomassa forestale e le esigenze per la produzione di energia termica, si indicano di seguito i consumi delle due centrali di teleriscaldamento attualmente funzionanti: la centrale di Morgex consuma annualmente 18.000 m³ di cippato, pari ad un peso di 5.000 t e ad un volume di 6.000 m³ di legname, mentre la centrale di Pollein consuma annualmente 5.200 m³ di cippato, pari ad un peso di 1.400 t e ad un volume di 1.700 m³ di legname.

Gli impianti di teleriscaldamento in Valle d'Aosta consumano complessivamente 7.700 m³ di legname ossia il 33% del volume prelevabile dai nostri boschi.

Le biomasse

Conclusioni

Dai dati elencati emerge innanzitutto che la disponibilità di biomassa forestale è superiore all'utilizzo effettivo e che esiste pertanto la possibilità di creare nuove centrali di teleriscaldamento. Esistono tuttavia fattori limitanti allo sviluppo della filiera bosco legno – energia, fra cui gli elevati costi di raccolta, esbosco e trasporto in rapporto al basso valore economico del prodotto, nonché la eccessiva frammentazione della proprietà privata. Il rinato interesse negli anni recenti per la materia legno ai fini energetici fa ben sperare nella ripresa delle attività selvicolturali, soprattutto in ambito privato, necessarie per un sostanziale miglioramento delle foreste che svolgono oggi più che mai una funzione di difesa del suolo e di salvaguardia del territorio.”

Da una analisi condotta nel 2007 dal corpo forestale valdostano risulta che in valle sono disponibili ogni anno circa 28.500 m³ di legname per usi energetici, incrementabili a 140.000 (il 70% di 200.000) la quantità prelevata è di 17.600 m³ dei quali il 73% usato come legna da ardere. Dalle segherie valdostane sono ricavabili inoltre altri 5000 m³ di scarti derivati dalla lavorazione del legno da utilizzate per usi energetici. Nel 2007 i due impianti di teleriscaldamento in valle consumavano 9000 m³ di legname sotto forma di cippato per cui risulta disponibile biomassa in eccesso da usare per la produzione di energia.

2.3 La scelta delle fonti energetiche rinnovabili a la Thuile

La scelta dell'utilizzo della biomassa come combustibile per il sistema di teleriscaldamento è stata preferita all'utilizzo dei prodotti petroliferi, come l'olio combustibile o il GPL, per numerosi motivi.

In generale la rinuncia all'utilizzo di combustibili fossili comporta evidenti vantaggi ambientali. Sono eliminate le emissioni di anidride carbonica (responsabile dell'effetto serra) e di altri composti come, nel caso dell'olio combustibile, degli ossidi di zolfo (pericoloso per la salute umana e causa delle piogge acide). A scala locale possono aumentare le emissioni di NO_x, CO e polveri che invece diminuiscono complessivamente nel bilancio ambientale nazionale (questo perché le biomasse producono più NO_x che l'olio combustibile e la cogenerazione implica un aumento locale del consumo energetico, sebbene con un'aumentata efficienza). L'uso delle biomassa, oltre che comportare benefici ambientali, riduce la dipendenza dall'importazione di combustibili fossili, consente di valorizzare le risorse agro-forestali ed incrementare il reddito delle attività.

Nella regione Valle d'Aosta vi è una notevole disponibilità di biomassa legnosa che deriva attualmente dalle attività di lavorazione in bosco (utilizzazioni forestali nelle proprietà pubbliche) e dalle aziende di prima trasformazione del legno. Se alle utilizzazioni forestali nelle proprietà pubbliche si potessero aggiungere quelle da realizzare nelle proprietà forestali private, e tenendo conto che da queste ultime attività si potrebbero potenzialmente ricavare quantità di legname di scarso valore commerciale ben superiori a quelle che si ottengono dai boschi pubblici, si può stimare che ogni anno potrebbero essere disponibili sul mercato regionale circa 30.000-35.000 m³ di biomassa legnosa da destinare ad usi energetici. Una quantità sufficiente per soddisfare il fabbisogno energetico dell'Impianto di Teleriscaldamento.

La catena dei processi upstream, cioè a monte, necessari al trasporto ed alla preparazione delle biomasse si estende su una superficie considerevolmente minore rispetto a quella necessaria per il trasporto del gas naturale o del gasolio (e.g. di provenienza russa). Le conseguenze di questa diversità fanno sì che, anche considerando il diverso contenuto energetico, il trasferimento dei combustibili fossili dal luogo di estrazione a dove l'energia è fruita necessita di una maggiore quantità di infrastrutture, materiali ed energia ausiliaria rispetto al trasporto di un'equivalente quantità di energia sotto forma di biomassa forestale.

In conclusione, ogni altra ipotesi progettuale che comprenda l'utilizzo di prodotti da fonti non rinnovabili quali gasolio e nafta non avrebbe la stessa ricaduta positiva.

Capitolo 2

Capitolo 3

La Thuile, caratteristiche e dati climatici

3.1 Analisi del territorio

Ultimo comune della Valle d'Aosta prima del confine francese, ha una popolazione censita di 715 abitanti e si estende su una superficie di circa 126 km². La popolazione residente nel comune di La Thuile è prevalentemente concentrata nel capoluogo, situato a quota 1441 m, mentre poche unità risiedono nelle altre località. Nel suo complesso, il sistema insediativo risulta ben delimitato, privo di espansioni irregolari che intacchino il territorio naturale e agricolo delle zone circostanti.

Data la vocazione prettamente turistica del comune, non deve stupire che l'85% delle abitazioni risulti vuota per lunghi periodi mentre le "seconde case" utilizzate per le vacanze costituiscano il 62% delle abitazioni presenti nel comune. La popolazione equivalente di La Thuile, che comprende la presenza dei turisti per alcuni periodi dell'anno, è di circa 1.600 abitanti equivalenti.



Figura 5: La Thuile

La Thuile è compreso nell'alta Valle d'Aosta, all'interno della valle a cui dà il nome, che si apre sulla destra orografica discendendo dal massiccio del Monte Bianco verso Aosta. La valle si sviluppa in direzione nord-est, dal centro abitato di Pré Saint Dider fino al passo del Piccolo San Bernardo per circa 22 km.

Il territorio comunale si estende per oltre 126 km² ad un'altitudine di poco superiore ai 1.400 m in coincidenza di un'ampia conca prativa (Plan d'Arly) dominata a sud dal monte Ruitor (3486 m) e dal Gran Assaly (3171 m), a est dal monte Cornet (3024 m) ed a ovest dalla Chaz Dura (2579 m) e la Gran Testa (2379 m).

Capitolo 3

Il reticolo idrografico principale è costituito dalla Dora di Verney che nasce dal vallone di Breuil e confluisce, in corrispondenza del centro abitato, nel torrente Ruitor dando origine alla Dora di La Thuile. Il bacino comprende superfici glaciali estese concentrate soprattutto nella testata del vallone del Ruitor, ed in parte nei valloni del Breuil e di Chavannes.

Il territorio comunale confina, sul lato francese con i comuni francesi di Bourg Saint Maurice, Séez, Montvalézan e Sainte Foy en Tarentaise e sul lato italiano con i comuni di Arvier, Courmayeur, La Salle, Morgex, Prè-Saint-Didier e Valgrisenche.

Ai residenti si aggiungono, durante la stagione estiva ed invernale, i numerosi turisti richiamati dal comprensorio sciistico situato sul versante ovest del capoluogo e dalla bellezza del territorio.



Figura 6 - Situazione geografica

Data la vocazione prettamente turistica del comune, non deve stupire che l'85% delle abitazioni risulti vuota per lunghi periodi mentre le "seconde case" utilizzate per le vacanze costituiscano il 62% delle abitazioni presenti nel comune. La popolazione equivalente di La Thuile, che comprende la presenza dei turisti per alcuni periodi dell'anno, è di circa 1.600 abitanti equivalenti.

La vegetazione forestale è quasi esclusivamente composta da Abete Rosso e Larice. L'abete bianco è presente in maniera minore sulla destra idrografica a valle dell'abitato di La Thuile. La presenza del Pino Cembro, del Pino Silvestre ed del Pino Uncinato è invece piuttosto rara. La superficie boscata è pari a circa 1.000 ettari. A quote elevate i popolamenti evidenziano una sempre più netta dominanza del larice, con densità minore.

3.2 Dati climatici

La media delle temperature per il periodo considerato è di 5,2 °C; tenendo in considerazione che dislivello tra la quota del rilievo (1.640 m) e l'altezza media del centro abitato (circa 1.450 m) è pari a 190 m, si può affermare che, in generale, in corrispondenza del capoluogo la temperatura si assesti su dei valori di 1,3°C – 2 °C superiori a quelli in tabella. La temperatura massima assoluta è stata raggiunta nel 2003 con 28,6 °C, mentre la minima corrisponde al 1996 con -18,6 °C. Infine il numero medio dei giorni disgelo durante il periodo monitorato è di 148 giorni.

La centrale di teleriscaldamento, descrizione

Anno	temp.media annua	temp.minima assoluta	temp.massima assoluta	numero giorni di gelo
1995	5	-15,8	27,2	140
1996	4	-18,4	23,6	129
1997	5,6	-12,2	24,2	154
1998	-	-15,1	27,8	141
1999	5	-16,8	24,7	153
2000	5,3	-14,9	24,8	153
2001	5,2	-14,9	27,3	148
2002	5,7	-12,9	27,4	149
2003	5,8	-15,1	28,6	161
2004	5,3	-14,8	26	152
2005	4,8	-17.06.00	26,1	155
2006	5,4	-15,5	28,1	150
Media	5,2	-15,3	26,3	148

Tabella 6 - Regime termico stazione di La Thuile, Les Granges

La piana di La Thuile è esposta a settentrione e presenta un'insolazione ridotta, che provoca maggiori nevicate ed una più lunga permanenza al suolo della neve. Le precipitazioni nevose sono state stimate dai dati relativi alle medie mensili dello spessore della neve al suolo. Le misure pur essendo relative ad un periodo piuttosto remoto (la serie storica usata va dal 1913 al 1933) sono localizzate in una zona prossima al sito di Centrale e con caratteristiche geomorfologiche simili.

La media annuale di neve al suolo è di 340 cm; i mesi con le maggiori nevicate sono febbraio e marzo ed in media, nel periodo considerato, ha nevicato per 29 giorni l'anno. I dati appaiono in accordo con il gradiente nivometrico che si aggira intorno ai 30 cm per ogni 100 m e che a 1.500 m di altitudine è pari a 300 cm. La mappa delle isochione (cioè del numero medio di giorni con neve al suolo) fornita dall'Atlante Climatico della Valle d'Aosta indica che, a La Thuile, la neve permane tra i 120 ed i 150 giorni all'anno; in particolare, dai dati registrati, vi è una media di 140 giorni con copertura nevosa.

3.3 Requisiti per lo sviluppo del teleriscaldamento

La Thuile dispone di tutti i requisiti necessari per lo sviluppo di un impianto di teleriscaldamento

Requisiti tecnico-funzionali

- Assenza di dislivelli rilevanti, tutte le utenze collegate alla rete devono avere un dislivello rispetto alla centrale inferiore ai 50 metri per evitare che la pressione creata dal battente idrostatico danneggi le caldaie in centrale termica o le singole sottostazioni
- Concentrazione delle utenze da servire
- Prevalenza di utenze di grosse dimensioni come grosse strutture turistiche
- Zona industriale adiacente alle zone residenziali ove dislocare la centrale che si integra con il paesaggio locale ed è poco visibile

Capitolo 3

- Utenze facilmente raggiungibili dalla rete di teleriscaldamento (strade accessibili e capillari)
- Possibilità di revisione del sistema servizi sotterranei (es cunicoli, fibre ottiche,...)

Requisiti ambientali

- Città di montagna, legata all'immagine della Valle d'Aosta
- Problema delle polveri sottili
- Problema di emissioni non controllabili (CO₂,NO_x,...)
- Presenza di impianti obsoleti, funzionanti ancora a nafta e gasolio (responsabili delle polveri sottili e SO_x)

Il progetto dell'Impianto di Teleriscaldamento con Centrale Termica a Biomassa e Cogenerazione di La Thuile (da ora Impianto di Teleriscaldamento) rientra nella tipologia di interventi previsti dal **Piano Energetico Ambientale Regionale** in quanto:

- Favorisce lo sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili, ed in particolare della biomassa
- L'Impianto di Teleriscaldamento è ad "emissione zero" di CO₂, cioè non produce emissioni di gas serra, in quanto la quantità di anidride carbonica rilasciata durante la combustione è pari a quella assorbita dalla biomassa durante il ciclo di vita.
- Ogni kWh termico/elettrico prodotto da cippato/olio vegetale permette, in effetti, un risparmio di emissioni di CO₂ dipendente dal combustibile che andrà a sostituire (pari a circa 0.5 kg di CO₂ per MWh sostituito nel caso del gas naturale);
- La cogenerazione costituisce una maniera "intelligente" di produzione di energia in quanto, data l'elevata efficienza perché recupera calore producendo energia elettrica, permette un risparmio energetico consistente (fino al 30% rispetto alla produzione separata di energia e calore) (fonte: PEAR);
- La generazione concentrata in un unico impianto dell'energia permette, oltre ad una maggiore efficienza, un maggior controllo dei processi ed una migliore manutenzione degli impianti, e di conseguenza un contenimento complessivo degli inquinanti atmosferici e una riduzione delle emissioni su ampia scala.

In aggiunta l'impianto si inserisce in un ambito territoriale particolarmente appropriato. Infatti, il territorio di La Thuile, caratterizzato da una forte vocazione turistica, mostra la presenza di numerosi impianti termici civili di medie dimensioni (e.g. le caldaie a servizio degli alberghi) localizzati in un'area territoriale ristretta. Tale contesto, in base allo stesso PEAR si presta particolarmente ad "interventi di razionalizzazione e miglioramento dei consumi e delle relative emissioni".

Sempre nell'ambito della corretta localizzazione territoriale, ma a scala più ampia, si evidenzia che il PEAR stima in 40 GWh/anno le risorse residue (anno 2004) regionali di biomassa, quantità più che sufficiente per coprire il fabbisogno di cippato facendo ricorso a risorse locali ed assicurare quindi la sostenibilità e la razionalità dell'impianto.

Si segnala infine che gli obiettivi del PEAR sono stati recepiti dalla L.R. 3/2006 "Nuove disposizioni in materia di interventi regionali per la promozione dell'uso razionale dell'energia" che adotta le misure per la realizzazione degli obiettivi indicati dal piano. La legge ribadisce che gli obiettivi del sistema energetico, per quanto è riconducibile ai settori dell'edilizia residenziale e a questo assimilabili (settori alberghiero ed extra-alberghiero), sono da realizzare attraverso:

- Un maggiore sfruttamento delle fonti rinnovabili;
- Un aumento dell'efficienza energetica delle tecnologie di conversione;

In conclusione l'Impianto di Teleriscaldamento di La Thuile appare compatibile e conforme con la

La centrale di teleriscaldamento, descrizione

legislazione e la programmazione energetica regionale.

Il committente del progetto dell'Impianto di Teleriscaldamento con Centrale di Teleriscaldamento a Biomassa e Cogenerazione, nonché dello sviluppo della rete di distribuzione è la società La Thuile Energie S.r.l..

3.4 Considerazioni sul carico termico

Lo studio energetico si è svolto secondo le seguenti fasi :

- analisi territoriale e suddivisione in zone
- valutazione e classificazione energetica delle varie zone

La valutazione energetica è stata effettuata tramite sopralluoghi, dalle potenze delle caldaie esistenti e dai consumi di gasolio.

I parametri che determinano la potenza termica richiesta sono:

- Le caratteristiche climatiche della zona di La Thuile (Gradi giorno: 4500 ai quali corrisponde la Zona climatica F);
- La superficie da riscaldare;
- La tipologia di edificio (residenza privata, edificio pubblico o industriale, albergo, seconda casa);
- Lo stato dell'edificio (edificio di nuova costruzione, in buono stato, vecchio, ristrutturato,...).

Gradi giorno

I Gradi Giorno (GG) sono un'unità di misura atta ad indicare il fabbisogno termico di una determinata area geografica in base alle vigenti normative sul riscaldamento delle abitazioni. Indicano la somma annuale delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura convenzionale fissata a 20 °C, e la temperatura media esterna giornaliera. Un valore di GG basso indica un breve periodo di riscaldamento e temperature medie giornaliere prossime alla temperatura fissata per l'ambiente riscaldato (appunto 20 °C). Al contrario, valori di GG elevati, indicano periodo di riscaldamento prolungati e temperature medie giornaliere nettamente inferiori ai 20 °C.

In funzione dei GG sono state definite le fasce climatiche del territorio italiano, e nello specifico:

Fascia A: < 600 GG; 2 comuni (Lampedusa e Linosa e Porto Empedocle);

Fascia B: tra 601 e 900 GG ; 157 comuni;

Fascia C: tra 901 e 1.400 GG ; 989 comuni;

Fascia D: tra 1.401 e 2.100 GG ; 1.611 comuni;

Fascia E: tra 2.101 e 3.000 GG ; 4.271 comuni;

Fascia F: > 3.000 GG ; 1071 comuni.

Lo studio e, in particolare, il piano economico è stato sviluppato tenendo conto della possibile variazione dei gradi giorno: in effetti inverni miti significano minor vendita di energia termica e quindi minori ricavi. La Thuile è classificata in classe F, in quanto conta 4500 GG . È stata analizzata la bontà di questo dato mediante serie storica.

Il grafico seguente rappresenta i gradi giorno in funzione del mesi dell'anno ricavati da serie storica delle temperature medie rilevate dalla stazione di Les Granges, una frazione di La Thuile posta a 1640

Capitolo 3

mt, oltre 190 mt sopra il capoluogo.

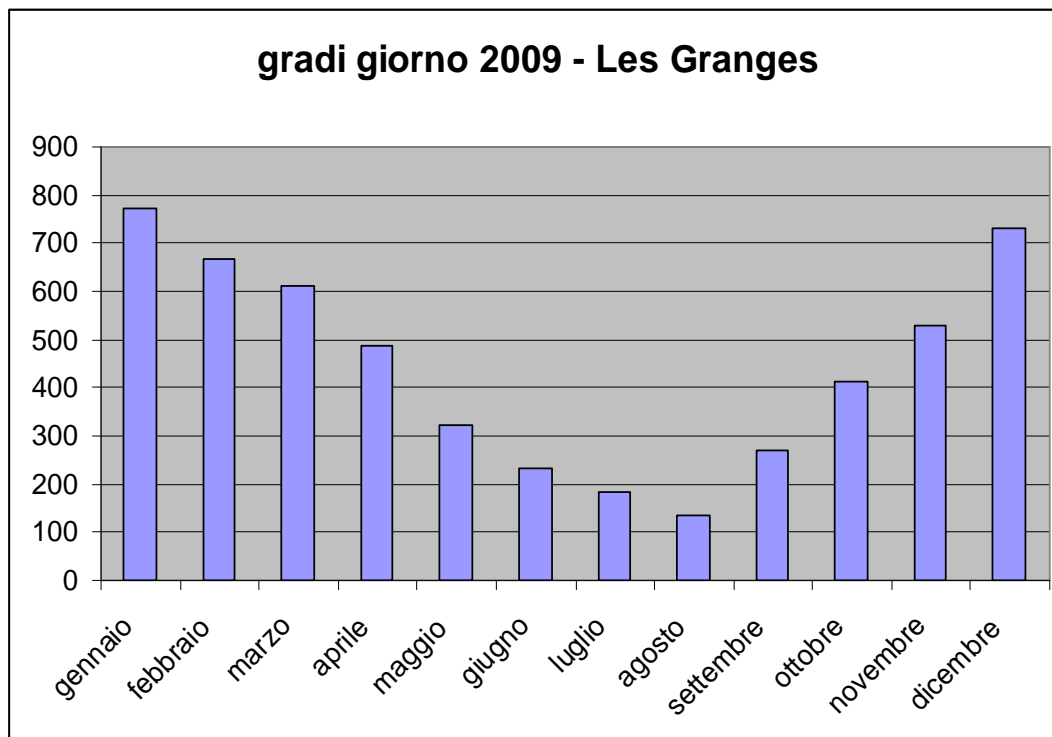


Grafico 1 - Gradi giorno anno 2009

La Tabella 7 rappresenta il carico termico giornaliero in funzione dei mesi dell'anno fornito dalla centrale di teleriscaldamento e le potenze di picco e medie, tali valori sono stati stimati a partire da una accurata analisi dei fabbisogni delle utenze, tenendo conto del fattore di contemporaneità .

	gg	MWh/gg	MW di picco	MW media
gennaio	31	174	11,8	7,24
febbraio	28	169	11,48	7,03
marzo	31	147	10,05	6,11
aprile	30	30	1,95	1,24
maggio	31	14	0,93	0,59
giugno	30	47	3,24	1,96
luglio	31	38	2,58	1,57
agosto	31	40	2,73	1,66
settembre	30	20	1,35	0,84
ottobre	31	18	1,1	0,76
novembre	30	72	4,73	2,98
dicembre	31	161	10,91	6,7

Tabella 7 – Carico termico giornaliero

La centrale di teleriscaldamento, descrizione

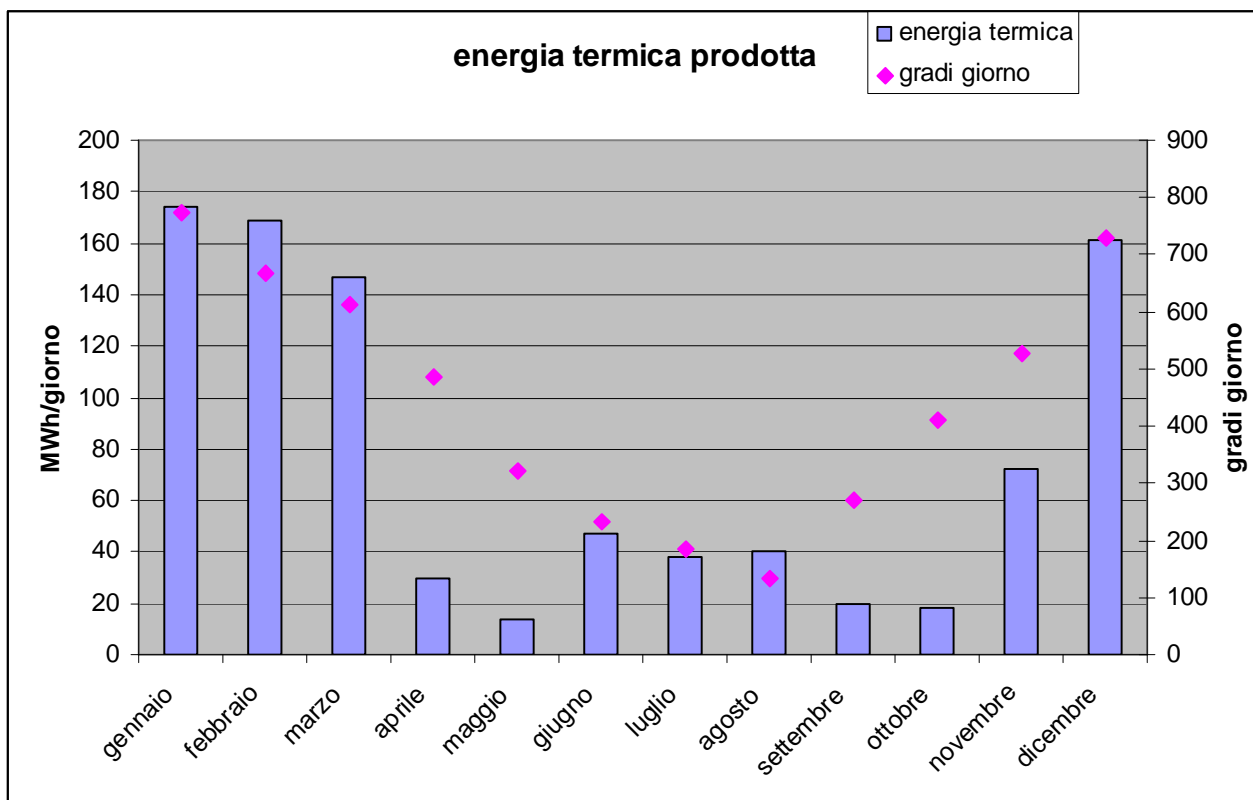


Grafico 2 - Energia termica prodotta centrale TLR

Dal Grafico 2 si vede come la produzione di energia termico in un comune a vocazione turistica dipende oltre che dai gradi giorno anche dalle presenze turistiche, infatti i mesi al di fuori delle stagioni turistiche invernale ed estivi come aprile, maggio, settembre, ottobre presentano la richiesta minima di energia.

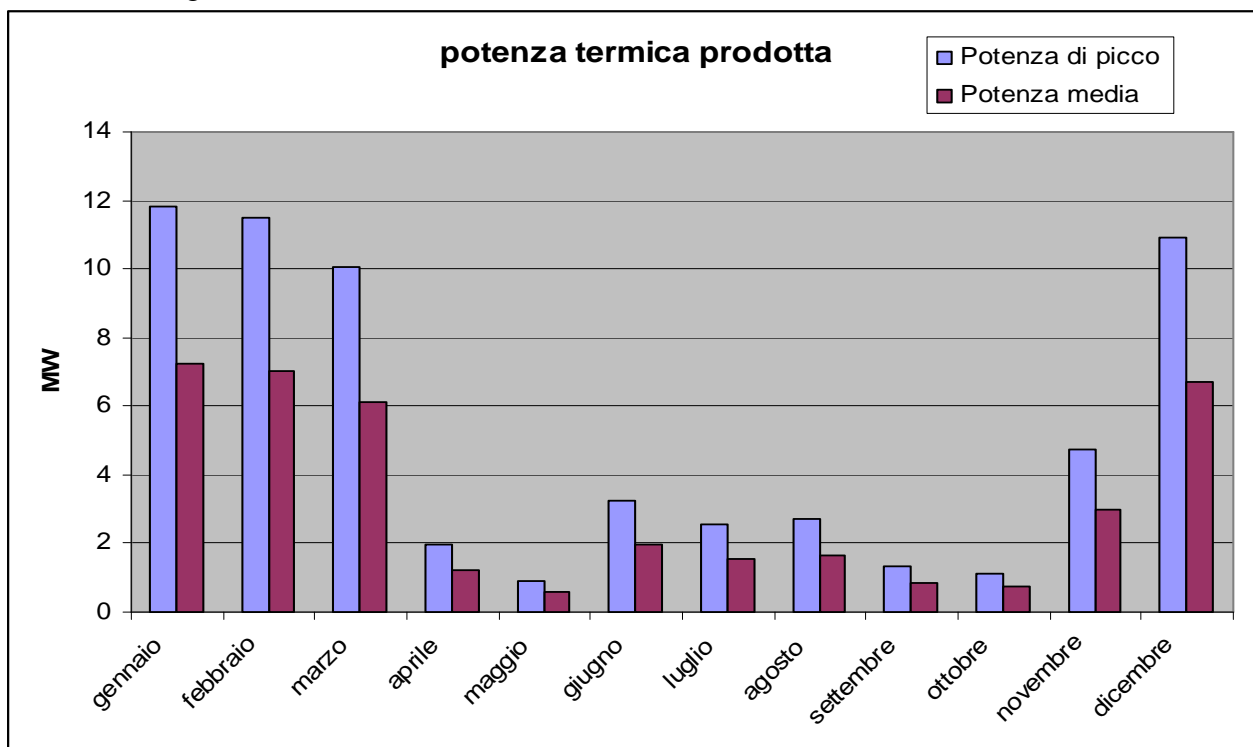


Grafico 3 – Potenza termica prodotta centrale teleriscaldamento

Capitolo 3

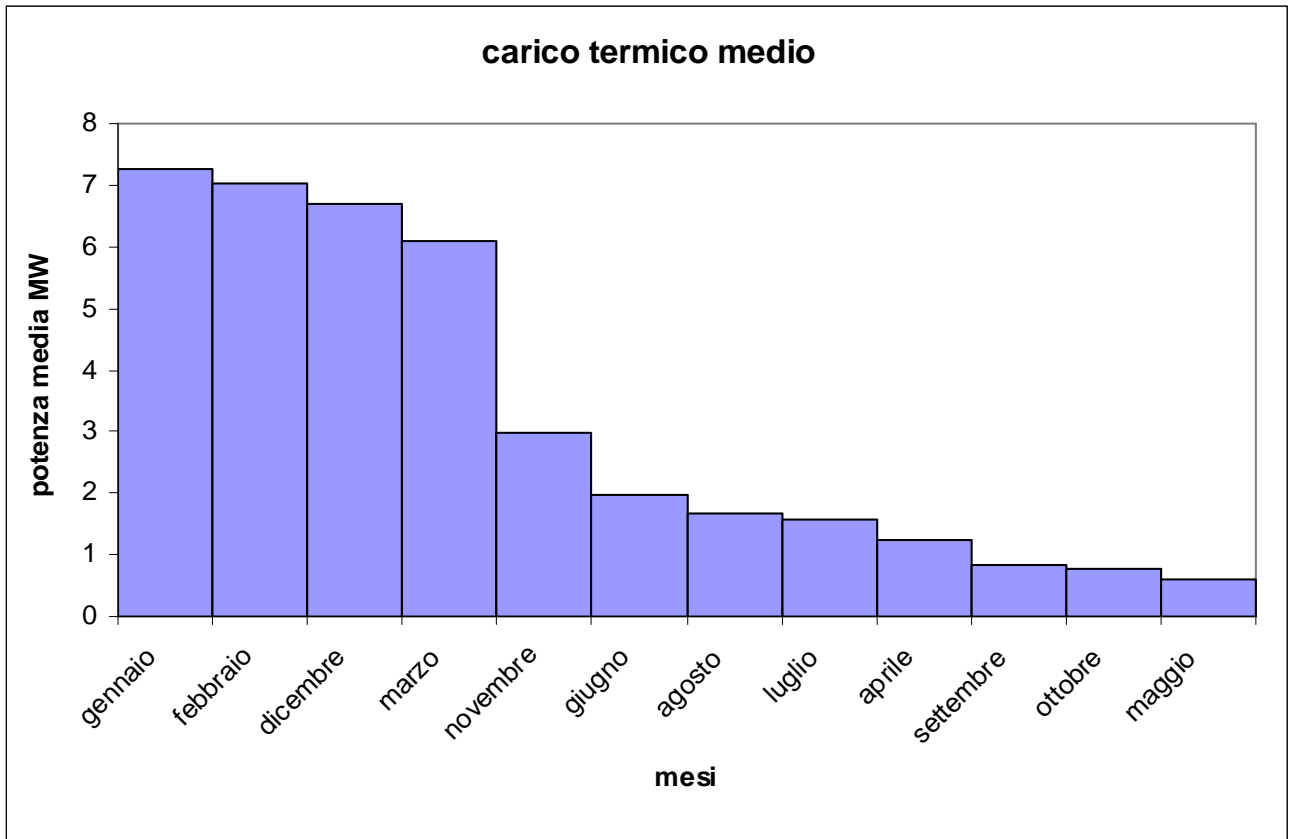


Grafico 4 – Istogramma di carico cumulato

Il Grafico 4 rappresenta l'istogramma di carico cumulato costruito sulla potenza media in funzione dei mesi dell'anno. Considerando le ore relative a ciascun mese l'area dell'istogramma rappresenta l'energia prodotta dalla centrale pari a circa 28.150 MWh/anno. L'energia termica che arriva alle utenze dipende dalle perdite di rete stimate intorno al 15%.

Il Grafico 5 rappresenta le curve di carico termico cumulate, in ascissa numero di ore dell'anno e in ordinata la potenza termica prodotta dalla centrale. Ogni punto del grafico rappresenta il numero di ore per le quali la potenza termica prodotta è maggiore o uguale a tale valore.

La curva in blu rappresenta la potenza di picco mentre la curva della potenza media è ricavata dividendo l'energia termica per tutte le ore dell'anno.

Si noti la differenza tra la curva di La Thuile nel Grafico 5 e la curva descritta in Figura 7 di una generica località non turistica piemontese. La differenza sta in una accentuata stagionalità dei consumi dovuta al turismo per cui la curva di La Thuile presenta una discesa molto ripida in corrispondenza della fine della stagione turistica.

La centrale di teleriscaldamento, descrizione

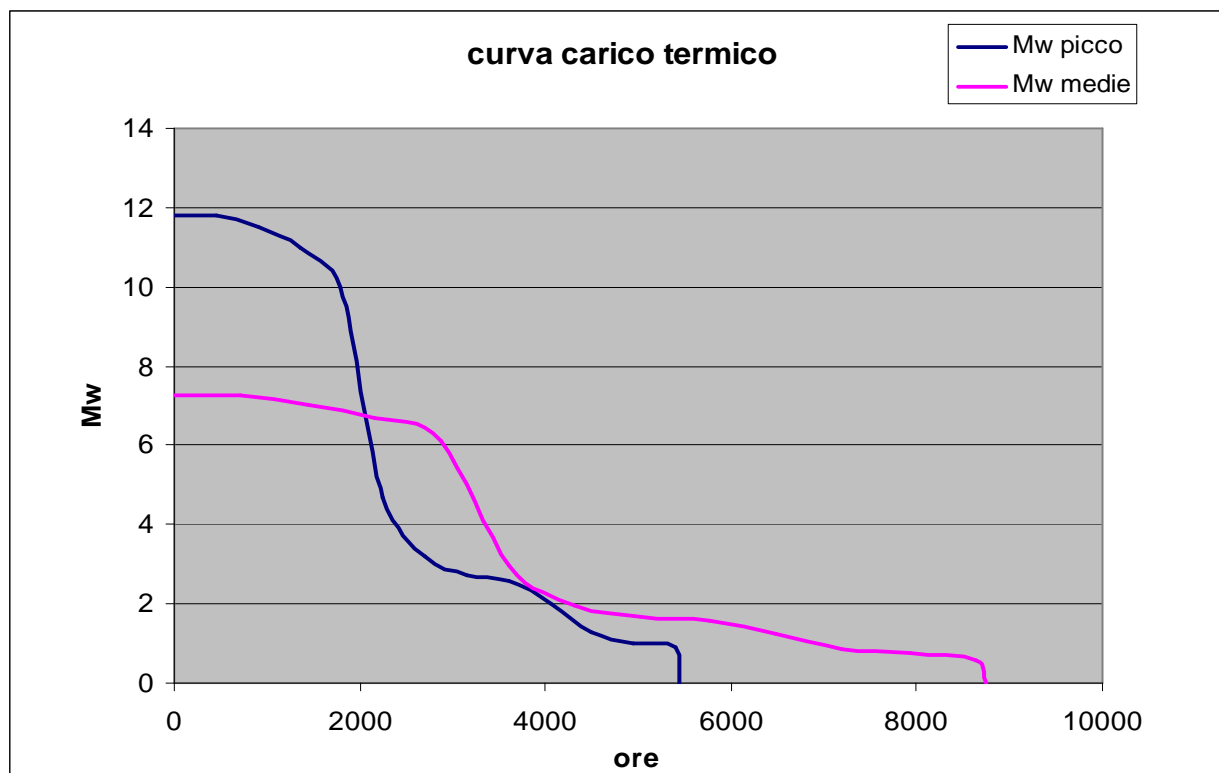


Grafico 5 – curva carico termico

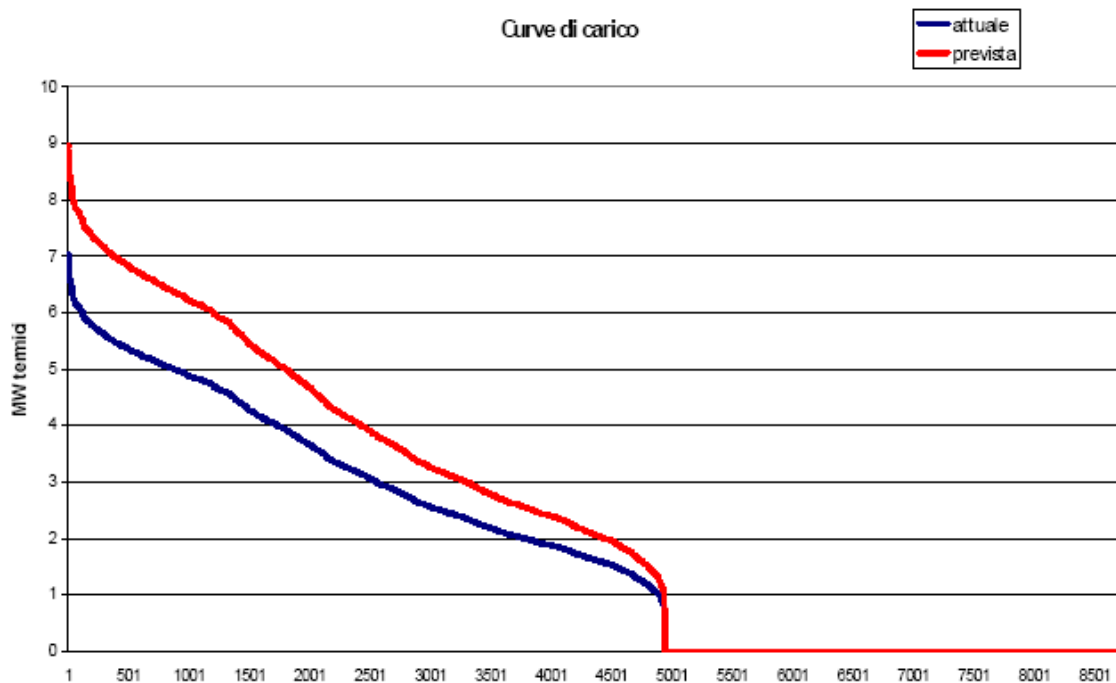


Figura 7 - Curva di carico comune piemontese non turistico

La potenza termica complessiva in centrale sarà pari a 14,5 MW circa. Per ragioni cautelative

Capitolo 3

si è deciso di sovradimensionare la centrale termica.

Il fattore di contemporaneità, calcolato come rapporto tra la potenza installata e disponibile in centrale termica e la potenza totale delle utenze (come da ultima fase, ovvero con tutte le utenze previste allacciate) risulta pari al 60%.

potenza utenze	24,5 MW
potenza centrale teleriscaldamento	14,5 MW
fattore di contemporaneità	60%

Capitolo 4

La centrale di teleriscaldamento, descrizione

4.1 Generalità di funzionamento

La Centrale di Teleriscaldamento provvede alla produzione dell'energia termica, allo stoccaggio dell'acqua calda ed alla pressurizzazione della Rete di Teleriscaldamento. Inoltre, tramite cogenerazione, si produce energia elettrica che, al netto dei consumi della Centrale, viene immessa nella rete elettrica nazionale.

Il dimensionamento della Centrale di Teleriscaldamento prevede un'attenta analisi (quantità e tipologia) delle utenze che si ipotizza di allacciare. La taglia di cogenerazione è, infatti, estremamente sensibile alle variazioni di richiesta da parte della Rete di Teleriscaldamento e va quindi valutata in funzione delle richieste di "base" e affiancato da un accumulo che permetta un funzionamento costante della macchina. La potenza installata permette anche di soddisfare il fabbisogno di future nuove utenze, così come previsto dalle nuove costruzioni in programma a La Thuile.

I componenti principali sono:

- caldaie a cippato
- cogeneratore
- accumulo ad acqua calda
- gruppo termico di integrazione e soccorso
- gruppo di pompaggio
- impianto di controllo e supervisione
- serbatoi e silos per stoccaggio combustibile

Le caldaie a biomassa hanno invece un'inerzia molto alta, e non sono adatte a sopperire alle variazioni rapide delle utenze. Il quadro deve dunque essere completato da sistemi (caldaie di integrazione e soccorso) a bassa inerzia che riescono a variare rapidamente l'erogazione di potenza, senza troppo penalizzare i rendimenti (bruciatori modulanti).

Il cogeneratore è un impianto costituito da un sistema ORC alimentato da caldaia a biomassa che produce energia elettrica (alternatore) e energia termica (scambiatori di calore). È un sistema ad alta efficienza in quanto da un combustibile si sfruttano due effetti utili: calore e energia elettrica.

Visto l'andamento variabile dell'energia erogata durante la giornata, che vede dei minimi nelle ore notturne è stato previsto un accumulo di acqua calda costituito da un serbatoio opportunamente coibentato di 1000 m³. Questa riserva di energia termica può essere sfruttata in differenti modi, e quindi può essere assimilata ad una caldaia di potenza variabile in funzione delle necessità, per esempio per garantire i picchi di richiesta termica ma soprattutto permette un funzionamento costante del gruppo di cogenerazione aspetto fondamentale per una buona redditività.

Dal punto di vista energetico questo accumulo garantisce energia fruibile a seconda delle esigenze.

Capitolo 4

Infatti è previsto un sistema a più scambiatori per spillare energia dall'accumulo e riversarlo alla Rete di Teleriscaldamento. L'accumulo ha un rendimento dell'85%.

Il funzionamento è il seguente:

- Durante la notte, quando non vi sono picchi di richiesta termica dalla rete, il cogeneratore “rifornisce” l'accumulo di energia termica (ovvero l'acqua contenuta nel vascone viene scaldata da 70°C a 90°C).
- Durante il giorno, al mattino il vascone è “pieno” di energia termica. Quando la Rete di Teleriscaldamento ha dei picchi di richiesta in termini di potenza termica, l'accumulo cede l'energia precedentemente accumulata.

Il gruppo termico di integrazione e soccorso viene utilizzato in caso eccezionali di manutenzione o blocco delle caldaie a cippato. E' un sistema che ha un'inerzia termica molto bassa e quindi è possibile modularne il funzionamento in tempi brevi e composto da una caldaia pressurizzata ad alto rendimento in acciaio accoppiata ad un bruciatore a gasolio modulante

Riguardo il gruppo di pompaggio nella centrale termica vi sono i collettori di partenza e di arrivo della rete di teleriscaldamento. Qui sono dislocate le pompe per il ricircolo nelle caldaie e per la rete di teleriscaldamento stessa. Queste avranno la prevalenza necessaria a vincere tutte le perdite di carico del circuito chiuso e la portata necessaria a garantire presso ogni sottostazione la potenza richiesta. I gruppi di pompaggio a servizio dell'anello di teleriscaldamento sono del tipo a portata variabile, con controllo delle singole elettropompe disposte in parallelo.

La centrale è provvista di un impianto di controllo e supervisione delle sue singole parti e del funzionamento sinergico delle stesse sull'impianto intero. E' previsto anche un sistema di controllo sulla rete in modo da individuare in maniera tempestiva eventuali perdite. Il funzionamento è controllato in loco e supervisionato in remoto. Da una sede distaccata è possibile supervisionare la visualizzazione di tutti i dati necessari al funzionamento e la costruzione degli storici di centrale e la taratura dei parametri di funzionamento

I silos di stoccaggio della biomassa considerando la condizione di massimo consumo a pieno regime hanno un'autonomia variabile dai 6 ai 12 giorni

4.2 Descrizione della prima ipotesi di centrale termica

Il progetto iniziale della centrale termica è stato oggetto nel corso del tempo di alcune modifiche. Le variazioni apportate nel corso del progetto riguardano principalmente gli impianti e le macchine per la produzione di energia elettrica e di calore ubicate nella centrale di teleriscaldamento.

Tali apparati hanno interessato marginalmente la distribuzione delle aperture sul fabbricato di centrale, ampliandone alcune e riducendone altre, il tutto al fine di permettere una più agevole installazione o rimozione in caso di necessità. La forma, le dimensioni di ingombro e le linee architettoniche sono rimaste invariate.

Le caratteristiche del progetto iniziale sono descritte nella Tabella 8.

La centrale di teleriscaldamento, descrizione

Unità di generazione	Combustibile alimentato	Potenza
Caldaia a biomassa	Cippato di legna	6.000 kW
Caldaia a biomassa	Cippato di legna	6.000 kW
Caldaia di integrazione e soccorso	Gasolio	4.500 kW
Totale potenza caldaie		16.500 kW
Cogeneratore a motore diesel	Olio vegetale	2.500 kW
Totale potenza di centrale		19.000 kW

Tabella 8 - Caratteristiche della prima ipotesi di Centrale di Teleriscaldamento

Le unità di generazione sono corredate dai seguenti apparati:

- n°2 Scambiatori di calore – consentono il recupero del calore dei fumi da caldaie a biomassa;
- n°1 Economizzatore – recupero calore a bassa temperatura da fumi caldaie a biomassa;
- n°1 Silo per lo stoccaggio del cippato di legna – capacità stimata 260 m³ (80 tonnellate).
L'intero silos è dedicato allo stoccaggio della biomassa e serve dunque, mediante opportuni sistemi di movimentazione a rastrelli, le due caldaie;
- n°3 Serbatoi stoccaggio olio vegetale in acciaio con serpentino riscaldante per il mantenimento della temperatura al di sopra del punto di solidificazione dell'olio – capacità 50 m³ caduno;
- n°1 Serbatoio stoccaggio gasolio – capacità 15 m³;
- n°2 Filtri multiciclone – abbattimento delle particelle più grossolane presenti nei fumi di combustione delle caldaie a biomassa;
- n°1 Elettrofiltro a secco – abbattimento ad alta efficienza del particolato contenuto nei fumi;
- Sistema di trasporto e caricamento per mezzo di rastrelli oleodinamici;
- Sistema di abbattimento DeNOx SCR ad urea per la riduzione catalitica degli NOx ad azoto gassoso
- n1 Serbatoio per stoccaggio urea;
- n°1 Sistema di recupero calore da fumi cogeneratore;
- Quadri elettrici;
- n°1 Trasformatore per ausiliari di Centrale;
- n°1 Trasformatore BT/MT;

La Tabella 9 rappresenta una sintesi delle caratteristiche della centrale

Capitolo 4

Componente o caratteristica	Descrizione
stoccaggio biomassa	superficie 220 m ²
	volume disponibile (non di biomassa) 260 m ³
stoccaggio olio vegetale	n. 3 serbatoi da 50 m ³ /cad
stoccaggio olio vegetale	n. 2 serbatoi da 15 m ³ /cad
volume biomassa bruciate all'anno	31.000 m ³ (pari a 9100 t/anno)
volume olio vegetale bruciato all'anno	1.500 m ³ (pari a 1230 t/anno)
volume gasolio bruciate all'anno	200 m ³ (pari a 152 t/anno)
camini	n.3 , 1 x cogeneratore ,1x caldaia biomassa 1x caldaia gasolio altezza circa 3,5 mt oltre la centrale, diametro 900mm
numero utenze servite	n. 282 utenze
potenza totale utenze	27 MW circa (sostituita)
energia termica totale annua utenze	30.000 MWh circa utile, pari a 40.000 Mwh prodotta
lunghezza rete	12.000 metri
produzione ceneri (pari a circa 1% del cippato trattato)	91 t/anno
stoccaggio olio lubrificante del cogeneratore	550 l (1 carico all'anno)
serbatoio urea	15 m ³ (1 scarico ogni 2 mesi)

Tabella 9 - Riepilogo dei dati della Centrale di Teleriscaldamento

Oltre alla generazione di calore e di energia elettrica, la Centrale costituisce il terminale del circuito idraulico di teleriscaldamento. Per assolvere a tale funzione sono previsti in Centrale:

- Pompe movimentazione circuito primario (ossia interno alla Centrale di Teleriscaldamento);
- Pompe movimentazione circuito secondario (ossia pressurizzazione della rete);
- Disgiuntore idraulico – elemento idraulico necessario per separare i circuiti;
- Scambiatori di calore acqua calda in accumulo;
- Accumulo di acqua calda con funzione di volano;
- Vasi di espansione circuito primario e secondario;
- Sistema di trattamento chimico-fisico acqua circuito.

4.3 Descrizione dell'ipotesi attuale di centrale in fase di costruzione

In seguito il progetto iniziale della centrale termica ha subito alcune modifiche, la rivisitazione degli apparati di centrale e degli impianti di processo è dovuta a Considerazioni tecniche:

- rielaborazione dello scenario energetico di La Thuile:

La centrale di teleriscaldamento, descrizione

- approfondimento dei dati di fabbisogno di calore,
- definizione della rete di distribuzione,
- affinamento delle curve di richiesta energetica,
- sensibile diminuzione delle concentrazioni di inquinanti nei fumi emessi in atmosfera,
- contenimento delle emissioni sonore

Considerazioni di tipo gestionale:

- ottimizzazione dei costi di gestione dell'impianto,
- macchinari a più elevata affidabilità,
- migliore operatività manutentiva.

L'approvvigionamento dell'olio vegetale per il cogeneratore al porto di Genova doveva prevedere ogni volta un'attenta analisi delle caratteristiche dell'olio per poter garantire il corretto funzionamento del motore. La presenza di un solo impianto da 1 MW in Valle d'Aosta non consente una gestione ottimale di tali spese.

Di seguito la descrizione dei principali apparati: caldaia a biomassa, turbogeneratore, caldaia a gasolio e sistema abbattimento fumi

Caldaie a biomassa

La centrale termica è variata nella potenza e nella tipologia delle macchine. Le caldaie ad acqua calda previste da 6 MW cadauna alimentate a biomassa sono state sostituite con:

- n. 1 caldaia da 4 MW (4495 kW al focolare) ad acqua calda alimentata da biomassa
- n. 1 caldaia da 4 MW (4650 kW al focolare) ad olio diatermico alimentata da biomassa

La caldaia ad acqua calda sarà dotata di generatore a tubi d'acqua, forno adiabatico e combustione su griglia mobile, con immissione di aria secondaria per zona di postcombustione. La caldaia ad olio diatermico avrà generatore a tubi d'olio, forno adiabatico, zona di scambio per irraggiamento e per convezione. La caldaia ad olio diatermico alimentata a biomassa è prevista a servizio del turbogeneratore.

Capitolo 4

La tabella seguente presenta il confronto tra le due ipotesi di centrale

Caratteristiche Rete		
	progetto precedente	progetto attuale
Potenza totale utenze	27 MW	24,5 MW
Calore totale erogato	30 GWh/y	20 GWh/y
Caratteristiche Centrale		
	progetto precedente	progetto attuale
Consumo biomassa	9100 t/y	10600 t/y
Consumo olio vegetale	1230 t/y	-
Produzione ceneri	91 t/y	106 t/y
Stoccaggio olio vegetale	150 m ³	-
Generazione calore	Potenza totale utile 19 MW così ripartita: - n. 2 caldaie biomassa 6 MW - n. 1 caldaia gasolio 4,5 MW - n. 1 cogeneratore olio vegetale 2,5 MW	Potenza totale utile 14,5 MW così ripartita: -n.1 caldaia biomassa acqua calda 4 MW -n.1 caldaia biomassa olio diatermico a servizio del turbogeneratore -n. 1 caldaia gasolio 7,5 MW -n. 1 turbogeneratore 3 MW
Generazione energia elettrica	Potenza totale 1 MW da cogeneratore olio vegetale	Potenza totale 660 kW da turbogeneratore

Tabella 10 - Confronto progetto precedente e attuale

Turbogeneratore

Tale apparecchiatura è costituita da un modulo su cui sono installati gli organi necessari alla produzione di energia elettrica a partire dal calore prodotto dalla caldaia a biomassa e trasferito attraverso il circuito dell'olio diatermico.

Il turbogeneratore produce energia elettrica per mezzo di una turbina entro cui espande un fluido della famiglia dei silossani. Al condensatore viene recuperata l'entalpia del silossano a temperatura di 90°C con possibilità di utilizzare questo calore nella rete di teleriscaldamento. Il fluido compie un tradizionale ciclo rankine (da qui l'acronimo del dispositivo Organic Rankine Cycle). Nel dettaglio esso risulta costituito da:

- scambiatore olio diatermico/fluido organico operante per preriscaldamento con aumento di pressione del fluido organico

La centrale di teleriscaldamento, descrizione

- scambiatore olio diatermico/fluido organico operante come evaporatore per la vaporizzazione con aumento di pressione del fluido organico
- turbina che sfrutta il salto entalpico del fluido organico
- alternatore asincrono accoppiato alla turbina
- scambiatore fluido organico/fluido organico operante come rigeneratore
- condensatore fluido organico/acqua di processo
- scambiatore olio diatermico/fluido organico operante come preriscaldatore mediante l'entalpia dei fumi a bassa temperatura proveniente dall'economizzatore.

Caratteristica	Dato
Sorgente di calore	Olio diatermico in un circuito chiuso
Temperatura nominale olio diatermico (in/out) AT	315/253°C
Temperatura nominale olio diatermico (in/out) BT	253/133°C
Potenza ceduta dall'olio diatermico AT	3 485 kW
Potenza ceduta dall'olio diatermico BT	330 kW
Temperatura dell'acqua (in/out)	70/90°C
Potenza termica all'acqua	3080 kW
Potenza elettrica attiva lorda	706 kW
Potenza elettrica attiva netta	665 kW

Tabella 11 - Principali caratteristiche circuito ORC

Caldaia a gasolio

Rispetto a quanto previsto nel progetto precedentemente presentato e approvato, la caldaia ha unicamente subito un aumento di potenza, attualmente prevista in 7800 kW utili (8480 kW al focolare). Le caratteristiche costruttive e di funzionamento di tale apparato, ivi comprese le sicurezza antincendio e i.s.p.e.s.l. risultano invariate.

Si riporta l'attenzione su come il suo funzionamento sia stato previsto solo in condizioni particolari, che possono essere definite straordinarie, ossia quando i gruppi termici a biomassa si rivelassero insufficienti per problemi di manutenzione e/o di blocco.

Capitolo 4

Sistemi di abbattimento fumi

La linea di abbattimento polveri nei fumi di combustione delle caldaie a biomassa è rimasta qualitativamente invariata, sebbene ricalibrata sulla potenza inferiore delle caldaie. Saranno presenti quali organi di abbattimento delle polveri:

- Filtri multiciclone sulla linea fumi di ogni caldaia a biomassa
- Precipitatore elettrostatico comune

Ogni linea fumi disporrà di ventilatore proprio inserito a monte del precipitatore elettrostatico per una migliore regolazione della combustione. L'espulsione avverrà in un unico camino.

Architettura ed opere civili

Rispetto alla soluzione architettonica presentata non sono state apportate sostanziali modifiche. Tuttavia è opportuno segnalare come nel corso del progetto per esigenze di natura tecnica si sia resa necessaria una ridistribuzione della aperture sul perimetro del fabbricato, comunque sempre nel rispetto delle prescrizioni della Direzione Tutela Beni Paesaggistici e Architettonici dell'Assessorato Istruzione e Cultura e di quanto sviluppato nel progetto architetto

4.4 Il turbogeneratore ORC

Il sistema di cogenerazione ORC è dimensionato per soddisfare la domanda termica di base che rimane costante mentre per soddisfare i picchi di richiesta vengono messe in funzione altre caldaie a biomasse o altro combustibile. La modalità di funzionamento per l'impianto di La Thuile è ad inseguimento del carico termico.

La biomassa viene bruciata in una caldaia costruita secondo le tecniche usate anche per le caldaie ad acqua calda la costruzione di esse avviene ormai secondo tecniche consolidate e sicure.

I vantaggi dell'olio diatermico utilizzato come fluido termovettore sono bassa pressione nella caldaia, elevata inerzia termica, regolazione e controllo semplici e affidabili. La conduzione di una caldaia a olio diatermico può essere effettuata da un operatore non patentato che invece è indispensabile per la conduzione di una caldaia a vapore.

Il turbogeneratore ORC converte il calore in elettricità grazie all'utilizzo di un fluido di lavoro opportunamente formulato si ottiene un alto rendimento e affidabilità, il calore di condensazione si usa per produrre acqua calda a 80-90 gradi temperatura adeguata al teleriscaldamento.

La centrale di teleriscaldamento, descrizione

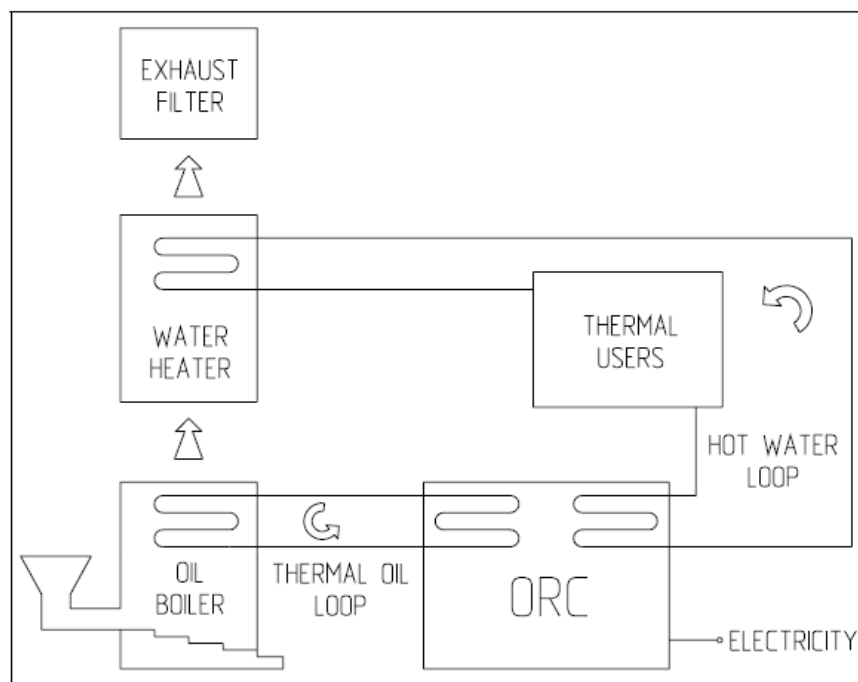


Figura 8 – Turbogeneratore ORC affiancato a biomassa

Un impianto alimentato a biomassa che usa un generatore ORC e costituito dai seguenti elementi:

- vasca di stoccaggio biomassa

deve poter garantire una certa autonomia di funzionamento viene costruita in cemento armato per preservare la biomassa dall'attacco di elementi patogeni e prevenire il rischio di incendio.

- meccanismo automatico di alimentazione della biomassa

tramite un sistema di estrazione idraulico la biomassa viene prelevata e posta su un nastro trasportatore che alimenta la caldaia. Il sistema si regola automaticamente la quantità di biomassa da bruciare

- una caldaia a biomassa con camera di combustione a griglia mobile raffreddata ad aria o ad acqua in base alla biomassa da bruciare
- uno scambiatore di calore gas combusti-olio diatermico installato sulla parte alta della caldaia composto da un singolo tubo a spirale in cui l'olio diatermico scorre a velocità relativamente alta per evitare il ristagno dello stesso. Questo evita surriscaldamenti nei tubi dell'olio che causerebbero un'alterazione delle sue caratteristiche riducendone la vita.

- Economizzatore

La temperatura d'ingresso dell'olio è abbastanza alta 250-300 gradi da consentire l'installazione di un altro scambiatore di calore tra gas caldo ed acqua detto economizzatore questo scambiatore aumenta il rendimento globale della caldaia. Viene installato al di sopra dello scambiatore primario ed ha la funzione di recuperare il calore della combustione della biomassa che non può essere trasferito all'olio per non surriscaldarlo. Grazie ad esso l'efficienza globale della caldaia che normalmente si aggira attorno all' 80% può raggiungere valori prossimi al 90%.

Capitolo 4

- Preriscaldatore per la combustione dell'aria
Viene installato al posto dell'economizzatore nel caso non sia richiesto dalla rete un aumento di potenza
- Due pompe che garantiscono la circolazione dell'olio diatermico in maniera tale da consentire il trasferimento di calore tra la caldaia e il turbo generatore. Una delle due pompe lavora in stand-by e si attiva quando la pompa principale non funziona correttamente l'alimentazione delle due pompe è garantita da un sistema UPS qualora venisse a mancare l'alimentazione della rete.
- un bypass per il trasferimento diretto dell' energia termica dal circuito dell'olio al circuito dell'acqua che viene usato in fase di avviamento del turbo generatore oppure se per qualsiasi motivo esso deve essere mantenuto spento
- turbo generatore ORC che grazie all'energia termica ceduta dall'olio fa vaporizzare il fluido organico all'interno dell'evaporatore.

La parte dell'energia termica che non viene convertita in potenza meccanica da parte della turbina si scarica nell'acqua tramite il condensatore. Il passaggio di calore dall'olio diatermico al fluido operante avviene in un secondo scambiatore detto vaporizzatore perchè il fluido operante passa allo stato di vapore che espandendosi mette in moto la turbina trasformando energia termica in energia meccanica e successivamente in energia elettrica.

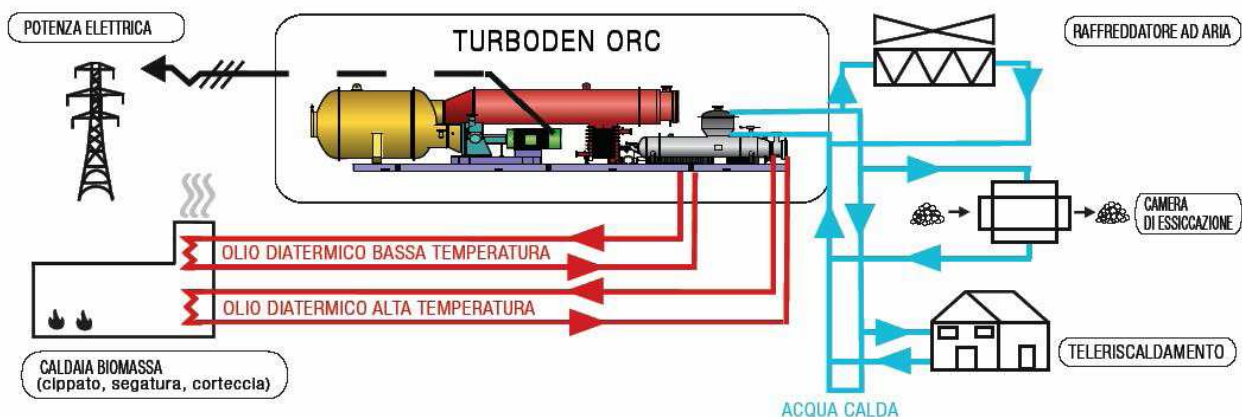


Figura 9 – Turbogeneratore ORC

Ciclo di funzionamento

Si basa su un ciclo chiuso di ranking realizzato utilizzando un opportuno fluido organico, il ciclo termodinamico e i vari componenti sono riportati in figura 10.

La centrale di teleriscaldamento, descrizione

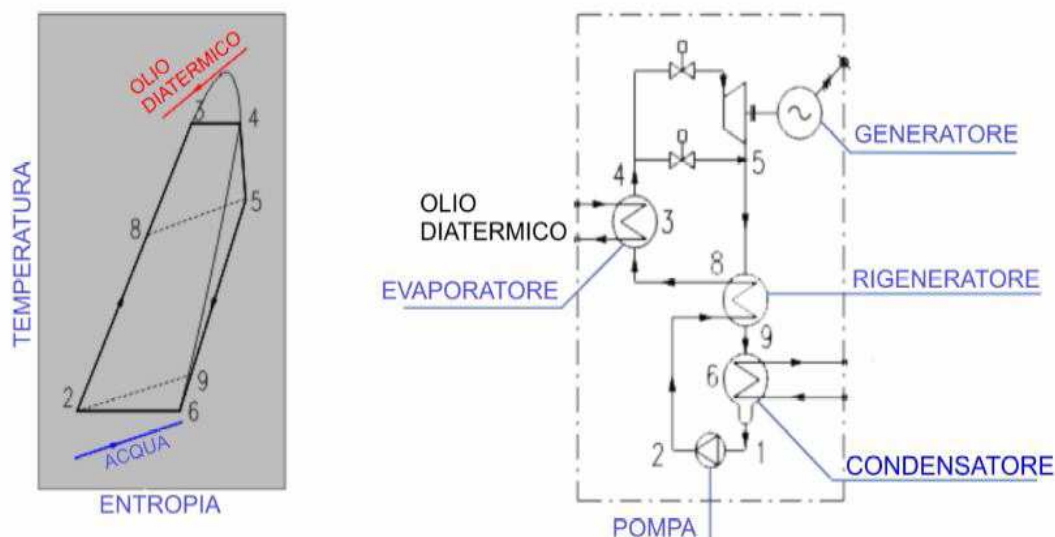


Figura 10 – Ciclo termodinamici e componenti ORC

L'olio diatermico caldo preriscalda e vaporizza un opportuno fluido di lavoro nell'evaporatore (8-3-4).

Il vapore del fluido di lavoro fa muovere la turbina che è collegata al generatore elettrico tramite un giunto elastico (4-5) il vapore scaricato scorre attraverso il rigeneratore (5-9) e riscalda il fluido organico(2-8) il fluido vaporizzato viene poi condensato attraverso un altro scambiatore di calore cioè un condensatore trasferendo il suo contenuto energetico all'acqua, in conclusione il fluido viene pompato verso il rigeneratore (1-2) e di seguito all'evaporatore chiudendo la sequenza delle operazioni .

Vantaggi olio diatermico- vapore

rispetto a una turbina a vapore l'olio presenta numerosi vantaggi

- alta efficienza del ciclo
- efficienza della turbina fino all' 85%
- modeste sollecitazioni meccaniche della turbina dovute alle basse velocità
- l'assenza di umidità non permette l'erosione delle palette della turbina, fenomeno tipico degli impianti a vapore
- mancanza di erosione e corrosione di componenti come tubazioni, valvole, lame della turbina
- non occorre trattare l'acqua
- ridotti interventi di manutenzione
- buone prestazioni a carico parziale. Lavora con carichi fino al 10% del carico nominale, ha una elevata efficienza fino al 50% del carico nominale

Bisogna tenere presente nel confronto che l'olio e il vapore lavorano con potenze di ordini di grandezza differente.

Capitolo 4

	ORC	TURBINA VAPORE
Rendimento elettrico a pieno carico	18-20%	15-30%
Rendimento termico	75-80%	0-60%
Rendimento complessivo	95-97%	30-90%
Range	450-1500KW	1000-150.000KW
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> •assenza di vapore acqueo, semplificazione tecnologica e burocratica •bassa manutenzione •trasportabile in container •rendimento elettrico costante ai carichi parziali •funzionamento automatizzato e controllabile in remoto •elevata affidabilità •semplicità •affidabilità 	<ul style="list-style-type: none"> •elevata affidabilità di esercizio •elevato numero di ore di utilizzo dell'impianto •moderati oneri di manutenzione; •Costi di investimento relativamente bassi.
Svantaggi	<ul style="list-style-type: none"> •alto costo dell'investimento •necessità di avere una caldaia con circuito ad olio diatermico; •smaltimento dell'olio diatermico esausto 	<ul style="list-style-type: none"> •impianto complesso •scarsa flessibilità a seguire le variazioni di carico e per la gestione è richiesto personale patentato e il presidio dell'impianto in continuo; •taglie minime molto grandi per impianti di cogenerazione •Spesso richiedono caldaie "fuori serie"

Tabella 12 – Confronto ORC con turbina vapore

La centrale di teleriscaldamento, descrizione

Rendimenti

Il rendimento complessivo dipende dalla caldaia a biomassa e dalla presenza dell'economizzatore.

- rendimento caldaia a olio diatermico (intesa come energia disponibile all'olio/potere calorifico inferiore biomassa) tra 80% e 83%, con l'economizzatore installato l'efficienza termica può raggiungere il 90%

- rendimento elettrico netto ciclo ORC (energia elettrica prodotta / potere calorifico biomassa) 15%

- lordo (energia elettrica prodotta / energia disponibile all'olio) 18%

-al 50% del carico 16,5%

- rendimento termico ciclo ORC 79%

- rendimento globale ciclo ORC 97 - 98 %

- perdite ciclo ORC 2-3%

- rendimento modulo ORC + caldaia cippato 78%

Il parametro fondamentale per valutare la redditività sono le ore annue di funzionamento che devono essere almeno 4000, un valore ottimale si aggira attorno alle 8000 ore/anno.

In questo senso il dimensionamento ha come criterio il soddisfacimento della richiesta termica di base costante durante l'anno.



Figura 11- Rendimenti

4.5 Caldaia ad acqua calda a griglia mobile

In centrale sono presenti due caldaie alimentate a biomassa, una ad acqua calda e una ad olio diatermico.

La caldaia è del tipo a griglia mobile inclinata e si adatta alle caratteristiche fisiche del cippato come dimensioni e umidità. Con un meccanismo di rastrelli a movimentazione idraulica il cippato viene trasportato dal deposito alla caldaia e per caduta va all'interno di una tramoggia e poi ad un cassetto dove per mezzo di uno spintore viene immesso all'interno del forno. Il cippato avanza tramite una griglia mobile inclinata che muovendosi consente una prima fase di essiccazione, quindi la gassificazione e infine la combustione.

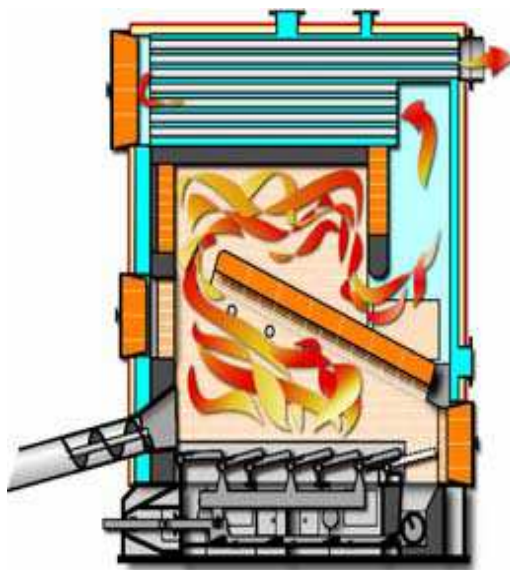


Figura 12 – caldaia biomassa

Il movimento della griglia inoltre fa in modo che il cippato venga smosso e girato durante l'avanzamento migliorando così il contatto con l'aria comburente, consente un controllo dello spessore del letto garantendo un'ottima combustione e la decantazione in caldaia delle polveri dei fumi.

La griglia non presenta organi in movimento soggetti a rotture e manutenzioni ed è costituita da diverse sezioni attraverso le quali passa l'aria comburente che viene finemente regolata come portata in funzione del carico in modo tale da garantire la corretta miscelazione dei gas e ottimizzare la combustione.

Sopra la camera di combustione principale è installata una camera di combustione secondaria alla cui base viene iniettata l'aria di combustione secondaria e il sistema di ricircolo fumi per mezzo di appositi ugelli. La camera secondaria consente il completamento della combustione bruciando eventuali incombusti e il controllo delle emissioni ottimizzando il tempo di permanenza dei fumi alla temperatura di 950°.

Sopra la camera di combustione si trova il generatore costituito da uno scambiatore a tubi d'olio e munito di un sistema automatico di pulizia ad aria compressa.

Lo split o economizzatore consente tramite una portata ridotta di olio diatermico un ulteriore recupero del calore dei fumi che escono dallo scambiatore primario utile per aumentare il

La centrale di teleriscaldamento, descrizione

rendimento elettrico del turbogeneratore.

Le ceneri vengono prodotte dalla combustione con una percentuale che va dall'1 % al 3% e hanno una granulometria variabile, quelle più grossolane provengono dal forno della caldaia mentre quelle più piccole dai filtri. Tramite nastri trasportatori che scorrono in canali sotto la centrale funzionanti in maniera automatica le ceneri vengono portate all'interno di appositi contenitori fuori dal locale.

4.6 Sistemi di abbattimento delle emissioni

I fumi derivanti dalla combustione contengono polveri di diversa granulometria, queste passano prima attraverso un filtro multiciclone e poi attraverso un precipitatore elettrostatico comune.

I filtri multiciclone

Sono costruiti per separare polveri a granulometria elevata e funzionano da prefiltri separatori. I fumi vengono fatti entrare in maniera tangenziale e uscire in maniera assiale in modo che le particelle più grossolane per inerzia precipitano lungo le pareti e vengono raccolte sul fondo dell'imbuto da una tramoggia per il recupero ceneri, mentre le polveri fini dopo una iniziale caduta risalgono per seguire i fumi assialmente verso l'uscita.

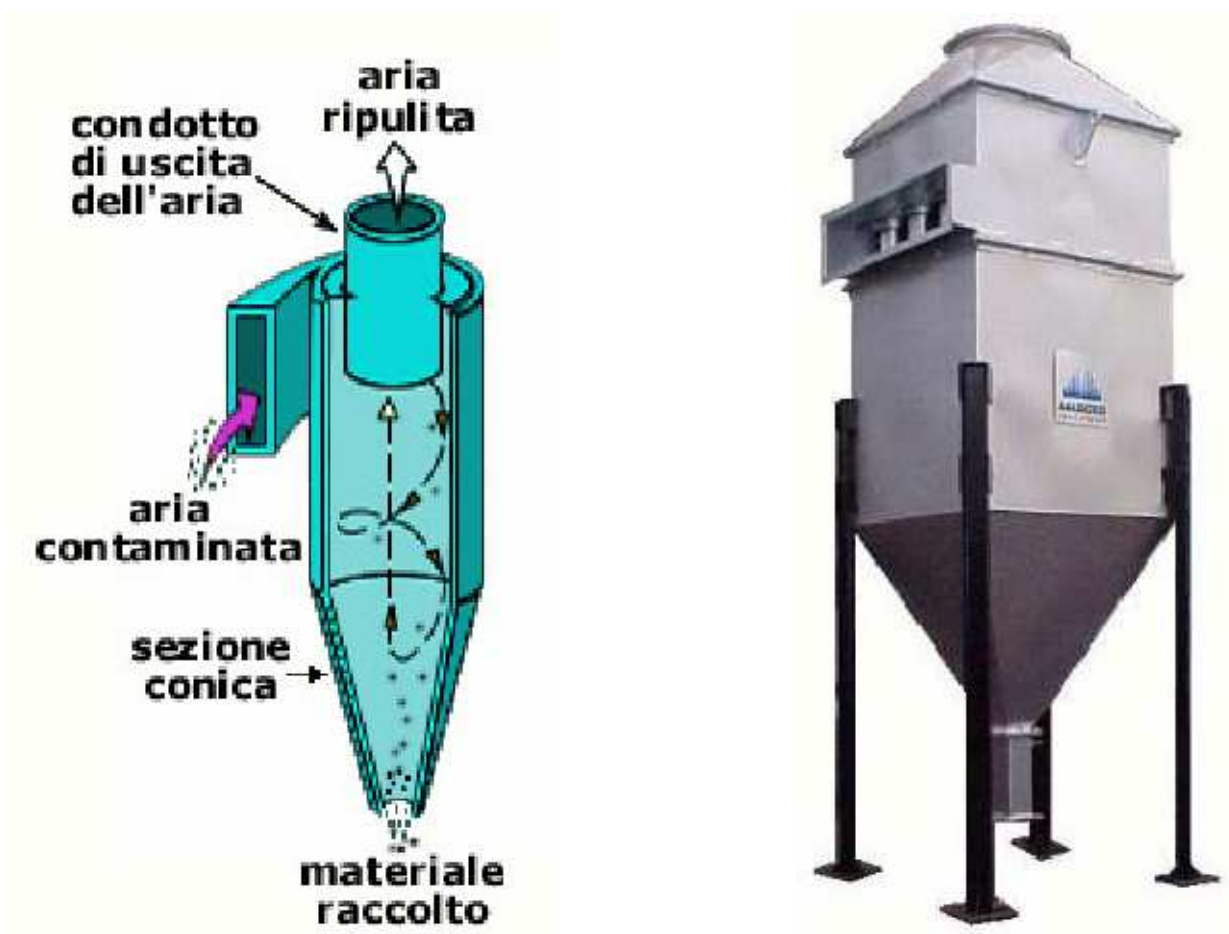


Figura 12 – Filtro ciclone

Il filtro elettrostatico

utilizza un campo elettrico ad alta tensione per caricare elettrostaticamente le particelle di polvere e raccoglierle successivamente su un elettrodo captatore.

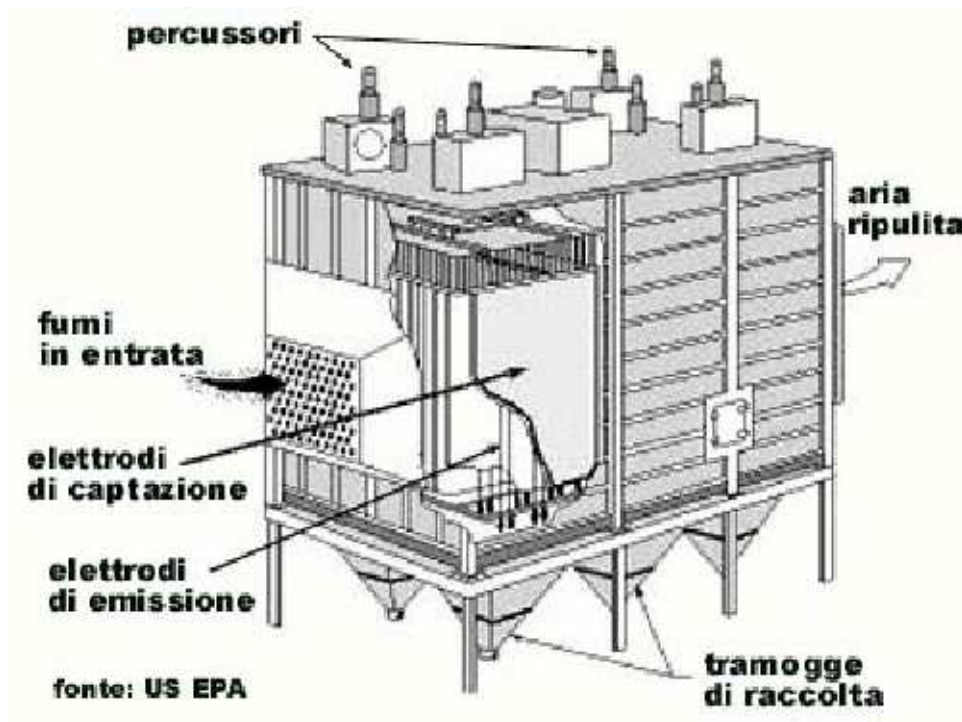


Figura 13 – Filtro elettrostatico

Il particolato caricato elettricamente si deposita per attrazione su un elettrodo di raccolta dove viene poi rimosso come materiale secco tramite vibrazioni.

La rimozione si rende necessaria in quanto le particelle depositandosi sull'elettrodo vanno a diminuire l'intensità del campo elettrico e quindi la capacità di abbattimento.

Capitolo 5

La Rete di Teleriscaldamento

5.1 Tipologie di reti di distribuzione

Esistono due tipologie di rete di distribuzione, diretta e indiretta. La prima, utilizzata prevalentemente in Germania e paesi dell'Est, è costituita da un unico circuito idraulico dalla caldaia al corpo scaldante. Presenta minori costi di installazione e minori perdite di calore, ma comporta notevoli complicazioni di esercizio, soprattutto per la regolazione delle portate e il calcolo delle perdite di carico.

La rete di distribuzione di tipo indiretto che è la più utilizzata in Italia, è costituita da due circuiti separati da uno scambiatore. A fronte di maggiori investimenti e un leggero aumento delle perdite esso consente l'utilizzo di componenti a bassa pressione per il circuito dell'utente, rende più facile la localizzazione delle perdite, e l'energia viene regolata e contabilizzata in modo più efficiente.

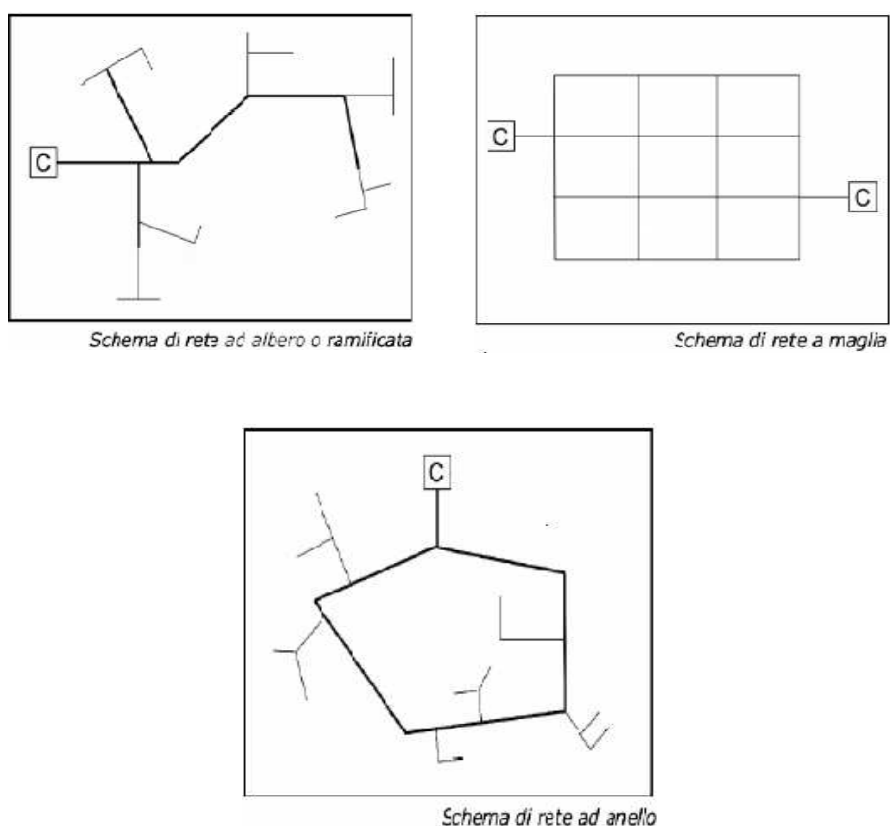


Figura 14 – Tipologie di rete

Capitolo 5

La separazione tra i due circuiti permette di gestire in modo autonomo la responsabilità riguardante la gestione dell'acqua, per esempio rispetto ai problemi dovuti alla corrosione e ai conseguenti controlli di qualità ed eventuali gruppi di addolcimento.

La rete inoltre può essere ramificata ad anello o a maglie.

La rete ramificata si compone di una dorsale principale da cui dipartono ramificazioni verso le utenze più piccole. Essa impone l'utilizzo di tubi più grandi nella parte iniziale ma non è generalmente vincolata dalla distribuzione delle utenze sul territorio.

La rete ad anello invece consiste in un tracciato chiuso, sia per la mandata e per il ritorno, con la possibilità di alimentazione da entrambi i lati. E' un sistema razionale ed efficiente, e si presta anche meglio a possibili ampliamenti, ma la convenienza va valutata per ogni singolo caso, a seconda delle caratteristiche di costo e dimensioni in gioco.

La rete a maglie, che prevede l'installazione di una serie di circuiti chiusi collegati tra loro. Essa massimizza i vantaggi delle due tipologie precedenti rispetto alla regolazione ed alla distribuzione del calore, ma dati gli alti costi di installazione si utilizza solo in casi di densità abitative molto alte.

5.2 Caratteristiche della rete locale

La Rete di Teleriscaldamento permette la distribuzione del fluido termovettore a partire dalla Centrale di Teleriscaldamento sino alle utenze finali, estendendosi su tutto il territorio comunale per una lunghezza totale (dorsale principale e ramificazioni secondarie) di circa 12 km. E' del tipo indiretto ad acqua calda, il sistema indiretto a fronte di un maggiore investimento garantendo l'isolamento del circuito dell'utenza da quello primario permette una più facile individuazione delle perdite, di usare componenti a bassa pressione sul circuito dell'utente e facilita la contabilizzazione.

La distribuzione è realizzata attraverso una tubazione di mandata e una tubazione di ritorno (lunghezza totale pari a 24 km), le quali ramificandosi permettono di raggiungere le utenze. I diametri della tubazione interrata, a circa 80 cm di profondità, variano in ragione del numero di utenze servite o di eventuali attraversamenti di altri sottoservizi, e avranno una ampiezza massima di 350 mm immediatamente a valle della Centrale.

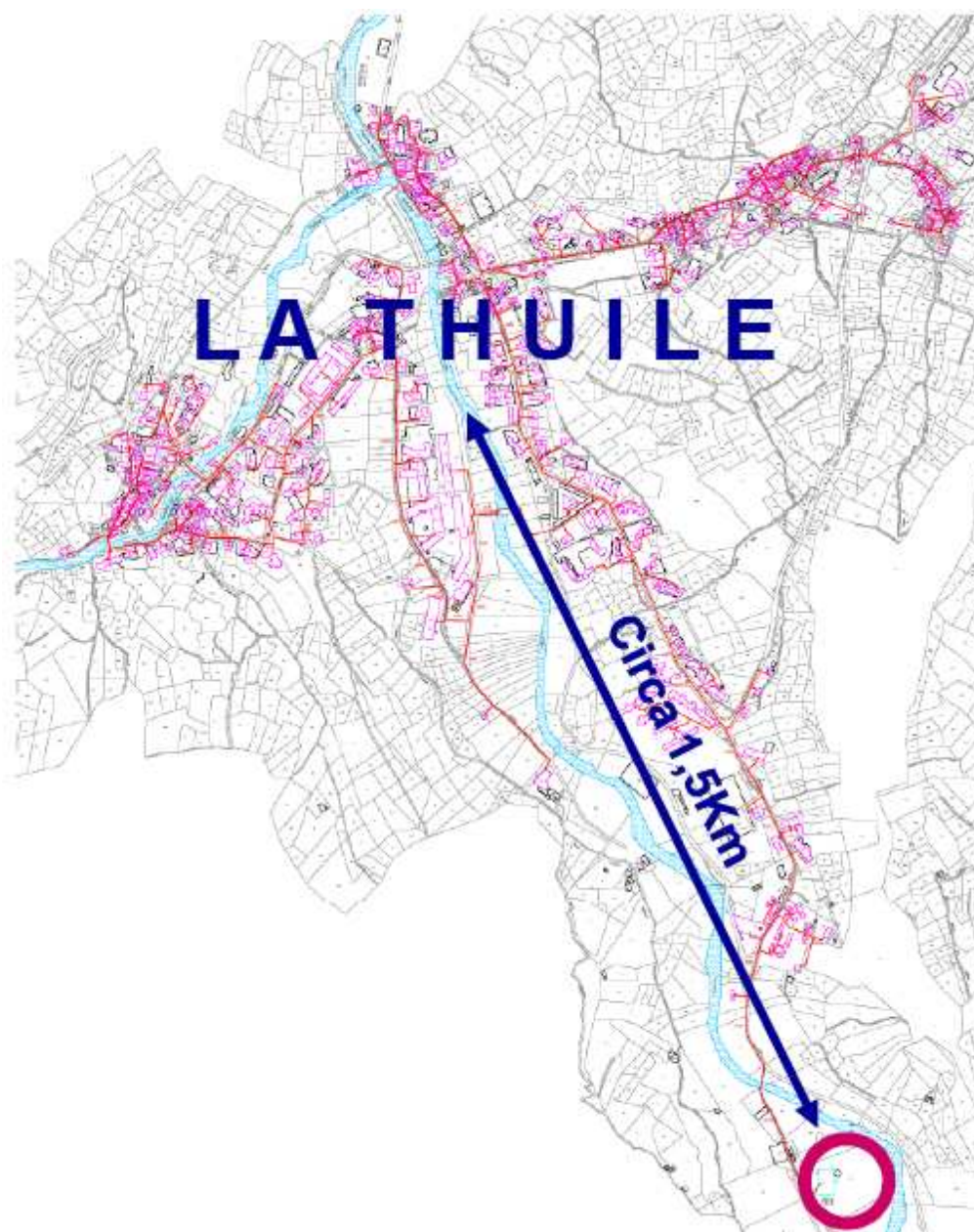
La rete di distribuzione del fluido termovettore dalla Centrale di Teleriscaldamento alle utenze si snoda su gran parte del territorio del Comune di la Thuile. Il suo tracciato, quindi, è vincolato dalla dislocazione della Centrale e delle singole utenze che la rete deve raggiungere, oltre che dall'orografia del terreno e dall'uso del suolo.

Per questo motivo si individuano dei percorsi obbligati, preferibilmente lungo le sedi viarie, composti da una successione di curve e tratti rettilinei.

Il tracciato della Rete di Teleriscaldamento è mostrato in Figura 15. Come evidenziato la centrale termica si trova a circa 1,5 km dal centro abitato, ciò permette una adeguata dispersione delle sostanze inquinanti.

La posa delle tubazioni avverrà immediatamente a fianco od al di sotto del manto stradale. La Rete di Teleriscaldamento sarà ubicata, indicativamente, a 80 cm di profondità ed in maniera da non interferire in alcun modo con sottoservizi o impianti a rete eventualmente presenti in corrispondenza del tracciato (nel qual caso la profondità potrebbe variare). In relazione alle potenze termiche in gioco, alla tipologia di utenze ed alla estensione della Rete di Teleriscaldamento, è stata definita a 90°C la temperatura di mandata in partenza dalla Centrale di Teleriscaldamento, con temperatura di ritorno presunta del fluido termovettore a 70°C con conseguente salto termico di 20°C.

La Rete di Teleriscaldamento



Centrale di teleriscaldamento

Figura 15 – Tracciato della rete

Gli scambiatori di calore presso le sottostazioni di utenza saranno dimensionati in maniera tale da avere sul circuito primario un salto termico $90^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$ e sul circuito secondario $73^{\circ}\text{C} - 63^{\circ}\text{C}$. In tale maniera la temperatura media radiante presente all'interno dei corpi scaldanti all'interno delle varie utenze sarà pari a 70°C con un ΔT tra fluido termovettore e aria ambiente pari a 50°C .

La dorsale distributiva sarà realizzata con tubazioni specifiche per impianti di teleriscaldamento costituite da tubo di conduzione di acciaio e tubo di rivestimento concentrico in polietilene (Figura 16 e 17). L'intercapedine tra il tubo di acciaio ed il tubo di rivestimento sarà coibentata con schiuma poliuretanicca con densità non inferiore a 60 kg/m^3 . Le tubazioni sono inoltre dotate di un sistema integrato per la rilevazione delle perdite.

Capitolo 5



Figura 16 – Sezione del tubo



Figura 17 - Tubo per distribuzione dorsali principali

Per tratti di rete di diametro ridotto o in presenza di passaggi angusti, è prevedibile l'utilizzo di tubazioni preisolate di tipo flessibile, al fine di consentire la posa delle medesime nonostante la presenza di numerosi servizi accessori sotterranei, quali fognature, gasdotti, tubazioni acqua potabile (Figura 18) Questo tipo di tubazione garantisce resistenza alle acque aggressive ed alle sostanze chimiche, nonché una resistenza meccanica paragonabile ai tubi in acciaio.



Figura 18 - Tubo in materiale polimerico

Capitolo 6

La struttura turistica Planibel

6.1 Il Planibel e il teleriscaldamento



Figura 19 - Residence Planibel

Il complesso Planibel è una imponente struttura turistica costruita nei primi anni '80 nel comune di La Thuile composta da una parte hotel e da diversi residence e situata a ridosso delle partenze di funivie e seggiovie che portano in quota sulle piste da sci.

La parte hotel è costituito da più di 250 camere, piscine, sale congressuali, tre ristoranti. La parte residence è costituita da quattro edifici indipendenti anche da un punto di vista degli impianti termici, per un totale di 250 appartamenti. Fanno inoltre parte integrante della struttura numerosi negozi, locali e attività in genere al servizio del turismo.

Motivazioni per l'allacciamento al teleriscaldamento

Le motivazioni che hanno indotto l'allacciamento al teleriscaldamento sono di carattere tecnico, ambientale ed economico.

Da un punto di vista tecnico con l'allacciamento al TLR si può optare per la dismissione dei generatori termici esistenti oppure, si possono mantenere in esercizio come generatori di scorta. La centrale di TLR è comunque dotata di sistemi telematici di supervisione monitorati 24h su 24h e di

Capitolo 6

sistemi ridondanti di produzione dell'energia termica. In ogni caso la manutenzione ordinaria e straordinaria di tutte le apparecchiature fino alle valvole di intercettazione posizionate a valle degli scambiatori sono a carico della società erogatrice del calore.

Nel caso di dismissione non sono più necessari i costi per le analisi di combustione e per la manutenzione ordinaria e straordinaria dei generatori termici. E' possibile svincolarsi dalla necessità di mantenere aggiornati i Certificati di Prevenzione Incendi per le attività 91(C.T.), 15 (Deposito combustibili), scollegando le cisterne, eseguendone la bonifica ed inviando la relativa dichiarazione al comando dei VVF di Aosta. E' inoltre possibile eseguire la richiesta di archiviazione della pratica relativa alla tenuta del registro di carico e scarico presso l' UTF per serbatoi con capacità complessiva superiore ai 22 mc (Dichiarazione di cessata attività e restituzione licenza). Non sono inoltre più necessari i libretti di collaudo rilasciati dall' ISPESL e le successive ispezioni quinquennali eseguite dall'USL (con conseguente sostituzione degli organi di sicurezza a bordo caldaia).

L'esercizio dei generatori come scorta invece comporta comunque il venire meno di tutte le problematiche relative all'esercizio ordinario dei generatori ed i costi di manutenzione e gestione sono limitati.

Per quanto riguarda la parte ambientale l'eliminazione dei camini in un'area ad alta densità turistica a ridosso delle piste da sci porta a indubbi miglioramenti della qualità dell'aria. Le emissioni dei vari camini vengono sostituite da un'unico camino della centrale di Tlr che si trova in una zona a circa 1,5 km dal centro abitato assicurando così una adeguata dispersione delle sostanze inquinanti. Per ulteriori particolari si rimanda al capitolo 8 - le emissioni.

Per la quanto riguarda la parte economica si ipotizza un risparmio medio del 20% stando ai prezzi attuali dei combustibili. Per una analisi approfondita si rimanda al capitolo 7 - confronto economico.

Caratteristiche generali delle centrali termiche

Da un punto di vista degli impianti termici l'hotel è alimentato da 5 caldaie con bruciatore a gasolio da 930 kW di potenza utile ciascuna per un totale di 4650 kW complessivi di potenza termica.

L'acqua calda sanitaria è prodotta da 2 scambiatori a piastre e accumulata in 4 serbatoi da 3000 litri ciascuno.

Le caldaie vengono sostituite dai 3 scambiatori a piastre del teleriscaldamento della potenza di 1650 kW ciascuno.

I residence sono così suddivisi:

Residence M.Bianco: è costituito da 70 appartamenti e servito da due caldaie a gasolio in parallelo della potenza utile di 581 kW ciascuna per un totale di 1162 kW. L'acqua calda sanitaria è prodotta da 1 scambiatore a piastre con 1 accumulo da 1500 litri .

Le caldaie vengono sostituite dai 2 scambiatori a piastre della potenza di 650 kW ciascuno.

Residence M.Rosa: è costituito da 79 appartamenti e servito da due caldaie a gasolio in parallelo della potenza utile di 632 kW per un totale di 1264 kW. L'acqua calda sanitaria è prodotta da 1 scambiatore a piastre con 1 accumulo da 1500 litri .

Le caldaie vengono sostituite da 2 scambiatori a piastre della potenza di 650 kW ciascuno

Residence M.Cervino: è costituito da 83 appartamenti e servito da due caldaie a gasolio in parallelo della potenza utile di 465 kW ciascuno per un totale di 930 kW. L'acqua calda sanitaria è prodotta da 1 scambiatore a piastre con 1 accumulo da 1500 litri.

Le caldaie vengono sostituite da 2 scambiatori a piastre della potenza di 650 kW ciascuno.

La struttura turistica Planibel

Residence S.Bernardo: è costituito da 34 appartamenti e un centro sportivo e servito da due caldaie a gasolio in parallelo della potenza utile di 581 kW per un totale di 1162 kW.

L'acqua calda sanitaria è prodotta da 1 scambiatore a piastre con 1 accumulo da 1000 litri .

Le caldaie vengono sostituite da 2 scambiatori a piastre della potenza di 650 kW ciascuno.

La totale potenza termica utile attualmente fornita da caldaie a gasolio e pari a 9,16 MW verrà sostituita da una potenza di 10,15 MW fornita dagli scambiatori a piastre del teleriscaldamento.

Bisogna osservare che la struttura Planibel utilizza una quota importante del calore prodotto dalla centrale di teleriscaldamento, a fronte di una energia termica alle utenze di circa 24.000 MW la struttura Planibel può arrivare a consumare più di 7000 MW.

6.2 I consumi di combustibile

La tabella seguente descrive in dettaglio i consumi mensili suddivisi tra la parte hotel e i vari residence. Il consumo nei mesi estivi serve quasi esclusivamente per la produzione di acqua calda sanitaria e per la gestione delle piscine.

Consumo di gasolio in litri anno 2007 complesso turistico Planibel						
	centrale termica Hotel	centrale termica residence M.Bianco	centrale termica residence M.Rosa	centrale termica residence M.Cervino	centrale termica residence S.Bernardo	TOTALE
potenza utile	4650 kW	1162 kW	1264 kW	930 kW	1162 kW	9168 kW
 mese	litri	litri	litri	litri	litri	litri
gennaio	73705	24890	12774	14750	13693	139.812
febbraio	72405	19088	14391	17817	13254	136.955
marzo	69597	20760	15026	15203	12552	133.138
aprile	22390	7754	7671	7911	4088	49.814
maggio	0	0	0	7105	0	71.05
giugno	20514	3471	3810	5367	2286	35.448
luglio	29096	4498	8339	8483	3209	53.625
agosto	18021	4255	6377	5965	1870	36.488
settembre	7301	1395	1383	5628	0	15.707
ottobre	6216	3298	2716	11915	580	24.725
novembre	20932	10170	4133	12330	4675	52.240
dicembre	72768	23898	16234	18416	15947	147.263
litri totali	412.945	123.477	92.854	130.890	72.154	832.320
(%) sul totale	49,6%	14,8%	11,1%	15,7%	8,6%	

Capitolo 6

Tabella 13 – Dati consumo combustibile Planibel

Il grafico seguente rappresenta i consumi storici i quali dipendono da diversi fattori come le temperature medie stagionali , il numero e il tipo di clientela , politiche di risparmio energetico mentre il grafico 7 invece rappresenta i consumi mensili totali in relazione ai gradi giorno

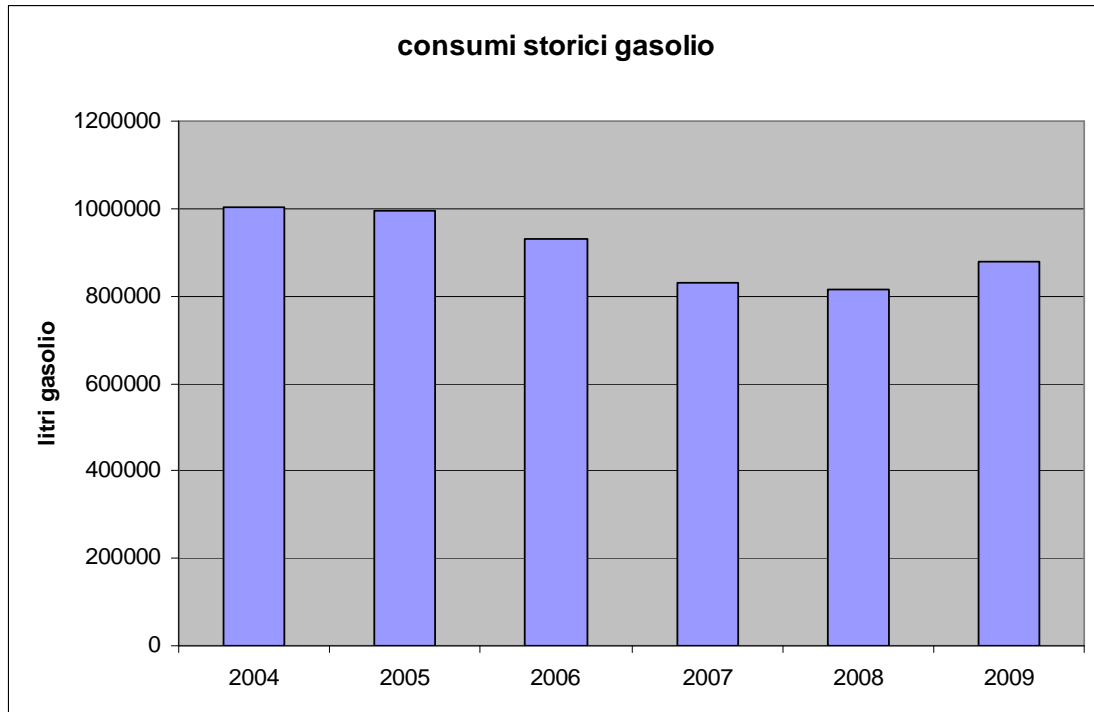


Grafico 6 – Consumi storici

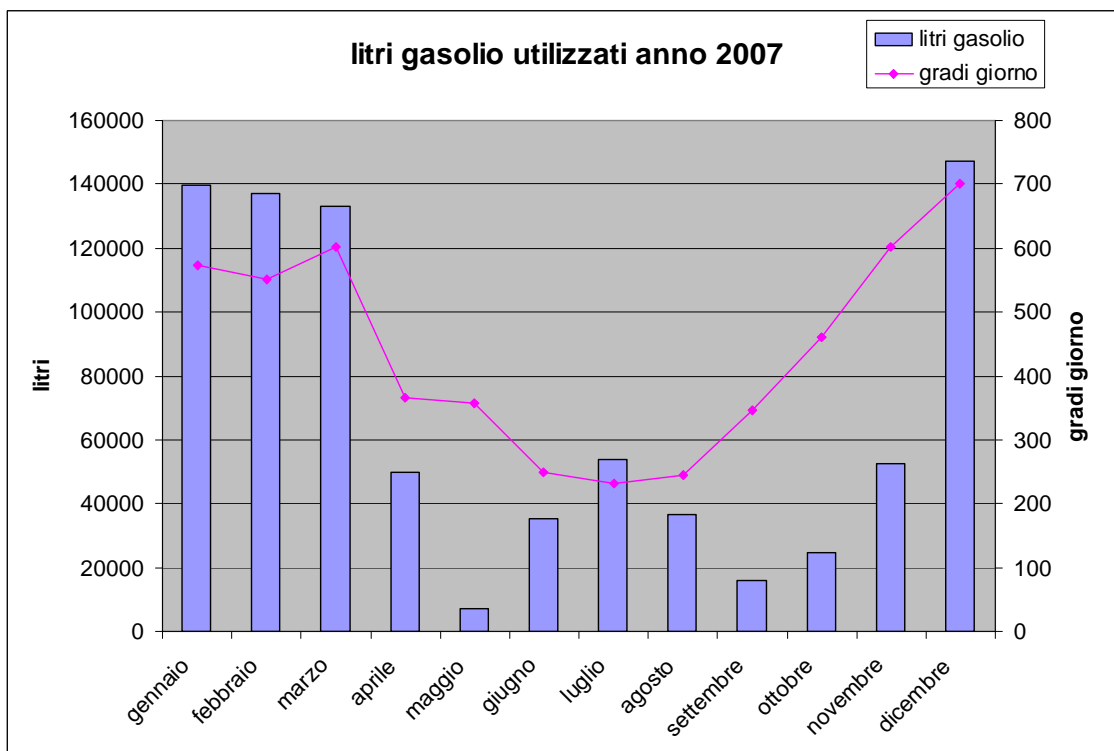


Grafico 7 – Consumi mensili e gradi giorno

La struttura turistica Planibel

Come si può vedere dal grafico 7 i consumi non sono strettamente correlati ai gradi giorno ma dipendono anche dalle chiusure e aperture stagionali.

I gradi giorno sono ricavati da serie storica relativa alla stazione di rilevamenti di Les Granges

mese	gradi giorno
gennaio	574
febbraio	550
marzo	602
aprile	365
maggio	358
giugno	250
luglio	231
agosto	244
settembre	345
ottobre	461
novembre	602
dicembre	700

Tabella 14 - Gradi giorno

Il grafico seguente rappresenta la percentuale di consumo di gasolio delle varie strutture rispetto al consumo totale.

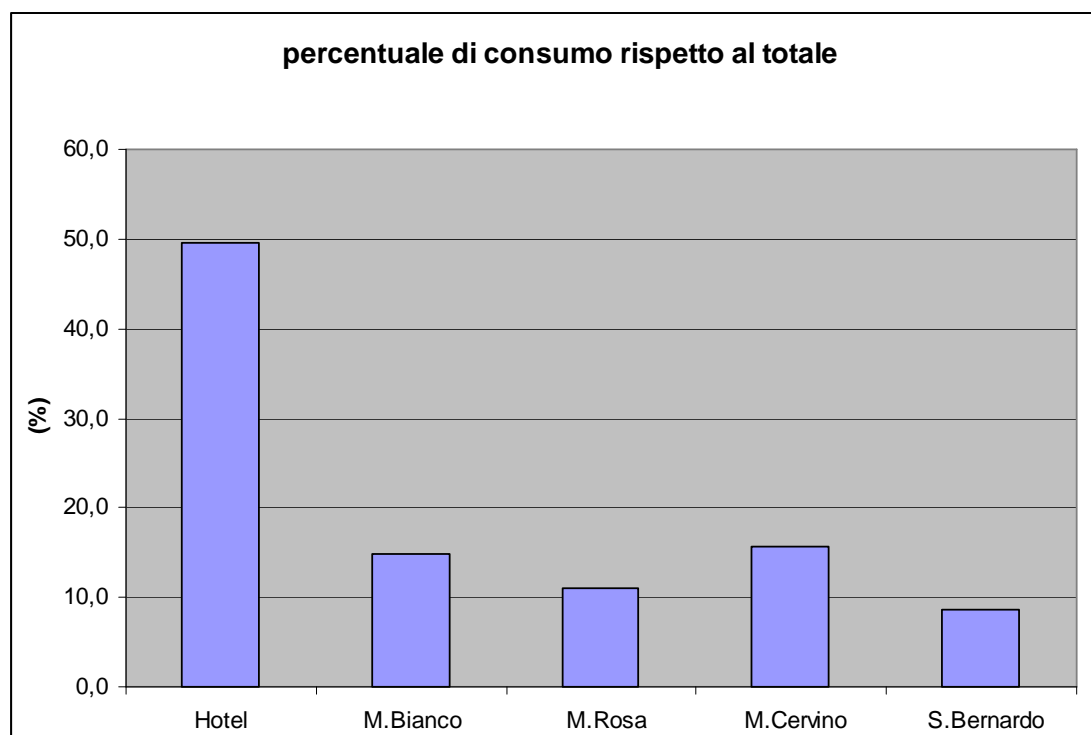


Grafico 8 – Consumo percentuale per struttura

6.3 Le sottostazioni

Una sottostazione di teleriscaldamento è costituita essenzialmente da uno scambiatore a piastre, un sistema di contabilizzazione del calore ad ultrasuoni telematizzato, una valvola a due vie motorizzata per la regolazione della portata del fluido termovettore collegata ad un sistema di termoregolazione telematizzato. Nella foto seguente una sottostazione dei residence Planibel da 1300 kW appena terminata.



Figura 20 – Sottostazione residence

Sono riportati di seguito due esempi di costi di allacciamento, per una centrale termica da 4750 kW e per una da 1300 kW. La spesa è composta essenzialmente da da tre voci :

- contributo tubazioni per lunghezze superiori ai 10 metri di 150 €/ m
- contributo di allacciamento fisso di 2100 €
- contributo in base alla potenzialità allacciata pari a 30 €/kW

La struttura turistica Planibel

Centrale termica da 4750 Kw	
Tubazioni oltre i 10 metri:	0 m (oltre i 10 metri)
Potenzialità scambiatori kW:	4750 kW (caldaia attuale)
a) Contributo tubazioni:	Importo standard
mt x €/m 150	€ 0
Iva 10%	€ 0
Totale (a)	€ 0
b) Contributo allacciamento Fisso	2.100,00 €
c) Contributo allacciamento Potenza (kW x € 30,00)	€ 142.500,00
IVA 10%	€ 14.460,00
Totale	€ 156.960,00
Deduzione Legge n. 388 del 23/12/2000 € 20,66 x kW	-€ 98.135,00
Totale (c)	58.825,00 €
d) Opere Edili + IVA compresa al 10%	€ 6.000,00
a+b+c+d) TOTALE Allaccio (IVA inclusa)	66.925,00

Tabella 15-Costo sottocentrale da 4750 kW

Essendo gli impianti di interesse alimentati a biomassa, si è tenuto conto dell'agevolazione prevista dall'art. 29 della legge 388/2000. Essa prevede che sia concesso agli utenti che si collegano ad una rete di teleriscaldamento, alimentata con energia geotermica o con biomassa, un contributo una tantum pari a lire 40.000 (corrispondenti a € 20,66) per ogni kW di potenza impegnata con decorrenza 1 gennaio 2001. La norma prevede che "il contributo è trasferito all'utente finale sotto forma di credito d'imposta a favore del soggetto nei cui confronti è dovuto il costo di allaccio alla rete." Il meccanismo di applicazione dell'agevolazione prevede, quindi, che il gestore della rete di teleriscaldamento anticipa il contributo spettante all'utente che si collega alla rete, scomputandolo dal costo di allaccio e beneficiando di un credito d'imposta di pari importo. Questo permette una notevole riduzione dei costi di installazione, soprattutto per le potenze medio-alte.

Capitolo 6

Centrale termica da 1300 Kw	
Tubazioni oltre i 10 metri:	30 m (oltre i 10 metri)
Potenzialità scambiatori kW:	1300 kW (caldaia attuale)
a) Contributo tubazioni:	Importo standard
mt x €/m 150	€ 4.500
Iva 10%	€ 450
Totale (a)	€ 4.950
b) Contributo allacciamento Fisso	2.100,00 €
c) Contributo allacciamento Potenza (kW x € 30,00)	€ 39.000,00
IVA 10%	€ 4.110,00
Totale	€ 43.110,00
Deduzione Legge n. 388 del 23/12/2000 € 20,66 x kW	-€ 26.858,00
Totale (c)	16.252,00 €
d) Opere Edili + IVA compresa al 10%	€ 3.000,00
a+b+c+d) TOTALE Allaccio (IVA inclusa)	26.302,00

Tabella 16 – Costo sottocentrale da 1300 kW

Termoregolazione delle sottostazioni di teleriscaldamento

Le sottostazioni di teleriscaldamento sono termoregolate da centraline digitali di ottimizzazione, telegestite, complete di n°4 sonde ad immersione rispettivamente posizionate sulle tubazioni di mandata e di ritorno dei circuiti primari e secondari dello o degli scambiatori di sottostazione, di n°1 sonda esterna.

Tale centralina termoregola il fluido termovettore del circuito secondario andando a comandare una elettrovalvola a due vie sulla mandata del circuito primario con azione proporzionale integrale in base allo scostamento della temperatura di mandata del secondario dal setpoint calcolato.

Tale setpoint potrà essere a punto fisso o determinato da una curva termoclimatica in base alla temperatura esterna.

La struttura turistica Planibel

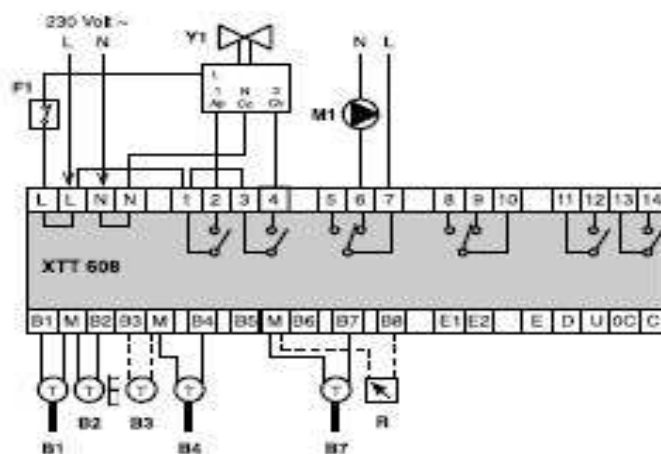


Figura 21 - Centralina di regolazione

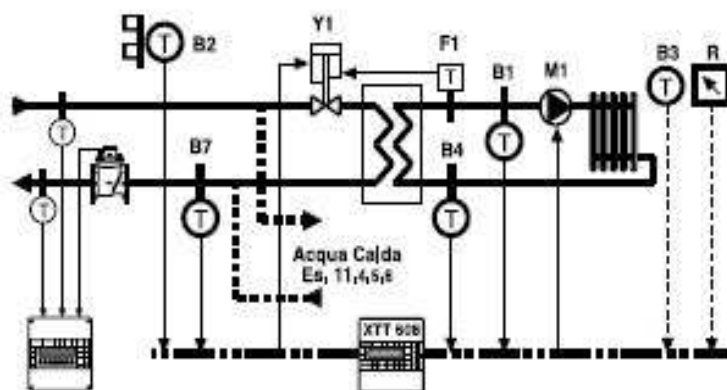


Figura 22 - Schema unifilare sottostazione

Tutte le centraline sono collegate con il comando teleaccesso al sistema di riscaldamento del secondario in maniera tale da mandare in chiusura l'elettrovalvola sul primario in caso di spegnimento del secondario evitando così inutili sprechi di energia.

La centralina ha inoltre la funzione di ottimizzare la precisione di misura dei contacalorie posti sulla tubazione di ritorno del secondario. In particolare vengono inseriti i valori massimi e minimi di portata entro i quali è garantita la migliore precisione del contatore volumetrico. Qualora la portata misurata fuoriesca da tale range di valori, l'elettrovalvola si porterà in chiusura andando a regolare con un sistema ON-OFF, ma facendo circolare l'acqua a portate in cui le misurazioni di energia siano al massimo livello di precisione previsto dalla casa costruttrice.

Capitolo 6

Capitolo 7

Le utenze del teleriscaldamento, analisi economiche

7.1 Parametri per il confronto tra teleriscaldamento e riscaldamento autonomo

Vogliamo ora analizzare i parametri per paragonare l'energia termica fornita da un impianto di teleriscaldamento e il consumo di combustibile di un impianto convenzionale di tipo autonomo a servizio di un edificio che viene alimentato con gasolio a parità di risultati finali, ovvero di calore ceduto a valle della caldaia o dello scambiatore del sistema di teleriscaldamento all'impianto di distribuzione dell'utenza.

Per il gasolio si considera un potere calorifico inferiore di 11,87 kWh/kg che rapportato al litro (considerando una massa volumica di 0,82-0,86 kg/litro) corrisponde - nel migliore dei casi - a 10,3 kWh/litro con minimi dell'ordine di 9,7 kWh/litro. Il tutto viene riferito a 15°.

Gli impianti termici civili si basano sull'uso di caldaie che normalmente generano:

- energia termica sotto forma, nella maggioranza dei casi, di acqua a media temperatura
- acqua calda sanitaria.

A fronte di questo servizio:

- consumano un combustibile;
- consumano elettricità;
- emettono gas di combustione che rappresentano una perdita energetica e una fonte di inquinamento;
- dissipano energia termica nell'ambiente esterno.

Il rendimento di un generatore termico è il rapporto tra l'energia entrante e quella uscente

- l'energia uscente è sostanzialmente sotto forma acqua calda prodotta
- l'energia entrante è il combustibile e l'energia elettrica.

Spesso nei calcoli si tende a trascurare l'energia elettrica, in quanto la preoccupazione è quasi sempre concentrata sul consumo di combustibile che rappresenta la maggiore spesa. Il rendimento è quindi quasi sempre calcolato sulla quota di combustibile consumato trascurando così il consumo elettrico, che in termini di energia primaria incide almeno del 7-8% su quelli totali. In aggiunta, va sottolineato che il rendimento è normalmente valutato a livello istantaneo e alla massima potenza della caldaia. In queste condizioni il rendimento è ottimale.

Rendimento medio stagionale di produzione

Per il confronto tra sistemi diversi di generazione del calore, tuttavia, si dovrebbe fare riferimento al rendimento medio stagionale di produzione che costituisce il parametro necessario per impostare calcoli economici ed energetici.

Il rendimento medio stagionale è sempre sensibilmente inferiore al rendimento istantaneo per una

Capitolo 7

serie di motivazioni di natura tecnica. In particolare:

- le perdite a carico nullo (stand-by) e i cicli di accensione e spegnimento della caldaia hanno una notevole influenza in quanto aumentano le perdite termiche in funzione del fattore di carico del generatore;
- lo scambio termico non si mantiene costante nel tempo e comunque risente di tutta una serie di fattori legati alle modalità di installazione e uso.

Il rendimento medio stagionale di produzione non dipende quindi solo dalle prestazioni della caldaia ma anche delle caratteristiche dell'impianto alla quale la stessa viene collegata in quanto certi fattori, come per esempio la frequenza dei cicli di accensione e spegnimento, sono da mettere in relazione, tra le altre cose, al tipo di regolazione e al corretto dimensionamento del generatore in relazione all'edificio servito. Più il generatore è sovradimensionato rispetto ai fabbisogni dell'utenza, più aumenta la frequenza dei cicli di accensione/spegnimento.

D'altronde le caldaie sono spesso largamente sovradimensionate per tenere conto dei periodi, anche se possono molto brevi, di freddo intenso. Per superare almeno in parte queste difficoltà sono state messe a punto le caldaie "modulanti", ovvero in grado di variare la loro potenza in funzione delle reali esigenze dell'impianto.

In termini indicativi, i rendimenti medi stagionali dei generatori varino tra il 70 e l'85% anche se i rendimenti istantanei possono raggiungere e superare il 95%. Un valore medio stagionale dell'85%, quindi, è da considerare ottimale. E' possibile pensare di superare questo valore solo con l'uso di caldaie a condensazione installate a regola d'arte e in particolari condizioni d'uso.

Il rendimento medio di produzione sopra indicato non tiene conto della produzione di acqua calda sanitaria che generalmente comporta rendimenti di conversione energetica ancora più limitati. Nel caso di generatori combinati riscaldamento/acqua calda sanitaria a gasolio ad accumulo nei periodi di non attivazione del riscaldamento il basso fattore di carico e le perdite di accumulo determinano rendimenti ancora inferiori intorno al 40% o meno. Situazioni anche meno favorevoli si riscontrano nei periodi di non attivazione del riscaldamento nel caso di impianti centralizzati con unico generatore per servizio riscaldamento e acqua calda sanitaria.

Il teleriscaldamento si basa sull'utilizzo di caldaie centralizzate e di una rete di distribuzione dell'energia termica. Quest'ultima viene ceduta all'utente con l'ausilio di scambiatori normalmente del tipo a piastre.

Definiamo il rendimento dello scambiatore del TLR in quanto la lettura dell'energia fornita dal sistema è effettuata a monte dello scambiatore stesso, mentre il prelievo di energia viene effettuata a valle. Occorre quindi considerare le relative dissipazioni di calore che in installazioni effettuate a regola d'arte (tubazioni e scambiatori isolati) sono molto contenute e dell'ordine dello 0,5%. In questa sede si considerano, sempre per essere prudenti nei confronti del TLR, perdite medie pari all'1,5%.

7.2 Il Planibel : confronto economico tra situazione attuale e teleriscaldamento

Per poter paragonare un sistema di teleriscaldamento con un sistema autonomo di caldaie a gasolio occorre tenere conto di una serie di aspetti .

Indicando con:

- TLR: sistema di teleriscaldamento;
- ACS: acqua calda sanitaria;

Le utenze del teleriscaldamento, analisi economiche

- COMB: quantità su base annua di combustibile, per il gasolio generalmente in litri richiesta dalla caldaia per il riscaldamento e produzione ACS;
- PCI: Potere Calorifico Inferiore del combustibile utilizzato dalla caldaia;
- ER: energia richiesta su base annua dal sistema edificio-impianto di distribuzione del calore;
- EACS: energia richiesta su base annua per la produzione di acqua calda sanitaria;
- Rsc: rendimento medio stagionale di produzione dello scambiatore del TLR a servizio della singola utenza ai fini del riscaldamento e fornitura
- RmsR: rendimento medio stagionale di produzione della caldaia a servizio della singola utenza ai fini del riscaldamento;
- RmsA: rendimento medio stagionale della caldaia per la produzione di acqua calda sanitaria;

Vale la relazione:

$$\text{Energia fornita dallo scambiatore TLR} \times \text{Rsc} = \text{Energia fornita dalla caldaia} = \text{Energia fornita} \\ = \text{EF}_{\text{tot}}$$

$$\text{EF}_{\text{tot}} = \text{EFr} + \text{EFacs}$$

Indichiamo con :

$$\text{Rsc} = 0,985 \text{ (perdite allo scambiatore del TLR dell'1,5\%);}$$

COMB = 832320 litri
consumo totale di gasolio anno 2007

Comb inv = 683947 litri
consumo di gasolio nei mesi invernali in cui è acceso il riscaldamento: ottobre, novembre, dicembre, gennaio, febbraio, marzo, aprile. Le caldaie lavorano a pieno carico e il rendimento è del 85% .

Comb est = 148373 litri
consumo di gasolio nei mesi estivi in cui viene scaldata solo l'acqua sanitaria: maggio, giugno, luglio, agosto, settembre. Le caldaie lavorano a carico ridotto il rendimento è del 50%.

$\text{EFr} = 683947 \text{ litri} \times 10 \text{ kWh/litro} \times 0,85 = 5813549 \text{ kWh/anno}$
energia del combustibile trasferita al fluido termovettore nei mesi in cui è attivo il riscaldamento

$\text{EFacs} = 148373 \text{ litri} \times 10 \text{ kWh/litro} \times 0,50 = 741865 \text{ kWh/anno}$
energia del combustibile trasferita al fluido termovettore nei mesi in cui si usa la sola acqua calda sanitaria

$\text{EF}_{\text{tot}} = \text{EFr} + \text{EFacs} = 5813549 \text{ kWh/anno} + 741865 \text{ kWh/anno} = 6555414 \text{ kWh/anno};$
energia che deve essere disponibile a valle dello scambiatore del TLR per dare la stessa energia della caldaia

$\text{E}_{\text{tlr}} = \text{EF}_{\text{tot}} / 0,985 = 6655242 \text{ kWh/anno};$
energia che deve fornire il TLR a monte dello scambiatore, dove viene contabilizzata, per ottenere la stessa energia che la caldaia gasoli fornisce ai corpi scaldanti

Si è considerato:

- PCI (gasolio) = 10 kWh/litro
- RmsR = 85% (0,850);

Capitolo 7

- RmsA = 50% (0,500 – produzione di acqua calda sanitaria con la caldaia a gasolio utilizzata per il riscaldamento);

Su base annua un consumo in caldaia di 832.320 litri corrisponde a 6.655.242 kWh che devono essere forniti a monte dello scambiatore del TLR. In appendice si trova la tabella di calcolo dettagliata per ogni centrale termica.

Quindi la reale conversione in termini energetici che si dovrebbe considerare per una comparazione tra TLR e caldaia a gasolio per riscaldamento e produzione ACS è in termini prudenziali nei confronti del TLR la seguente:

<i>1 kWh fatturato dal TLR = 0,125 litri di gasolio</i>

<i>1 litro di gasolio = 8 kWh fatturato dal TLR</i>

Le relazioni sopra sono valide per confrontare l'energia fatturata dal TLR con le prestazioni in termini di consumo di combustibile e kWh forniti di un sistema autonomo basato su una caldaia a gasolio per riscaldamento e produzione acqua sanitaria.

In questo caso, il periodo di attivazione del generatore deve essere suddiviso tra servizio combinato nel periodo invernale e servizio solo per acqua calda sanitaria nel periodo di non attivazione del riscaldamento pari a circa 5 mesi/anno in questa zona montana.

Nel periodo di non attivazione del riscaldamento si ha una drastica caduta del fattore di carico del generatore con conseguente forte calo del rendimento.

In termini economici invece dobbiamo tenere presente tutti i costi di gestione, assumendo le seguenti abbreviazioni:

- Ctrl: costo unitario del kWh termico fornito dal TLR;
- MAN: costo annuo medio di manutenzione della caldaia
- AMM: quota annua di ammortamento del maggior costo della centrale termica rispetto all'allaccio al TLR;
- AC: costo annuo analisi combustione
- EE: consumo di energia elettrica annuo della caldaia (kWh/anno)
- CE: costo unitario energia elettrica (€/kWh)
- CC: costo unitario del combustibile (nel caso del gasolio, €/litro)

risulta che il costo del servizio dei due sistemi sono forniti dalle seguenti relazioni:

Costo del calore prodotto dal TLR = Energia fornita dal TLR x Ctrl (€/anno)
(non consideriamo il costo di allacciamento della sottostazione)

Costo del calore prodotto dalla caldaia = MAN + AMM + AC + EE x CE + COMB x CC (€/anno)

Considerando i valori calcolati si ricava :

Energia fornita dal TLR = 6655242 kWh/anno

Ctrl = 0,07408 €/kWh

prezzo al netto di iva e di agevolazione fiscale pari a 0,02582 €/kWh per la stagione 09-10

MAN = 10.000 €/anno;

AMM = 0; Si considera un impianto esistente e quindi la propensione dell'utente a non

Le utenze del teleriscaldamento, analisi economiche

considerare questa voce.

AC=2500 €/anno per analisi di combustione

EE: 15.765 kWh x 0,14 €/kWh =1891 €/anno

CE: 0,14 €/kWh;

COMB = 832320 litri/anno ;

CC: 0,701 €/litro (gasolio)

prezzo al netto di iva ed esenzione fiscale pari a 0,12911€/litro nel 2009

risulta che:

TLR = 6655242 kWh x 0,07408 €/kWh = 493020 €/anno (1)
spesa con teleriscaldamento

Caldaia = 10.000 € + 0 € +2500 € + 1891 € + 832320 litri x 0,701 €/litro = 597847 €/anno. (2)
spesa con gasolio

Risparmio annuo con TLR pari a 104.827 € che corrisponde al 17.53 %

L'energia termica fornita dalla caldaia costa 597.847 € / 6.655.242 kWh = 0,089810 €/kWh a fronte dei 0,07408 €/kWh costo energia da TLR

Calcolo del Van e punto di pareggio

Dalla uguaglianza delle due relazioni (1) e (2) sopra si ricava il prezzo di pareggio economico tra i due servizi

10.000 € + 0 € + 2500 € + 1891 € + 832320 litri Prezzo Pareggio €/litro = 493020 €/anno

il che si ottiene con un costo del gasolio pari a 0,575 €/litro.

La tabella seguente riassume i parametri finanziari

Costo di allacciamento alla rete di teleriscaldamento	137.796,96 €
flusso di cassa annuo	104.827 €
durata investimento pari alla vita media impianto	15 anni
tasso di sconto	6%
rientro capitale proprio	1,31 anni
V.A.N flusso di cassa attualizzato tolti i costi di investimento	880.309 €

Tabella 17 - Parametri finanziari teleriscaldamento/caldaia

Capitolo 7

La funzione $Y = (1 - 478619 / 832320X) * 100$ rappresenta la percentuale di risparmio al variare di X prezzo del gasolio, rappresentata dal grafico 9.

La funzione $y = 832320 x - 478629$ rappresenta la differenza di spesa tra TLR e gasolio, rappresentata dal grafico 10.

Dai grafici che seguono si può osservare come varia il risparmio percentuale e assoluto del teleriscaldamento in funzione del prezzo del gasolio essendo molto più volatile del prezzo del teleriscaldamento fissato ad un valore pari a 0,07408 €/kWh .

Dal grafico 9 si vede dall'intersezione con l'asse delle ascisse con la curva che il pareggio tra i due servizi si conseguirebbe con un costo del gasolio pari a 0,575 €/litro, a fronte di un prezzo attuale del gasolio di 0,701€/litro.

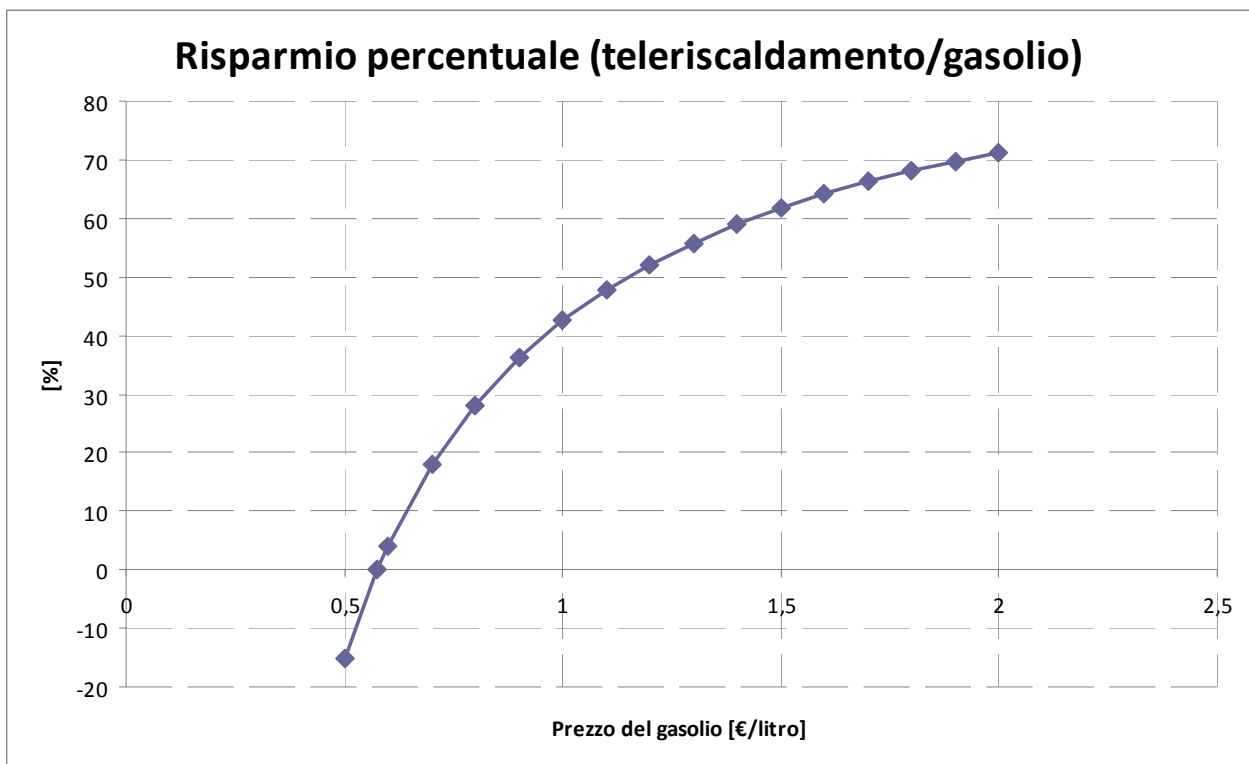


Grafico 9 - Risparmio percentuale annuo

Le utenze del teleriscaldamento, analisi economiche

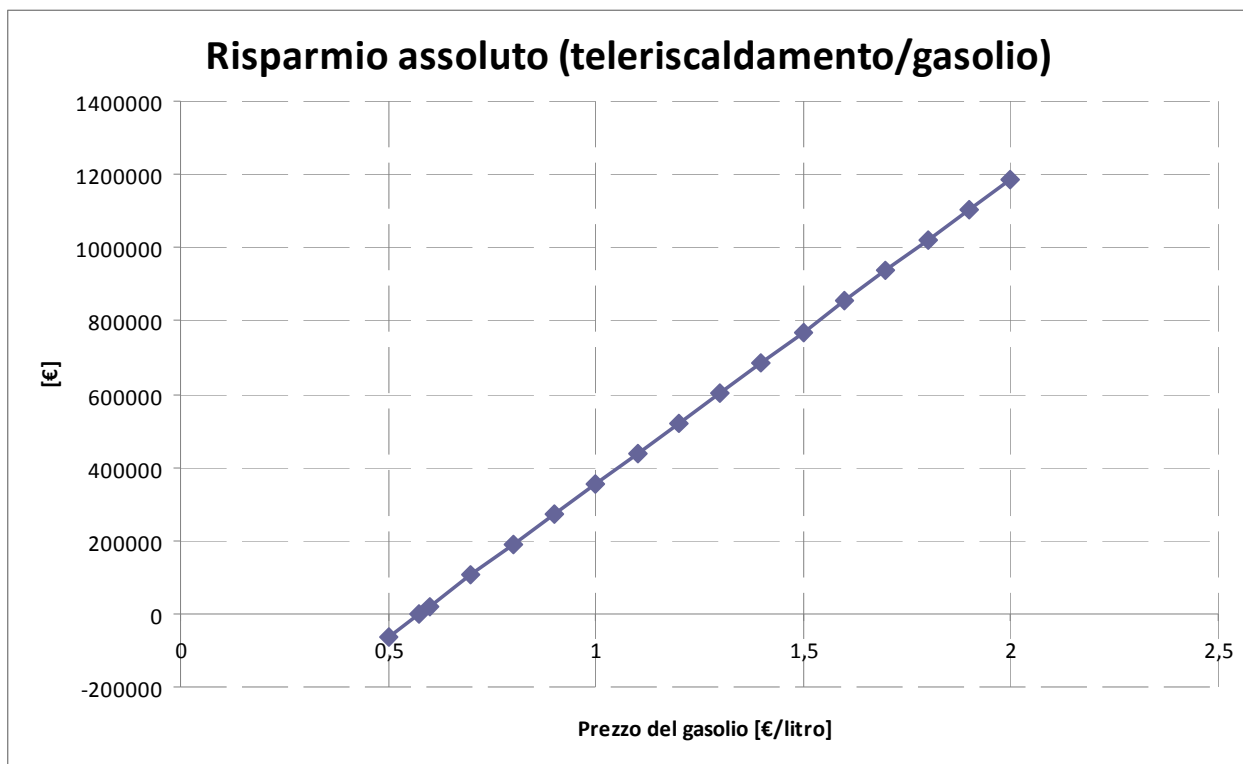


Grafico 10 - Risparmio assoluto annuo

Dalla uguaglianza tra le relazioni (1) e (2) ricavo la funzione $y = (14391 + 832320x) / 6655242$ descritta nel grafico 11 che rappresenta la retta di pareggio gasolio/Tlr con $y =$ prezzo kWh teleriscaldamento, $x =$ prezzo litro gasolio .

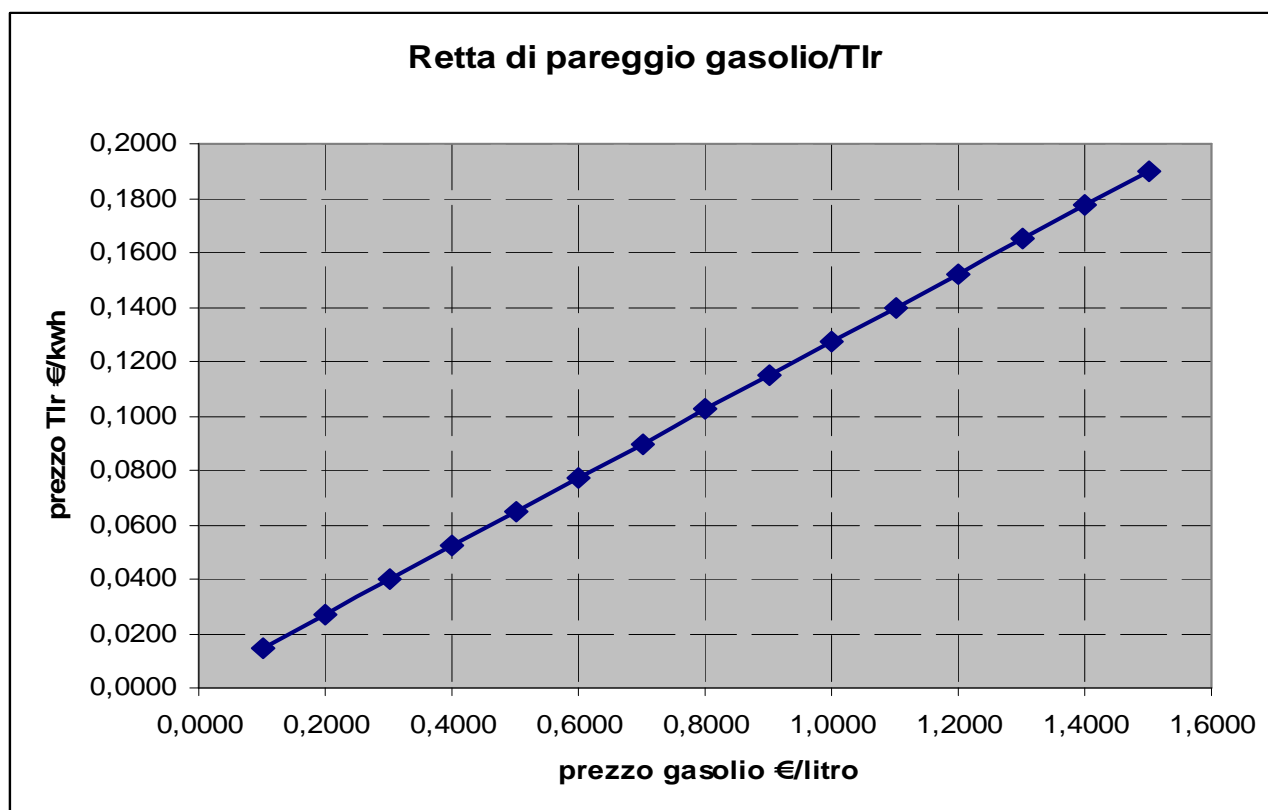


Grafico 11 - Retta di pareggio gasolio/TLR

Capitolo 7

I punti della retta rappresentano i prezzi di pareggio tra il costo dell'energia termica da gasolio e il costo dell'energia termica da TLR. Dal grafico si può osservare come fissato il prezzo del TLR e del gasolio i punti sopra la retta sono a favore del gasolio mentre i punti sotto la retta rappresentano un vantaggio economico per il teleriscaldamento .

7.3 Confronto tra teleriscaldamento e caldaie a condensazione

Il confronto analizzato si basa su un impianto a gasolio e in ottime condizioni di funzionamento. Le caldaie a condensazione sono caratterizzate da rendimenti più elevati di quelli delle caldaie convenzionali e costituiscono il riferimento naturale per le migliori realizzazioni impiantistiche. Tale rendimenti sono comunque strettamente dipendenti dalle temperature di funzionamento dell'impianto di distribuzione del calore.

I fumi nelle caldaie a condensazione possono venire raffreddati fino a temperature molto basse (anche 20-30° C). Ciò provoca la condensazione del vapore acqueo in esse contenuto che deriva dalla combustione dell'idrogeno contenuto nel combustibile. La condensazione libera ulteriore energia (calore latente di condensazione) che può essere recuperata ai fini del riscaldamento. Da un punto di vista strutturale, quindi, una caldaia a condensazione deve essere in grado di scaricare la "condensa" (che viene smaltita attraverso il sistema fognario) e deve avere un ventilatore piuttosto efficiente per lo smaltimento dei fumi (che potendo essere più freddi beneficiano "dell'effetto camino" in termini molto ridotti).

I modelli più comuni e efficienti funzionano a gas naturale e sono reperibili anche modelli a gasolio. Di seguito si fa riferimento, per semplicità di esposizione, a una generica caldaia a condensazione caratterizzata da ottime prestazioni medie stagionali di produzione.

Va osservato che:

- il maggiore rendimento deriva dalla maggiore aliquota di calore recuperata litro di combustibile attraverso la condensazione del vapore acqueo contenuto nei fumi di combustione;
- la condensazione dei fumi inizia a circa 60° C e termina attorno ai 30° C, quindi il recupero di energia avviene se si raffreddano i fumi a valori compresi tra queste due temperature;
- conviene utilizzare queste caldaie laddove esistono sistemi di riscaldamento a bassa temperatura cioè sostanzialmente a pavimento ;
- l'utilizzo di caldaie a condensazione con sistemi di riscaldamento a termosifoni offre vantaggi limitati rispetto alle caldaie tradizionali;
- l'utilizzo delle medesime con sistemi di riscaldamento radianti a bassa temperatura offre il massimo delle prestazioni;
- i vantaggi offerti per la produzione di acqua calda sanitaria sono ridotti.

Confronto caldaia gasolio con caldaia condensazione a servizio di impianti a termosifoni

Vale la relazione:

Energia fornita dallo scambiatore TLR x Rsc = Energia fornita dalla caldaia a condensazione = Energia fornita = EFtot

$$EF_{tot} = E_{Fr} + E_{Facs}$$

Indichiamo con

$$Rsc = 0,985 \text{ (perdite allo scambiatore del TLR dell'1,5\%);}$$

Le utenze del teleriscaldamento, analisi economiche

$E_{Fr} = 5813549 \text{ kWh/anno}$; *valore calcolato in precedenza*
energia trasferita al fluido termovettore dovuta alla caldaia nei mesi in cui è attivo il riscaldamento

$E_{fr \text{ gasolio}} = 5813549 / 0,900 = 6459498 \text{ kWh/anno}$
energia del combustibile nei mesi in cui è attivo il riscaldamento

$E_{Facs} = 741865 \text{ kWh/anno}$; *valore calcolato in precedenza*
energia trasferita al fluido termovettore dovuta alla caldaia nei mesi estivi per sola acqua calda sanitaria

$E_{facs \text{ gasolio}} = 741865 / 0,75 = 989153 \text{ kWh/anno}$
energia del combustibile nei mesi in cui è attivo il riscaldamento

$E_{fr \text{ gasolio}} + E_{facs \text{ gasolio}} = 7448652 \text{ kWh/anno}$
energia totale fornita dal gasolio

Litri di gasolio consumati dalla caldaia condensazione = $7448652 / 10 \text{ kWh/litro} = 744.865$
litri/anno

Litri di gasolio consumati dalla caldaia standard misurati nel 2007 = 832.320 litri/anno

Risparmio annuo riferito 2007 = $(832320 \text{ litri} - 744865 \text{ litri}) \times 0,701 \text{ €/litro} = 61.305 \text{ €}$
 $E_{tlr} = 6655242 \text{ kWh/anno}$

dove abbiamo considerato :

- PCI (gasolio)= 10 kWh/litro
- RmsR = 90% (0,900);
- RmsA = 75% (0,750 – produzione di acqua calda sanitaria con la caldaia a gasolio utilizzata per il riscaldamento);

risulta che su base annua un consumo di gasolio in caldaia a condensazione di 744.865 litri/anno corrisponde a 6.655.242 kWh/anno che devono essere forniti a monte dello scambiatore del TLR per avere lo stesso effetto

Quindi la reale conversione in termini energetici che si dovrebbe considerare per una comparazione tra TLR e caldaia a condensazione a gasolio per riscaldamento e produzione ACS è in termini prudenziali nei confronti del TLR la seguente:

<i>1 kWh fatturato dal TLR = 0,112 litri di gasolio della caldaia condensazione</i>
--

<i>1 litro di gasolio = 8,86 kWh fatturato dal TLR</i>

Le due relazioni sopra sono valide per confrontare l'energia fatturata dal TLR con le prestazioni ,in termini di consumo di combustibile e kWh forniti, di un sistema autonomo basato su una caldaia a condensazione per riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria.

In termini economici invece dobbiamo tenere presente tutti i costi di gestione di una caldaia a condensazione, consideriamo nullo l'ammortamento dei costi di acquisto delle caldaie a condensazione come nel caso precedente abbiamo considerato nulli i costi di allacciamento al

Capitolo 7

teleriscaldamento. Verranno considerati in seguito nel calcolo del VAN.

come per il confronto precedente sono valide le due relazioni:

Costo del calore prodotto dal TLR = Energia fornita dal TLR x Ctlr (€/anno)

Costo del calore prodotto dalla caldaia = MAN + AMM + AC + EE x CE + COMB x CC (€/anno)

Considerando i valori calcolati si ricava :

Energia fornita dal TLR = 6655242 kWh/anno

Ctrl = 0,07408 €/kWh

prezzo al netto di iva e di agevolazione fiscale pari a € 0,02582 per la stagione 09-10

MAN = 10.000 €/anno;

AMM = 0

AC = 2500 €/anno costo analisi combustione

EE: 2 x 15.765 kWh x 0,14 €/kWh = 3782 €/anno

CE: 0,14 €/kWh;

COMB = 744865 litri/anno ;

CC: 0,701 €/litro (gasolio)

prezzo al netto di iva ed esenzione fiscale pari a 0,12911 €/litro nel 2009

risulta che:

Caldaia attuale = 10.000 € + 0 € + 2500 € + 1891 € + 832320 litri x 0,701 €/litro = 597.847 €/anno.

Caldaia condensazione = 10.000 + 0 + 2500 + 3782 € + 744865 litri x 0,701 €/litro = 538.432 €/anno

Risparmio annuo con caldaia condensazione rispetto caldaia attuale =
597.847 €/anno - 538.432 €/anno = 59.414 €/anno pari al (59.414 / 597847) x 100 = 9,93%

Risparmio annuo TLR rispetto caldaia attuale pari a 104.827 €/anno pari al 17.53 %

L'energia termica fornita dalla caldaia condensazione costa
538.432 € / 6.655.242 kWh = 0,08090 €/kWh con riferimento ai kWh forniti a monte dello
scambiatore del TLR.

Le utenze del teleriscaldamento, analisi economiche

La tabella seguente riassume i parametri finanziari

Costo di acquisto e installazione caldaie condensazione	450.000 €
flusso di cassa annuo	59.414 €
durata investimento pari alla vita media impianto	15 anni
tasso di sconto	6%
rientro capitale proprio	7,6 anni
V.A.N flusso di cassa attualizzato tolti i costi di investimento	127.043 €

Tabella 18 – parametri finanziari caldaia condensazione/caldaia attuale

7.4 Confronto tra le diverse opzioni considerato il costo dell' investimento iniziale

Abbiamo sinora considerato nei calcoli i costi dell'energia e di manutenzione annui trascurando l'investimento iniziale, in quanto l'utente tende a non considerare il costo di ammortamento delle caldaie essendo già esistenti.

Consideriamo ora il costo dell'investimento iniziale per l'acquisto del generatore o sottostazione, per tenere conto del costo del denaro consideriamo la rata annuale ad un tasso del 5% per 15 anni, il costo del kWh è calcolato con riferimento ai kWh forniti dal TLR = 6.655.242 kWh a monte dello scambiatore .

I risultati ottenuti sono esposti nella tabella seguente:

Caldaia condensazione
costo caldaie condensazione = 450.000 € rata annua = 43.354 €
costo totale annuo = 538432 + 43.354 = 581786 €
costo del kWh = 581786/6655242 = 0,08741 €/kWh
Teleriscaldamento
costo sottostazione TLR = 140.000 € rata annua= 13.487 €
costo totale annuo = 493020 + 13.487 = 506507 €
costo del kWh 506507/6655242 = 0,07610 €/kWh
Caldaia attuale standard
costo caldaia standard = 240.000 € rata annua =23.122 €
costo totale annuo = 23.122 + 597847 = 620969 €
costo del kWh 620969 / 6655242 = 0,09330 €/kWh

Tabella 19 - Confronti costo investimento iniziale e totali

Di seguito vediamo tabelle e grafici riassumono i risultati ottenuti in precedenza .

Capitolo 7

La tabella seguente confronta i costi totali e i costi per kWh di energia termica con e senza considerare l'investimento iniziale del generatore o per il TLR i costi di allacciamento

	Caldaia a gasolio attuale	Caldaia a condensazione	Teleriscaldamento
Costo totale energia termica annuo senza considerare il costo del generatore	597.847 €	538.432 €	493.020 €
Costo energia termica con riferimento al kWh fornito dal Tlr senza considerare il costo del generatore	0,08983 €/kWh	0,08090 €/kWh	0,07408 €/kWh
Costo totale energia termica annuo considerato il costo del generatore	620.969 €	581.786 €	506.507 €
Costo energia termica con riferimento al kWh fornito dal Tlr considerato il costo del generatore	0,09330 €/kWh	0,08741 €/kWh	0,07610 €/kWh

Tabella 20 – Confronti costo energia termica

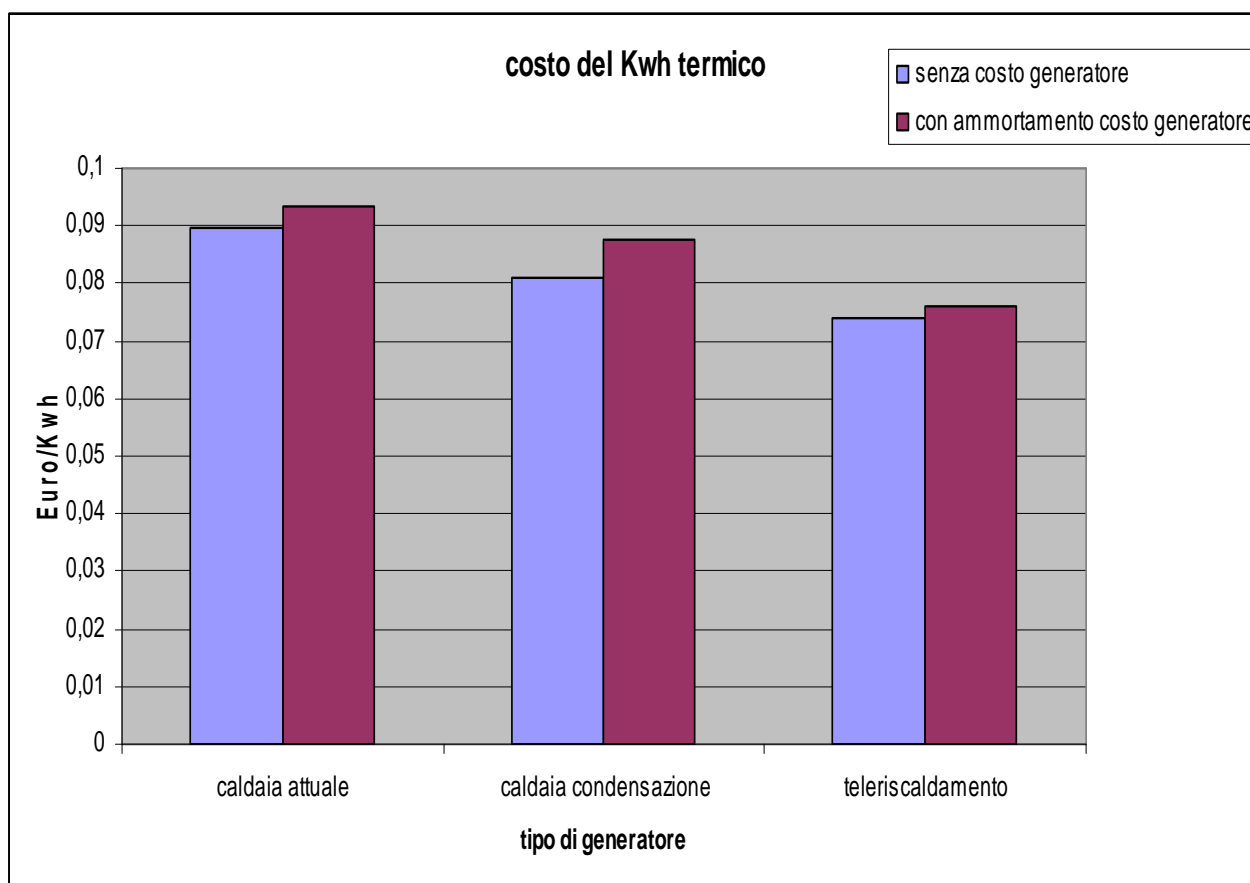


Grafico 12 - Confronto costi del kWh termico

Dai risultati ottenuti risulta che l'investimento in caldaie a condensazione presenta i costi maggiori mentre l'allacciamento al TLR quelli minori. Anche considerando l'investimento iniziale il costo del kWh termico del TLR rimane quello più basso mentre la caldaia a condensazione risulta più vantaggiosa del sistema attuale, il costo del generatore non incide in maniera significativa sul costo

Le utenze del teleriscaldamento, analisi economiche

totale del kWh termico. La tabella seguente evidenzia il risparmio con le varie opzioni e il calcolo del VAN

	Caldaia condensazione	Teleriscaldamento
Risparmio annuo rispetto caldaia attuale senza considerare il costo del generatore	9,93%	17,53%
Risparmio annuo rispetto caldaia attuale considerando costo del generatore	6,31%	18,43%
VAN	127.043 €	880.309 €
VAN / I	0,92	6,38

Tabella 21 – Parametri economici

Si vede dalla tabella sopra come considerando l'investimento iniziale sia delle caldaie che delle sottostazioni di teleriscaldamento il risparmio aumenti sensibilmente per il TLR mentre diminuisce per la caldaia a condensazione.

Osservazioni conclusive

Nelle condizioni tipiche degli impianti del Planibel si può vedere come il passaggio al teleriscaldamento porti, stando ai prezzi attuali del combustibile, ad un risparmio annuo di circa il 18 % con un VAN calcolato in un periodo di 15 anni ad un tasso del 5% di 880.000 €. Il calcolo è stato effettuato in termini prudenziali nei confronti del TLR ovvero considerando ottimali le prestazioni delle caldaie che di conseguenza non esaltano le prestazioni del TLR .

L'ipotesi alternativa al teleriscaldamento di sostituire le attuali caldaie con caldaie a condensazione ad alto rendimento porta ad un risparmio annuo del 6,31% e ad un VAN di 127.043 € . Osserviamo come in questo caso il rapporto VAN / I risulta appena di 0,28 per via dei costi elevati sostenuti per l'acquisto delle caldaie a condensazione a fronte di un valore pari a 6,38 ricavato dal confronto Tlr/caldaia attuale.

Il vantaggio del teleriscaldamento oltre alla tariffa competitiva dell'energia sta in costi di manutenzione nulli, la pulizia degli scambiatori è compresa nel prezzo dell'energia e un basso costo iniziale di investimento.

In base ai risultati ottenuti dalle simulazioni possiamo quindi affermare che da un punto di vista economico l'investimento nel teleriscaldamento all'interno della struttura Planibel è risultato il più conveniente rispetto agli altri sistemi di generazione di calore.

7.5 Confronto economico tra geotermico e teleriscaldamento in un impianto a pannelli radianti



Figura 23- Hotel Frigo

Consideriamo ora una struttura alberghiera di nuova costruzione ancora in via di completamento composta da 25 camere, suite, centro benessere costruita e di proprietà dell'impresa di costruzioni Frigo srl . Il sistema di riscaldamento è costituito da un impianto geotermico.

Il sistema è composto da :

Un sistema di captazione del calore costituito da tubature in polietilene che fungono da scambiatori di calore, sfruttando l'energia termica presente nel sottosuolo o nell'acqua. Le tubature sono interrate verticalmente nel terreno a profondità di circa 150 metri con una temperatura del terreno che varia tra gli 8° e i 12° (sonde geotermiche verticali).

Tre pompe di calore geotermiche della potenza di 66 kW ciascuna per un totale di 198 kW. Installata all'interno degli edifici, la pompa di calore geotermica è il cuore dell'impianto. Consente infatti di trasferire calore dal terreno o dall'acqua all'ambiente interno – in fase di riscaldamento - e di invertire il ciclo nella fase di raffrescamento.

Un sistema di accumulo costituito da serbatoi che immagazzinano il calore per distribuirlo all'edificio come riscaldamento e acqua calda quando vi è richiesta.

Un sistema di distribuzione del calore, gli impianti geotermici sono particolarmente adatti per lavorare con terminali di riscaldamento / raffrescamento funzionanti a basse temperature (30-50°C), come ad esempio i pannelli radianti che rappresentano la migliore soluzione impiantistica: in inverno fanno circolare acqua calda a 30-35 °C e in estate acqua fredda a 18-20 °C, riscaldando e raffrescando.

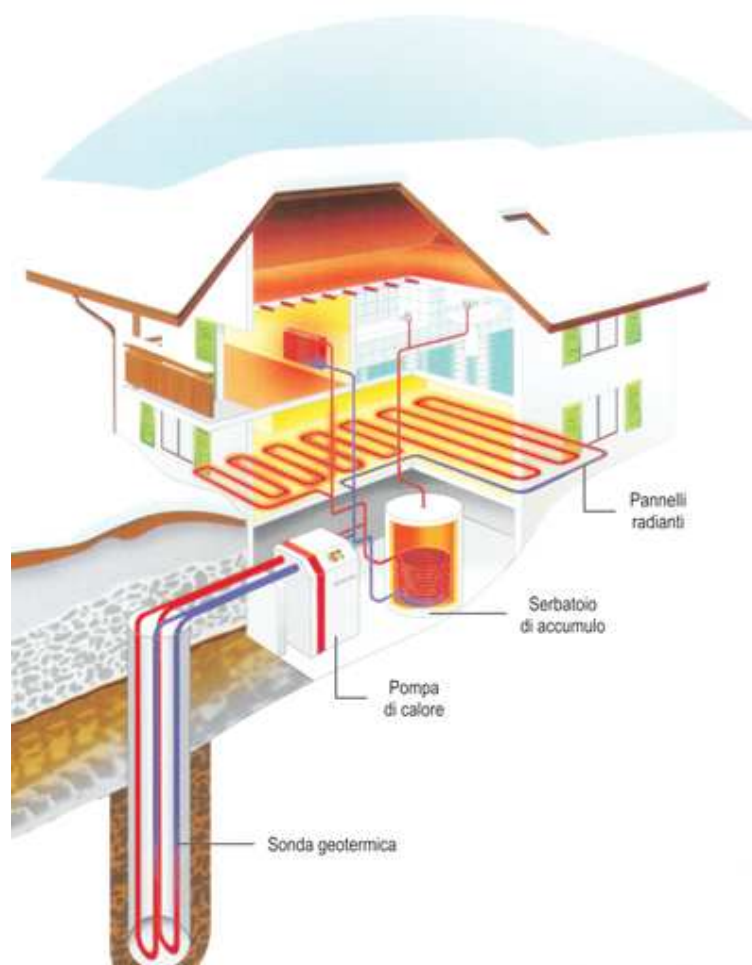


Figura 24 – Principio di funzionamento impianto geotermico

Si suppone un fabbisogno energetico per riscaldamento e acqua sanitaria pari a 420 MWh /anno inteso come calore ceduto al fluido termovettore calcolato in base alla volumetria e a fattori come l'isolamento termico e le temperature esterne.

Da dati sperimentali si considera il 30% di questa energia utilizzata per la produzione di acqua calda sanitaria e il rimanente 70% per riscaldamento.

Indichiamo con :

$E_r = 420$ MWh energia richiesta su base annua dal sistema edificio-impianto di distribuzione del calore.

$E_{acs} = 420 \text{ MWh} * 0,30 = 126$ MWh energia trasmessa al fluido termovettore per produzione acqua calda sanitaria

$E_{risc} = 420 \text{ MWh} * 0,70 = 294$ MWh energia trasmessa al fluido termovettore per riscaldamento pannelli radianti

Capitolo 7



Figura 25 - Sonde geotermiche nel terreno

Definiamo il coefficiente di prestazione (COP) come rapporto tra energia fornita ed energia consumata che è inversamente proporzionale alla differenza tra la temperatura della sorgente e la temperatura dell'utilizzatore.

Dai dati tecnici delle pompe di calore si ricava in corrispondenza alla curva di mandata a 35° un COP di 4,7 che si utilizza per il calcolo dell'energia elettrica consumata per riscaldamento mentre sulla curva di mandata a 55° si ricava un COP di 2,5 che si utilizza per il calcolo dell'energia elettrica consumata dalle pompe di calore per la produzione di acqua calda sanitaria.

$E_{risc} = 294 \text{ Mwh} / 4,7 = 62,55 \text{ Mwh}$	energia elettrica consumata per riscaldamento
$E_{eacs} = 126 \text{ Mwh} / 2,5 = 50,400 \text{ Mwh}$	energia elettrica consumata per acqua calda sanitaria
$E_{tot} = E_{risc} + E_{eacs} = 112,95 \text{ Mwh}$	energia elettrica consumata totale
$COP \text{ medio} = 420 \text{ Mwh} / 112,95 = 3,718$	COP medio istantaneo

Il COP è però un indice di efficienza istantanea relativo a stati di funzionamento a regime e non tiene conto dei consumi d'energia nei periodi di stand-by, degli eventuali sbrinamenti dell'evaporatore e delle inefficienze che si verificano nei transitori, ad esempio durante le accensioni. Infatti, durante le soste, alcuni ausiliari delle pompe di calore (riscaldamento dell'olio nel carter del compressore, circuiti di regolazione e controllo) sono accesi, consumando energia elettrica. Inoltre, al momento dell'accensione ci sono delle inefficienze dovute al non istantaneo funzionamento a regime delle pompe di calore. Inoltre il COP varia a seconda delle condizioni operative in cui le macchine si trovano a funzionare (temperature di condensazione ed evaporazione, umidità dell'aria alla batteria evaporante nelle pompe di calore aria-acqua o aria-aria).

Per tali motivi diventa utile definire il Coefficiente di prestazione stagionale (Spf, Seasonal performance factor), che rappresenta l'efficienza energetica reale di funzionamento durante

Le utenze del teleriscaldamento, analisi economiche

un'intera stagione di riscaldamento. Tale indice può essere definito come il rapporto fra l'energia termica complessivamente fornita all'impianto di riscaldamento e la totale energia consumata dal sistema, sotto forma di elettricità. Per quanto riguarda la pompa di calore elettrica per i sistemi terra acqua il valore di Spf è generalmente compreso tra 3 e 3,5.

In questo caso consideriamo un Spf pari a 3,5 da cui :

$$E_{ef} = 420 \text{ Mwh} / 3,5 = 120 \text{ Mwh} \quad \text{energia elettrica effettivamente consumata}$$

Considerando una simulazione con un prezzo dell'energia elettrica di 0,15 € / kWh e un prezzo di 0,10 € / kWh per tenere conto di eventuali agevolazioni per le imprese.

$$C_{tot} = 120.000 \text{ kWh} * 0,15 \text{ € / kWh} = 18.000 \text{ € / anno}$$

$$C_{tot} = 120.000 \text{ kWh} * 0,10 \text{ € / kWh} = 12.000 \text{ € / anno}$$

costo totale annuo dell'energia elettrica fornita alla pompa di calore per riscaldamento e acqua calda sanitaria

Costi vari

$$C_{mc} = 0 \text{ €} \quad \text{costi di manutenzione e conduzione}$$

$$C_{ipozzi} = 200.000 \text{ €} \quad \text{costi di investimento per perforazioni pozzi}$$

$$C_{ipompe} = 80.000 \text{ €} \quad \text{costi di investimento per acquisto pompe di calore}$$

Vale la relazione:

$$\text{Costo del calore prodotto dal geotermico} = MAN + AMM + EE \times CE$$

Consideriamo in tutti i calcoli successivi l'ammortamento delle spese di investimento per il generatore ad un tasso del 5% per la durata di 15 anni

Le pompe di calore hanno una durata che va dai 15 ai 20 anni mentre le sonde geotermiche possono durare anche 100 anni per cui consideriamo due ipotesi

1° ipotesi il valore residuo dell'impianto dopo 15 anni è pari al valore delle sonde geotermiche quindi calcolo l'ammortamento sul valore delle pompe di 80.000 € al tasso del 5% è pari a 7707 € / anno

$$\text{Costo del calore prodotto dal geotermico} = 0 \text{ €} + 7707 \text{ €} + 12.000 \text{ €/anno} = 19.707 \text{ €/anno} \quad (1)$$

$$\text{Costo del calore prodotto dal geotermico} = 0 \text{ €} + 7707 \text{ €} + 18.000 \text{ €/anno} = 25.707 \text{ €/anno} \quad (1')$$

2° ipotesi il valore residuo dell'impianto dopo 15 anni è pari a zero calcolo l'ammortamento sul valore delle pompe di 280.000 € al tasso del 5% è pari a 26.975 € / anno

$$\text{Costo del calore prodotto dal geotermico} = 0 \text{ €} + 26975 \text{ €} + 12.000 \text{ €/anno} = 38.975 \text{ €/anno} \quad (2)$$

$$\text{Costo del calore prodotto dal geotermico} = 0 \text{ €} + 26975 \text{ €} + 18.000 \text{ €/anno} = 44.975 \text{ €/anno} \quad (2')$$

Dalla relazione (2) e (2') ricaviamo la retta $y = 26975 + 120.000 x$ che rappresenta il costo totale di energia termica annuo in funzione di $x =$ costo del kWh elettrico rappresentata dal grafico 13.

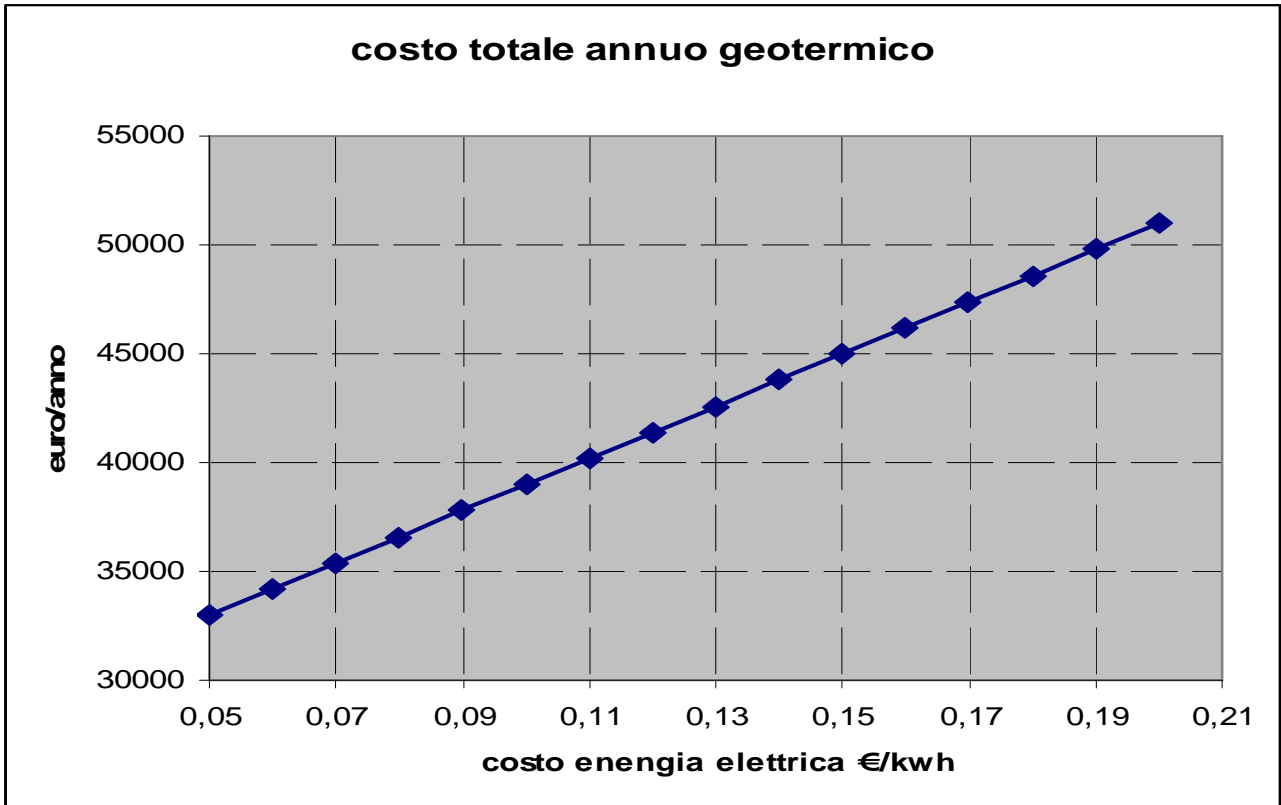


Grafico 13 - Costo annuo energia termica da geotermico

Analisi opzione teleriscaldamento

Indichiamo con :

$E_r = 420$ Mwh energia richiesta su base annua dal sistema edificio-impianto di distribuzione del calore

$R_{sc} = 0,985$ rendimento dello scambiatore

$E_{tr} = 420 \text{ Mwh} / 0,985 = 426 \text{ Mwh}$ energia che deve essere fornita a monte dello scambiatore dove viene contabilizzata

$C_{tr} = 0,07408$ €/kWh prezzo al netto di iva e di agevolazione fiscale pari a 0,02582 €/litro per la stagione 09-10.

Costi manutenzione = 0 €

$C_i = 6.5000$ € costo della sottostazione da 200 kW

Costo del calore prodotto dal TLR = Energia fornita dal TLR x C_{tr} (€/anno) + AMM

AMM = 627 € ammortamento annuo di 6500 € in un periodo di 15 anni ad un tasso del 5%

Costo del calore prodotto dal TLR = $426.000 \text{ kWh} * 0,07408 \text{ €/kWh} + 627 \text{ €} = 32.185 \text{ €/anno}$ (3)
spesa annua con teleriscaldamento

Dalla relazione (3) ricaviamo la retta $y = 627 + 426.000 x$ che rappresenta il costo totale di energia termica annuo in funzione di $x =$ costo del kWh fornito dal TLR rappresentata dal grafico 14.

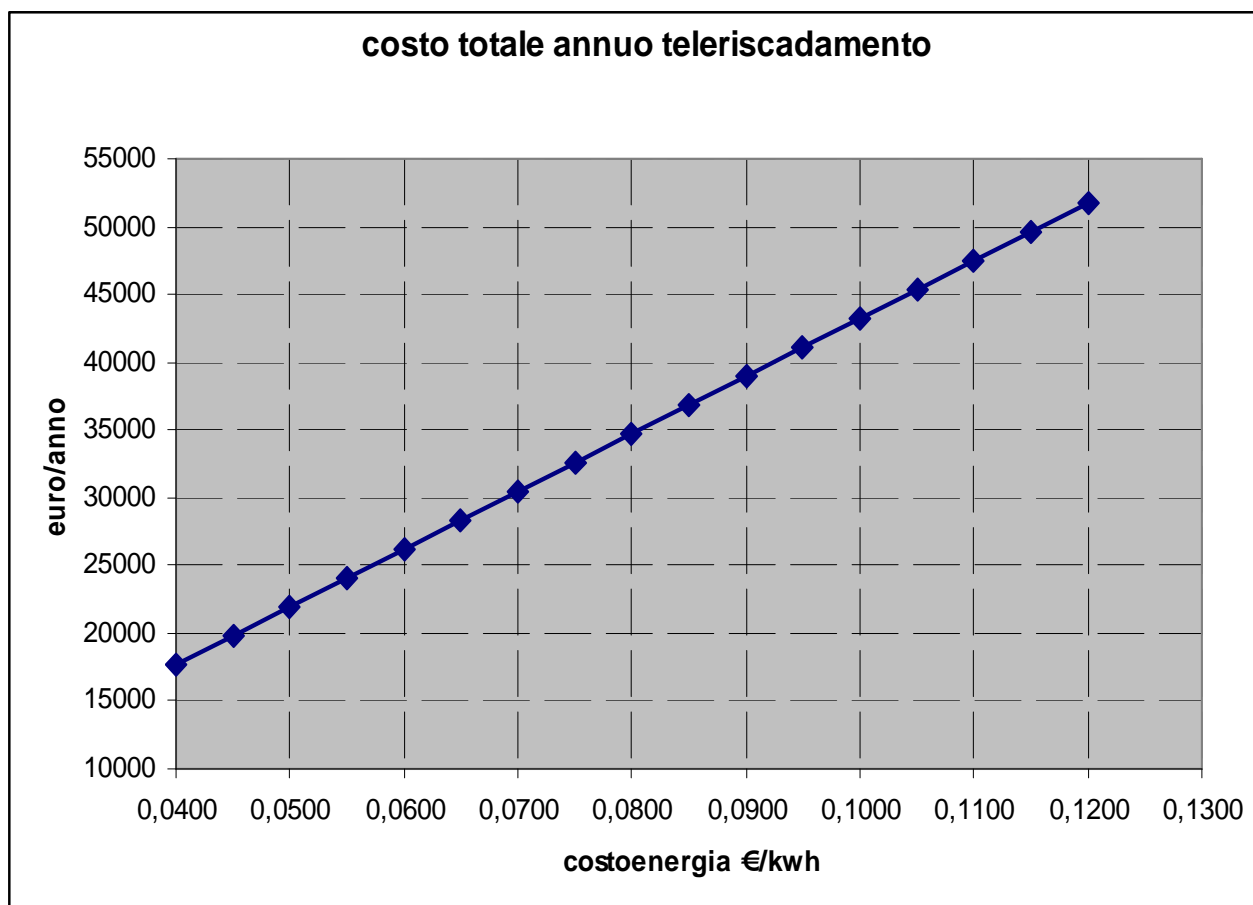


Grafico 14- Costo totale annuo TLR

7.6 Confronto economico tra geotermico e caldaia a condensazione in un impianto a pannelli radianti

Cambia rispetto al caso precedente il solo rendimento medio stagionale di produzione Rms per il riscaldamento che viene posto pari al 98,5%. Viene posto quindi pari a quello dello scambiatore del TLR che è l'ipotesi che viene considerata più frequentemente. Si sottolinea che si tratta di un rendimento medio stagionale di produzione molto buono che richiede una corretta esecuzione e regolazione dell'impianto.

Sempre con le ipotesi precedenti il 15% di energia per la produzione di acqua calda sanitaria nei mesi estivi in cui la caldaia funziona a carico ridotto e il restante per riscaldamento e calda sanitaria nei mesi invernali quando funziona a pieno carico.

Ecs = 63 Mwh energia ceduta al fluido termovettore per produzione acqua calda sanitaria

Ecr = 357 Mwh energia ceduta al fluido termovettore per riscaldamento

Efr cond.gasolio = $357.000 / 0,985 = 362.000$ kWh/anno
energia fornita dal combustibile per il riscaldamento.

Efac cond.gasolio = $63.000 / 0,75 = 84.000$ kWh/anno
energia fornita dal combustibile per acqua calda sanitaria

Efr + Efac = 446.000 kWh/anno

Capitolo 7

energia totale fornita dal gasolio

Litri di gasolio consumati dalla caldaia condensazione = $446.000 \text{ kWh/anno} / 10 \text{ kWh/litro} = 44.600 \text{ litri/anno}$

Costo di acquisto e installazione completa (scarico condense, espulsione fumi) della caldaia condensazione da 230 kW = 29.000 €

Costi installazione e acquisto serbatoio gasolio = 8000 €

Costo di manutenzione e conduzione = 4000 €/anno

AMM = 3564 €

ammortamento annuo di $29.000 \text{ €} + 8.000 \text{ €} = 37000 \text{ €}$ per 15 anni ad un tasso del 5%

Costo del calore prodotto dalla caldaia condensazione = $MAN + AMM + EE \times CE + COMB \times CC$
(€/anno) = $4000 \text{ €} + 3564 \text{ €} + 200 \text{ €} + 44.600 \text{ litri} \times 0,701 \text{ €/litro} = 39028 \text{ €/anno}$
(4)

E' interessante notare il confronto energetico tra caldaia condensazione a servizio di impianti a pannelli radianti e teleriscaldamento.

Vediamo come 446.000 litri/anno consumati dalla caldaia condensazione corrispondono ai 426.000 kWh forniti dal teleriscaldamento quindi in termini energetici:

1 kWh fatturato dal TLR = 0,105 litri di gasolio

1 litro di gasolio = 9,55 kWh fatturato dal TLR

Nella situazione ottimale cioè nel caso del sistema a condensazione collegato a sistema radiante considerando le sole equivalenze energetiche si potrebbe intravedere una certa indifferenza economica tra caldaie a condensazione e TLR almeno nel caso del gasolio.

Considerando che 1 kWh del TLR costa oggi 0,7408 € e che 1 kWh del TLR equivale 0,105 litri di gasolio, il costo di quest'ultimo che porterebbe al pareggio è di 0,705 €/litro che rappresenta all'incirca il prezzo attuale al netto di iva e accisa per le zone montane pari a 0,12911€/litro

Bisogna però considerare che:

- le caldaie a condensazione costano circa il doppio dell'investimento richiesto dalle caldaie tradizionali e dalla sottocentrale di teleriscaldamento
- il consumo di energia elettrica è il doppio per via della espulsione dei fumi che sono più freddi
- il reale vantaggio lo si ottiene con sistemi radianti a bassa temperatura che richiedono investimenti di almeno 2 volte i sistemi a termosifoni o equivalenti.

Dalla relazione(4) ricaviamo la retta $y = 7764 + 44600x$ che rappresenta il costo totale di energia termica annuo in funzione di $x =$ costo del gasolio rappresentata dal grafico 15.

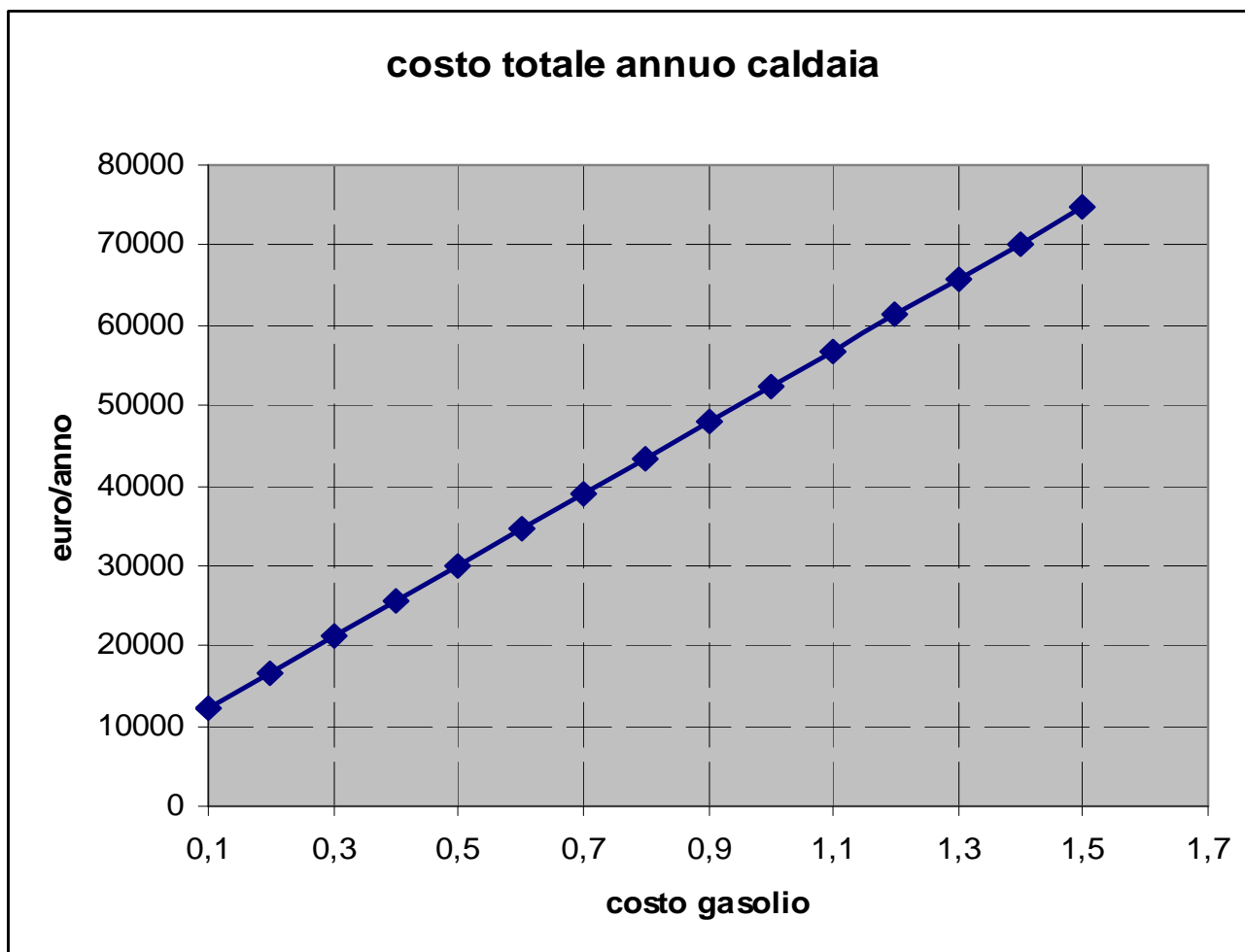


Grafico 15 - Costo totale annuo caldaia

7.7 Confronto tra le varie opzioni in funzione della variabile costo dell'energia

Di seguito analizziamo le diverse opzioni ricavandone la convenienza economica in funzione della variabile costo dell'energia trovando i valori che determinano i punti di pareggio economico.

Confronto caldaia/geotermico

Dalla uguaglianza tra le relazioni (4) e (2) ricavo $7764 + 44600x = 26975 + 120000y$ e quindi la funzione $y = (44.600 x - 19.211) / 120.000$ che rappresenta la retta di pareggio gasolio/Tlr nel grafico 16 dove indico con :

y = prezzo energia elettrica geotermico

x = prezzo gasolio caldaia

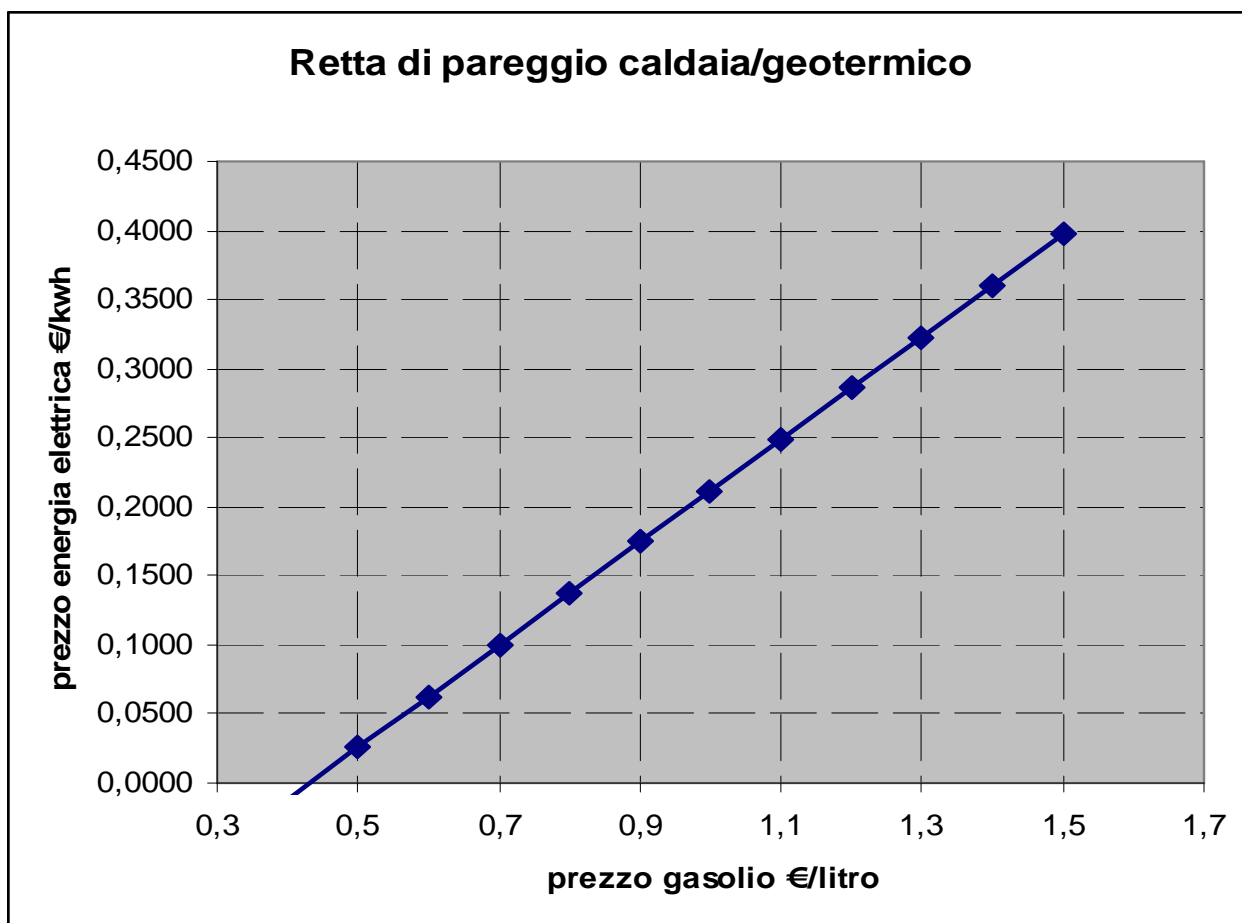


Grafico 16 - Retta di pareggio caldaia/geotermico

I punti della retta rappresentano i prezzi di pareggio tra il costo dell'energia termica da geotermico e il costo dell'energia termica da caldaia. Dal grafico si può osservare come fissato il prezzo del gasolio e dell'energia elettrica che alimenta le pompe di calore i punti che stanno sopra la retta rappresentano punti di lavoro in cui è conveniente usare la caldaia mentre i punti sotto la retta rappresentano un vantaggio economico a favore del geotermico.

Confronto TLR/geotermico

Dalla uguaglianza tra le relazioni (2) e (3) ricavo $26975 + 120000y = 426000x + 627$ e quindi la funzione $y = (426.000x - 26.348) / 120.000$ che rappresenta la retta di pareggio TLR / geotermico nel grafico 17 dove indico con :

- y = prezzo energia elettrica geotermico
- x = prezzo energia fornita TLR

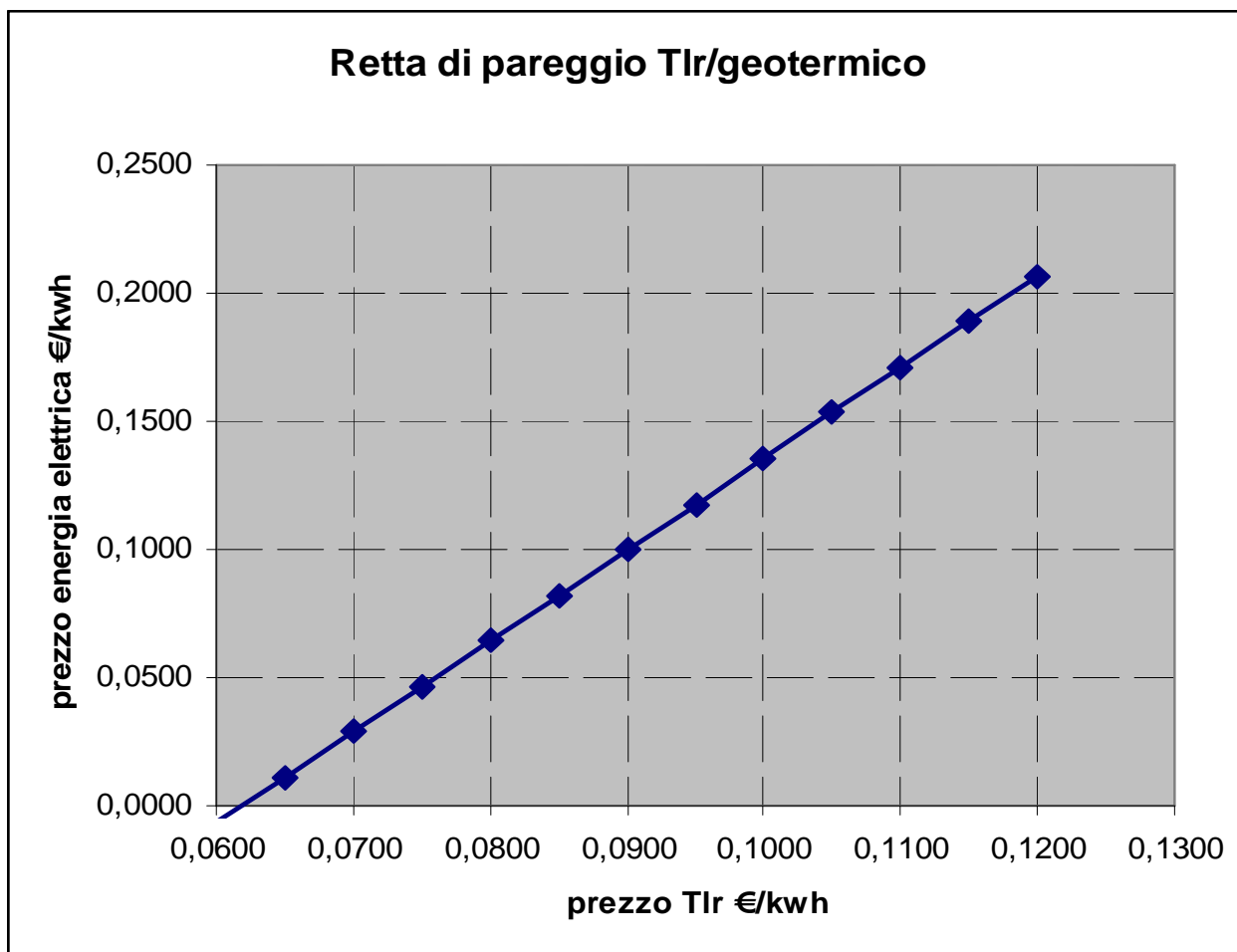


Grafico 17 - Retta di pareggio TLR/geotermico

I punti della retta rappresentano i prezzi di pareggio tra il costo dell'energia termica da geotermico e il costo dell'energia termica da TLR. Dal grafico si può osservare come fissato il prezzo dell'energia elettrica che alimenta le pompe di calore e il prezzo dell'energia fornita dal teleriscaldamento i punti che stanno sopra la retta rappresentano punti di lavoro in cui è conveniente usare il TLR mentre i punti sotto la retta rappresentano un vantaggio economico a favore del geotermico

Capitolo 7

Confronto economico ai prezzi attuali delle diverse opzioni

La tabella e il grafico riassumono il confronto economico nelle ipotesi iniziali ai prezzi attuali dell'energia

	geotermico con valore residuo pozzi	geotermico	teleriscaldamento	caldaia condensazione
costo totale annuo €/anno	19707	38975	32185	39028
costo unitario €/kWh	0,0469	0,0927	0,0767	0,0929
Costo totale annuo investimento iniziale €/anno	7707	26975	627	3564
costo unitario investimento iniziale €/kWh	0,01835	0,06422	0,001492	0,008485

Tabella 22 - Confronti economici

Il grafico seguente evidenzia il costo del kWh termico per le varie situazioni analizzate.

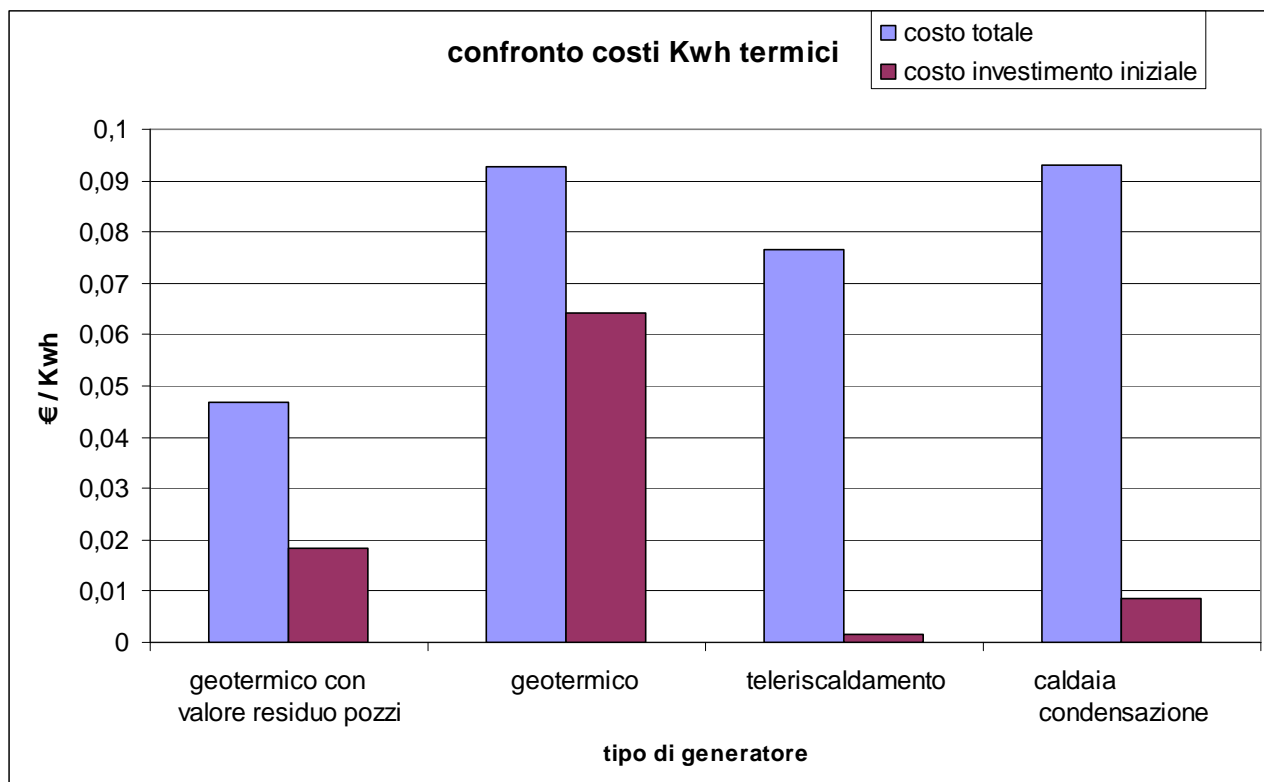


Grafico 18 - Costo del kWh termico

Le utenze del teleriscaldamento, analisi economiche

	con teleriscaldamento	con caldaia a condensazione
risparmio annuo rispetto al geotermico	circa 18%	0
VAN al tasso del 6% per 15 anni	€ 65.946	0
VAN / I	10,14	0

Tabella 23 - Parametri economici

Come si può vedere dalle tabelle 22 e 23 considerando un orizzonte temporale di 15 anni c'è una sostanziale equivalenza tra il geotermico e il la caldaia a condensazione mentre risulta più conveniente il TLR che presenta un risparmio rispetto ad entrambe le ipotesi di circa il 18%.

Tale risultato è ottenuto in un sistema di riscaldamento a bassa temperatura a pannelli radianti dove si possono utilizzare soluzioni che presentano rendimenti medi stagionali più elevati rispetto agli impianti tradizionali.

Bisogna osservare che mentre un generatore di calore e le stesse pompe di calore hanno una vita media di 15-20 anni i pozzi del geotermico hanno una durata che può arrivare anche a 100 anni quindi il vantaggio del geotermico si evidenzia una volta ammortizzato il costo di investimento dei pozzi, infatti il costo del kWh termico in questo caso presenta valori decisamente inferiori alle altre soluzioni analizzate.

Considerato un orizzonte temporale superiore ai 15 anni il costo dell'energia con il geotermico diventa quello indicato in tabella 22 alla voce geotermico con valore residuo pozzi e rispetto alla caldaia a condensazione presenta un risparmio che arriva al 50%.

Se invece ipotizziamo un confronto con il TLR in un orizzonte temporale superiore ai 15 anni e proviamo a simulare il tempo di rientro dall'investimento del geotermico rispetto al TLR dalla relazione ricavata dall'uguaglianza tra i costi totali TLR/geotermico ottengo: $32185 \cdot 15 + 32185 \cdot x = 38975 \cdot 15 + 19707 \cdot x$, ricavo $x = 8,16$ anni, quindi $15 + 8,16 = 23,16$ anni rappresenta il tempo minimo di rientro dell'investimento oltre il quale risulta conveniente il geotermico. Rappresenta un tempo minimo in quanto le ipotesi di partenza sul costo del kWh elettrico e del valore di Spf per quanto riguarda il geotermico sono considerate ottimali..

Osservazioni conclusive

Abbiamo confrontato il sistema geotermico con teleriscaldamento e caldaia a condensazione in un impianto termico a bassa temperatura a pannelli radianti. L'impianto geotermico rispetto agli altri presenta il costo più basso dell'energia, ma il più alto costo di investimento iniziale soprattutto per i pozzi e le sonde geotermiche.

Dal confronto con la caldaia a condensazione si ricava una sostanziale parità di costi in cui l'elevato investimento iniziale del geotermico viene compensato da costi di manutenzione praticamente nulli e da un basso costo dell'energia.

Il teleriscaldamento, che presenta anch'esso costi di manutenzione nulli infatti la pulizia dello scambiatore è compresa nella tariffa dell'energia, permette un sostanziale vantaggio economico nei confronti del geotermico a meno che non consideriamo l'investimento in un'ottica di lunghissimo periodo. Il risparmio economico nei primi 15 anni è stimato di circa il 18% mentre il geotermico potrebbe diventare vantaggioso dal 23-esimo anno in poi.

È interessante osservare il confronto del teleriscaldamento con la caldaia a condensazione in un impianto a bassa temperatura da un punto di vista energetico. Infatti:

1 kWh fatturato dal TLR = 0,105 litri di gasolio

Capitolo 7

1 litro di gasolio = 9,55 kWh fatturato dal TLR

quindi nella situazione migliore cioè nel caso del sistema a condensazione collegato a sistema radiante si potrebbe supporre una equivalenza economica tra caldaie a condensazione e TLR

Considerando che 1 kWh del TLR costa oggi 0,07408 € e che 1 kWh del TLR equivale 0,105 litri di gasolio, il costo di quest'ultimo che porterebbe al pareggio è di 0,705 €/litro che si avvicina al prezzo attuale. In realtà la caldaia a condensazione presenta un elevato costo di investimento iniziale e successivamente costi di gestione e manutenzione mentre il TLR a tariffe concorrenziali per l'energia consumata associa un basso costo di investimento iniziale e per l'utenza costi nulli di manutenzione e gestione che sono compresi nel prezzo dell'energia.

Capitolo 8

Analisi ambientale

8.1 L'inventario delle emissioni del Comune di La Thuile

L'inventario delle emissioni in atmosfera è un sistema informativo che contiene i dati relativi alle emissioni di inquinanti sia da fonti naturali che antropiche. L'inventario, aggiornato al 2004, permette di determinare il contributo delle differenti sorgenti all'inquinamento atmosferico e di definire, di conseguenza, politiche efficaci di risanamento dell'aria.

I dati delle emissioni sono disaggregati a livello comunale e permettono di valutare con una certa precisione la quantità di inquinanti prodotta nel centro urbano di La Thuile. Sono state censite le emissioni dei seguenti inquinanti:

- ossidi di zolfo (SO_x);
- ossidi di azoto (NO_x);
- composti organici volatili non metanici (NMVOC);
- metano (CH₄);
- monossido di carbonio (CO);
- anidride carbonica (CO₂);
- ammoniaca (NH₃) e protossido d'azoto (N₂O).

La classificazione utilizzata per l'inventario è quella definita nell'ambito del progetto CORINAIR, i cui codici identificano il macrosettore, il settore e l'attività a cui si riferisce la stima delle emissioni. La Tabella 24 riassume i dati del Comune di La Thuile. Si nota che il riscaldamento civile provoca le emissioni maggiori di biossido di carbonio (80%), e biossido di zolfo (48%) e protossido di azoto (76%); inoltre contribuisce in maniera significativa all'inquinamento d'ossidi di azoto (45%), polveri (26%) e monossido di carbonio (14%).

Capitolo 8

Settore	stima delle emissioni (t/anno)								
	CO	Polveri	COVM	NOx	SO2	CH4	CO2	N2O	NH3
Riscaldamento civile	3,78	0,32	0,13	4,13	12,35	0,61	6430,7	1,23	n.d.
Trattamento combustibili	n.d.	n.d.	1,83	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Verniciatura	n.d.	n.d.	0,25	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	n.d.
Traffico stradale	23,79	0,92	3,89	4,59	0,17	0,31	1288,7	0,14	0,33
Ferrovia e macchine agricole	0,15	n.d.	0,07	0,41	0,05	3,78	27	0,01	n.d.
Pascoli	n.d.	n.d.	0	n.d.	n.d.	5,76	n.d.	0,21	1,81
Foreste	n.d.	n.d.	19,5	n.d.	n.d.	n.d.	-1273,6	n.d.	n.d.
Totale	27,7	1,2	25,6	9,1	12,6	6,7	6472,9	1,6	2,1

Tabella 24 - Inventario della emissioni del Comune di La Thuile (anno 2004)

8.2 Emissioni dovute al funzionamento dell'impianto di teleriscaldamento

In fase di esercizio gli impatti sulla qualità dell'aria dovuti al funzionamento dell'Impianto di Teleriscaldamento saranno riconducibili al traffico veicolare indotto per l'approvvigionamento del combustibile (cippato e gasolio) ed alle attività collegate con la produzione di energia termica.

In questo paragrafo sono stimate le emissioni di inquinanti sia da traffico veicolare che dalle attività di combustione. La quantità di sostanze emessa è calcolata sia nello scenario attuale, corrispondente alla situazione corrente degli impianti termici civili a La Thuile, sia nello scenario post-operam, cioè considerando il funzionamento del sistema di teleriscaldamento a pieno regime. I due scenari sono poi confrontati in modo da valutare gli svantaggi ed i vantaggi per la qualità dell'aria. A questo proposito è necessario un distinguo tra la situazione a scala locale ed a scala nazionale, così come discusso successivamente.

La valutazione degli impatti è necessariamente limitata al calcolo del bilancio delle emissioni. La stima delle concentrazioni in atmosfera dipende infatti non solo dalle caratteristiche delle sorgenti emissive, ma anche, e soprattutto, dalle condizioni meteorologiche locali (e.g. regime anemologico, classe di stabilità atmosferica, inversione termica ecc..) per i quali non sono disponibili informazioni sufficienti per la realizzazione di una simulazione dispersione atmosferica. Il bilancio delle emissioni in atmosfera permette comunque di ottenere un'informazione indiretta sulla qualità dell'aria.

Emissioni da traffico veicolare

Gli inquinanti principali emessi dal traffico veicolare sono il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (NOx), le polveri (compreso il particolato sottile PM10), il biossido di zolfo (SO2, contenuto nei combustibili diesel) e l'anidride carbonica (CO2).

Il calcolo delle emissioni è effettuato su base annua a partire dal numero di trasporti per

Analisi ambientale

l'approvvigionamento del combustibile, i fattori di emissione (FE) per gli autoveicoli commerciali pesanti, e la percorrenza media (percorso di andata e ritorno all'interno del comune di La Thuile).

La Tabella 25 riporta i dati di sintesi utilizzati relativi all'approvvigionamento del combustibile sia nello Scenario Attuale che Post-operam. Per il trasporto della biomassa si è ipotizzato di utilizzare un veicolo a tre assi, adatto a percorrere la strada che conduce a La Thuile anche durante il periodo invernale. Il combustibile liquido sarà invece trasportato con autocisterne da 12 m³. In mancanza di dati precisi rispetto le attuali condizioni di approvvigionamento del gasolio per gli impianti termici civili di La Thuile si sono applicate (in maniera cautelativa) le stesse condizioni di trasporto che saranno adottate per il rifornimento della Centrale di Teleriscaldamento. Infine per le ceneri prodotte dalla combustione del cippato si sono previsti trasporti da sei tonnellate cadauno.

Il totale dei viaggi (intesi come andata e ritorno) per l'approvvigionamento del combustibile in fase di esercizio è di 1.018 trasporti/anno a cui si deve aggiungere un carico all'anno di olio lubrificante per il cogeneratore e sei carichi all'anno di urea per il riduttore catalitico per un totale complessivo di 1.025 trasporti/anno.

La differenza tra lo stato attuale (circa 342 trasporti annuali) e la situazione futura è principalmente dovuta alla differente "densità energetica" della biomassa (112 Gj/trasporto) rispetto a quella del gasolio (422 Gj/trasporto). Il numero massimo di trasporti quotidiani considerando (situazione alquanto improbabile) la necessità di approvvigionare tutti i combustibili nella stessa giornata è pari a sei viaggi. Nell'arco dell'anno il flusso di traffico sarà massimo durante l'inverno e minimo durante l'estate.

Stato attuale				
Combustibile	Quantità (m ³)	Quantità/carico (m ³)	Trasporti/anno	Max trasporti/giorno
Gasolio	4096	12	342	n.d.
Scenario Post-operam				
Combustibile	Quantità (m ³)	Quantità/carico (m ³)	Trasporti/anno	Max trasporti/giorno
Biomassa	30750	36	854	4
OlioVegetale	1600	12	134	1
Gasolio	180	12	15	1
Genericippato	91t	6t	15	1
Altro	-	-	7	-
Totale	32530 m³ / 91t		1025	6

Tabella 25- Caratteristiche dei trasporti di combustibile situazione attuale e post-operam

Considerando una percorrenza media di circa 20 km per un viaggio di a/r ed i fattori di emissione per gli autoveicoli commerciali pesanti è stata valutata la quantità dei principali inquinanti emessa annualmente.

La Tabella 26 riporta la sintesi del bilancio delle emissioni. In linea generale, a causa del maggior numero di trasporti, nello Scenario Post-operam si prevede un aumento delle emissioni. Tuttavia, se si considera la quantità di sostanze emesse, l'incremento risulta pari a circa 1% dell'inquinamento da traffico attualmente presente a La Thuile ed è praticamente trascurabile rispetto al bilancio delle emissioni a livello comunale. Si può quindi affermare che l'aumento del volume di traffico non inciderà in maniera significativa sulla qualità dell'aria a La Thuile.

Capitolo 8

Fattori di emissione (g/km)					
Tipologia	NOx	CO	SO2	Polveri	CO2
Veicoli commerciali pesanti	9,78	4,84	3,23	0,2	1040
Bilancio delle emissioni (t/anno)					
Tipologia	NOx	CO	SO2	Polveri	CO2
Situazione attuale	0,07	0,03	0	0,01	7,1
Situazione post-operam	0,2	0,1	0	0,03	20,82
Differenza	0,13	0,06	0	0,02	13,72
%rispetto alle emissioni					
Totali da traffico	0,50%	1,30%	1,30%	1,80%	1,00%

Tabella 26 - Fattori di emissione e bilancio delle emissioni

Emissioni dalla Centrale

Le emissioni in fase di esercizio dell’Impianto di Teleriscaldamento sono collegate alla produzione di energia termica ed energia elettrica. Le tabelle in questo capitolo rappresentano i valori con riferimento alla prima ipotesi del cogeneratore ad olio vegetale, con l’attuale ipotesi dell’ORC abbiamo una sensibile diminuzione delle emissioni di inquinanti.

Le principali sostanze inquinanti generate durante la combustione della biomassa sono costituite da CO, NOx, le polveri ed eventualmente, durante le fasi di accensione o spegnimento degli impianti, da idrocarburi incombusti e inquinanti policiclici aromatici (IPA).

La concentrazione di NOx, CO, polveri ed SO2 nei fumi della Centrale di Teleriscaldamento varia a seconda della tipologia di impianto e del combustibile utilizzato; il limite è fissato dal D.Lgs. 152/2006. I valori di riferimento sono riportati all’Allegato I, parte III del Decreto “Valori di emissione per specifiche tipologie di impianto” e sono riportati nelle Tabella 27.

Allo scopo di abbattere le concentrazioni di inquinanti al di sotto dei limiti di legge è prevista l’installazione di un filtro mult ciclone ed un elettrofiltro per il filtraggio dei fumi delle caldaie.

L’utilizzo del filtro mult ciclone e dell’elettrofiltro permette di mantenere le concentrazioni di inquinanti ben al di sotto dei limiti di legge. Le concentrazioni garantite sono poi da considerarsi come “concentrazioni indicative”, il che implica che durante il normale funzionamento dell’impianto i valori saranno al di sotto di tali soglie, anche se (soprattutto durante le fasi di transizione come le accensioni) potrebbero verificarsi sporadici superamenti delle soglie garantite.

Analisi ambientale

Caldaie a biomassa		
sostanza	limite della conc.oraria (mg/Nm3) (1)	concentrazione garantita (mg/Nm3)
polveri totali	30	25
carbonio organico totale COT	30	trascurabile
monossido di carbonio CO	250	<125
	150 (media giornaliera)	<125
ossidi di azoto NO2	400	<250
	300 (media giornaliera)	<250
ossidi di zolfo SO2	200	trascurabile
Caldaie ad integrazione e soccorso a gasolio		
sostanza	limite della concentrazione (mg/Nm3) (2)	concentrazione garantita (mg/Nm3)
polveri	150	<150
ossidi di azoto NO2	500	<180
ossidi di zolfo SO2	1700 o combustibile con tenore di zolfo uguale o inferiore all'1%	combustibile privo di zolfo (4)
Cogeneratore ciclo diesel alimentato ad olio vegetale (3)		
sostanza	limite della conc.oraria (mg/Nm3) (3)	concentrazione garantita (mg/Nm3)
polveri	130	65
ossidi di azoto NO2	4000	200
monossido di carbonio CO	650	300

Tabella 27 - Limiti emissioni

Note:

1: potenza termica nominale installata > 3 MW e < 20 MW; tenore di ossigeno dell' 11%; D.Lgs. 152/2006, Allegato I, parte III, punto 1.1;

2: potenza termica nominale installata < 5 MW; D.Lgs. 152/2006, Allegato I, parte III, punto 1.2;

3: potenza termica nominale installata < 3 MW; tenore di ossigeno del 5%; D.Lgs. 152/2006, Allegato I, parte III, punto 1.4;

4: per l'alimentazione della caldaia si utilizzerà gasolio.

Gli idrocarburi incombusti e gli IPA possono formarsi durante fasi di spegnimento ed accensione, oppure a causa di una veloce variazione di carico termico sulle caldaie a biomassa, che provoca condizioni di combustione non ideali. Grazie alla tecnologia a griglia mobile che sarà adottata per la combustione del cippato, al controllo dell'aria in ingresso alle caldaie ed anche alla presenza del serbatoio di accumulo di acqua calda (che permette di modulare più dolcemente le variazioni del carico termico) la combustione della biomassa nella Centrale di Teleriscaldamento può essere

Capitolo 8

mantenuta continuamente in condizioni ottimali, evitando la formazione di idrocarburi incombusti e degli IPA.

Come anticipato una stima indiretta dell'impatto sulla qualità dell'aria può essere ottenuta tramite il bilancio delle emissioni locale e nazionale. A questo scopo si è confrontata la quantità di sostanze emesse dagli impianti civili di riscaldamento di La Thuile (Scenario Attuale) con le emissioni della Centrale di Teleriscaldamento in fase di esercizio (Scenario Post-operam).

Affinché il confronto sia coerente è bene fare riferimento alla medesima metodologia di calcolo; dato che l'inventario delle emissioni di La Thuile è stato compilato a partire dai fattori di emissione (FE) e dal fabbisogno energetico, si è scelto di utilizzare, anche nel caso dell'Impianto di Teleriscaldamento, i FE per il calcolo delle emissioni. Inoltre, per la rappresentatività del paragone, il fabbisogno termico civile di La Thuile è stato parificato all'energia termica prodotta dalla Centrale di Teleriscaldamento.

In Tabella 28 sono riportati i fattori di emissione specifici per le caldaie a biomassa, a gasolio e per il cogeneratore ad olio vegetale; per quest'ultimo, in mancanza di dati specifici, il FE è stimato a partire dalla portata fumi e dalle concentrazioni garantite dal costruttore.

Il bilancio delle emissioni è riportato in Tabella 29 ed è rappresentativo della situazione a scala locale. I dati mostrano un leggero aumento delle emissioni di ossidi di azoto, monossido di carbonio e polveri a fronte dell'eliminazione di CO₂ e SO₂. L'incremento delle emissioni è dovuto principalmente al contributo della biomassa come combustibile primario, ma anche alle ipotesi molte cautelative adottate nei calcoli (e.g. il funzionamento alla massima efficienza degli impianti termici civili, il 100% degli impianti di edificio di La Thuile alimentati gasolio).

Inoltre si noti che, nonostante la scelta combinata della cogenerazione e delle biomassa (cippato ed olio vegetale) causa un incremento delle emissioni di alcune sostanze a scala locale, le stesse diminuiscono a scala nazionale grazie alla maggiore efficienza dei processi di produzione dell'energia (questo rimane valido anche conteggiando le emissioni dovute alla parte elettrica dell'energia prodotta dal cogeneratore, che sono pari a quelle emesse per la parte termica riportate in Tabella 29).

D'altro canto la scelta della cogenerazione è dettata dalla necessità di avere una caldaia a bassa inerzia termica e risulta la scelta migliore rispetto alle tecnologie tradizionali (l'efficienza media delle centrali del parco elettrico italiano è di circa il 34% a fronte di un 85% da cogenerazione).

I benefici sulla qualità dell'aria a scala nazionale (ma anche locale), riguardano invece l'eliminazione delle degli ossidi di zolfo e di oltre 13.500 t/anno di anidride carbonica non emessa in atmosfera.

Alle emissioni di CO₂ in tabella vanno infatti aggiunte altre 3.100 t/y risparmiate se si considera anche la quota l'energia elettrica prodotta tramite cogenerazione non è prodotta altrove tramite combustibili fossili (valutando un fattore medio di emissione del parco elettrico italiano pari a 0,531 kg/kWh).

In totale l'Impianto di teleriscaldamento consente il risparmio di oltre 3.400 tonnellate equivalenti di petrolio l'anno e delle relative emissioni.

Analisi ambientale

Fattori di emissione					
Impianto	NOx	CO	SO2	Polveri	CO2(1)
Caldaia a cippato	71	165	-	50	0
Cogeneratore ad olio vegetale	262	194	-	42	0
Caldaia a gasolio(2)	160	28	trascurabile	3,6	73326

Tabella 28 - Fattori di emissione (g/Gj) - fonte EMEP-CORINAIR

Note:

1: le emissioni da biomassa sono da considerarsi pari a zero in quanto la CO2 liberata è pari a quella assorbita durante il ciclo di vita

2: fattori di emissione calcolati dalla portata fumi fornita dal costruttore

Stato Attuale					
Impianto	NOx	CO	SO2	Polveri	CO2
Impianti termici civili	7	6,4	21,8	1,5	10867
Scenario Post-operam					
Caldaie a biomassa	6,8	15,7	trascurabile	2,4	0
Cogeneratore ad olio vegetale (energia termica)	3,3	5	trascurabile	1,1	0
Caldaia a gasolio	1	0,2	0,9	0,02	466
Totale	11,1	20,9	0,9	3,5	466
Differenza stato attuale/post operam	4,1	14,5	-20,9	2	-10401

Tabella 29 - Bilancio delle emissioni (t /anno) – Energia Termica

A questo punto, a scala locale è utile stabilire se l'incremento delle emissioni di NOx, CO e polveri causi effettivamente un peggioramento della qualità dell'aria, cioè un aumento delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera, in particolare in corrispondenza del capoluogo di La Thuile. Come già anticipato ad inizio Paragrafo, date le caratteristiche complesse del territorio, determinare in maniera quantitativa le concentrazioni di sostanze in atmosfera è una materia complessa e necessita di dati che non sono attualmente disponibili.

Qualitativamente si può comunque affermare che, dato l'incremento comunque modesto di emissioni di NOx e polveri, la distanza della Centrale di Teleriscaldamento dal centro urbano costituisce, di per sé, un fattore sufficiente per assicurare una adeguata dispersione delle sostanze inquinanti, anche in presenza di condizioni sfavorevoli come un'atmosfera stabile o di inversione termica.

D'altro canto un significativo miglioramento della qualità dell'aria nel centro abitato si verificherà senz'altro grazie all'eliminazione dei comignoli, che costituiscono delle sorgenti di emissione ubicate direttamente nel centro urbano (o comunque sopra le abitazioni) e quindi a poca distanza dai recettori (in questo caso gli abitanti di La Thuile).

Capitolo 8

In conclusione, in base alle considerazioni espresse, l'impatto sulla qualità dell'aria del sistema di teleriscaldamento si può considerare come positivo a scala nazionale e trascurabile a scala locale. Infatti è ragionevole ritenere che, il potenziale impatto delle emissioni aggiuntive (che sono comunque di entità modesta e sovrastimate rispetto alla situazione reale) sia sostanzialmente compensato dall'eliminazione dei comignoli.

In ogni caso, a scala locale, le misure controllo descritte nel seguente Paragrafo e, nel complesso, le caratteristiche del sistema di teleriscaldamento, garantiscono, al contempo, il rispetto delle norme di legge ed una maggiore facilità di manutenzione degli impianti e di controllo delle emissioni.

Misure di mitigazione

In fase di esercizio le misure di mitigazione sono rappresentate essenzialmente dal filtro multiciclone, l'elettrofiltro ed il riduttore catalitico. Inoltre è prevista l'installazione di un sistema di monitoraggio in continuo dei fumi in uscita dalle caldaie a biomassa e dal cogeneratore. Le sostanze monitorate sono CO, NOx, CO2 e O2 per le caldaie e gli ossidi di azoto per il camino del cogeneratore; i dati raccolti saranno inviati periodicamente all'ARPA VdA ed alla autorità competenti per il controllo delle emissioni in atmosfera.

In aggiunta allo scopo di monitorare la qualità dell'aria potranno essere programmate, in accordo con le autorità competenti, delle campagne di misura della qualità dell'aria tramite unità mobile. Il periodo di monitoraggio dovrebbe essere posizionato in corrispondenza della stagione invernale quando si verificano le condizioni peggiori per la qualità dell'aria (funzionamento a pieno regime dell'impianto di Teleriscaldamento e condizioni meteorologiche favorevoli all'accumulo di inquinanti).

Conclusioni

In conclusione l'impatto del sistema di riscaldamento è da considerarsi a scala locale negativo e di bassa entità, limitatamente a NOx, CO e polveri, e positivo per SO2. L'impatto è invece largamente positivo a scala nazionale per tutte le sostanze. L'impatto è inoltre da considerarsi parzialmente mitigabile, temporaneo e reversibile.

La sostituzione di tanti piccoli camini distribuiti con un' unico camino della centrale porta inevitabilmente ad un peggioramento della qualità dell'aria a livello locale della centrale, tuttavia la distanza dal centro abitato permette una adeguata dispersione delle sostanze inquinanti con il risultato finale di un significativo miglioramento della qualità dell'aria nelle zone abitate. Per un paese legato al turismo come La Thuile ciò rappresenta un indubbio vantaggio a favore dell'immagine.

Capitolo 9

Analisi economica tra sistemi di cogenerazione

9.1 Modalità di funzionamento

Analizziamo le differenze tra la cogenerazione con un motore a olio vegetale e un sistema ORC collegato ad una caldaia a olio diatermico alimentata a biomassa con riferimento alla curva di domanda termica di La Thuile.

Vengono considerate tre diverse modalità di funzionamento :

- un esercizio a pieno carico termico in cui si decide di utilizzare l'impianto solo nelle ore in cui la richiesta termica è superiore al suo potenziale, tutto il calore prodotto può essere venduto all'utenza

- un esercizio a pieno carico elettrico si decide di utilizzare l'impianto anche se non c'è una richiesta di calore dalla rete, purché sia economicamente conveniente. Ciò accade durante le ore di picco in cui l'alto prezzo dell'energia basta da solo a compensare i costi di produzione mentre il calore prodotto in eccesso viene dissipato in ambiente tramite dissipatori.

- un esercizio a inseguimento del carico termico, si utilizza l'impianto solo quando c'è richiesta di energia termica, quindi viene prodotta solo la quantità di calore necessaria a soddisfare la domanda termica.

I grafici seguenti rappresentano le tre modalità di funzionamento analizzate, con riferimento ad un impianto ORC da 3 MW termici, sulla curva di carico medio.

Dal grafico 19 si vede come l'area gialla rappresenti un funzionamento a pieno carico termico nei mesi in cui la potenza termica media richiesta è superiore al potenziale della macchina. Tutta l'energia prodotta, corrispondente all'area gialla, rappresenta energia utile.

Nel grafico 20 l'area rossa insieme all'area verde rappresentano un funzionamento a pieno carico elettrico in cui la macchina lavora a piena potenza per tutte le ore in cui il ricavo è maggiore dei costi di produzione. L'area verde rappresenta l'energia dissipata in ambiente mentre l'area rossa rappresenta l'energia utile.

Capitolo 9

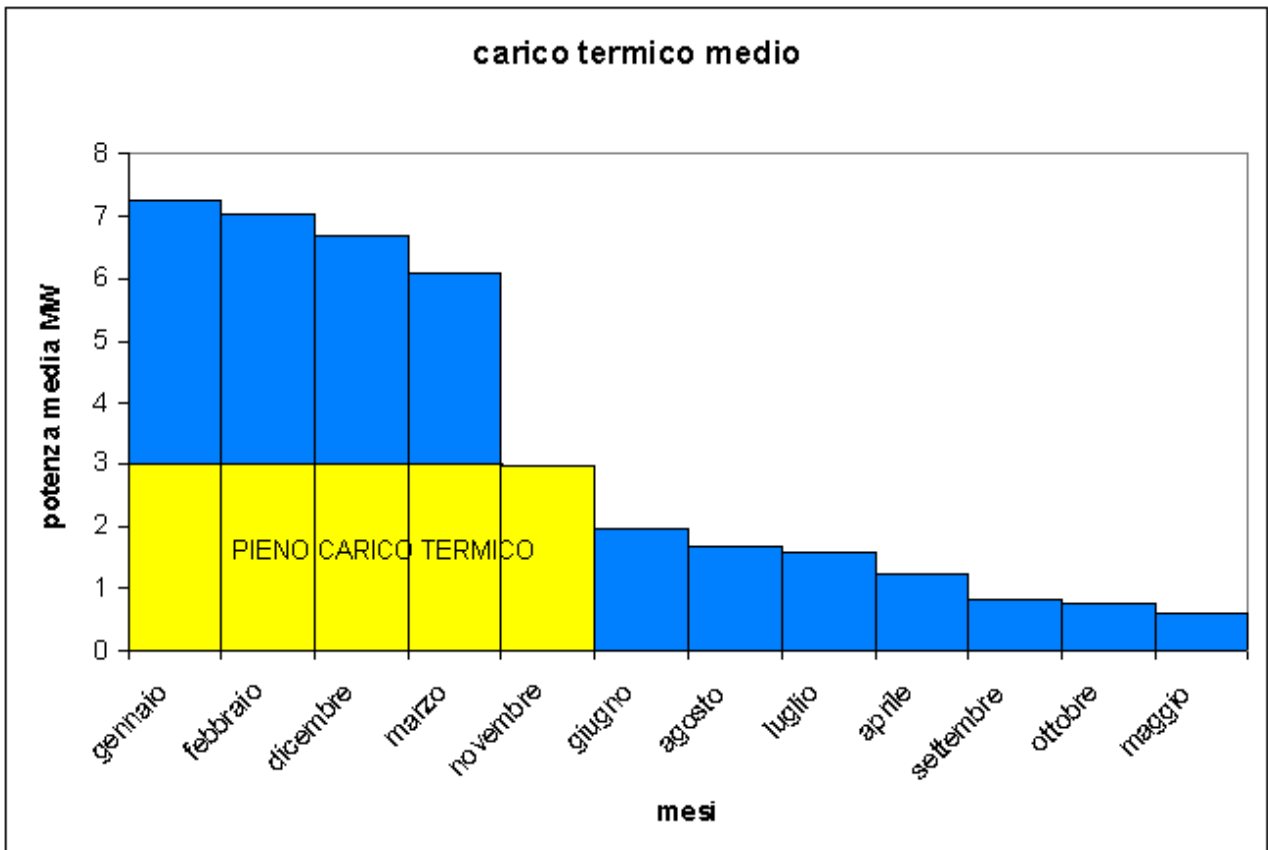


Grafico 19 - Funzionamento a pieno carico termico per un ORC da 3 MW termici

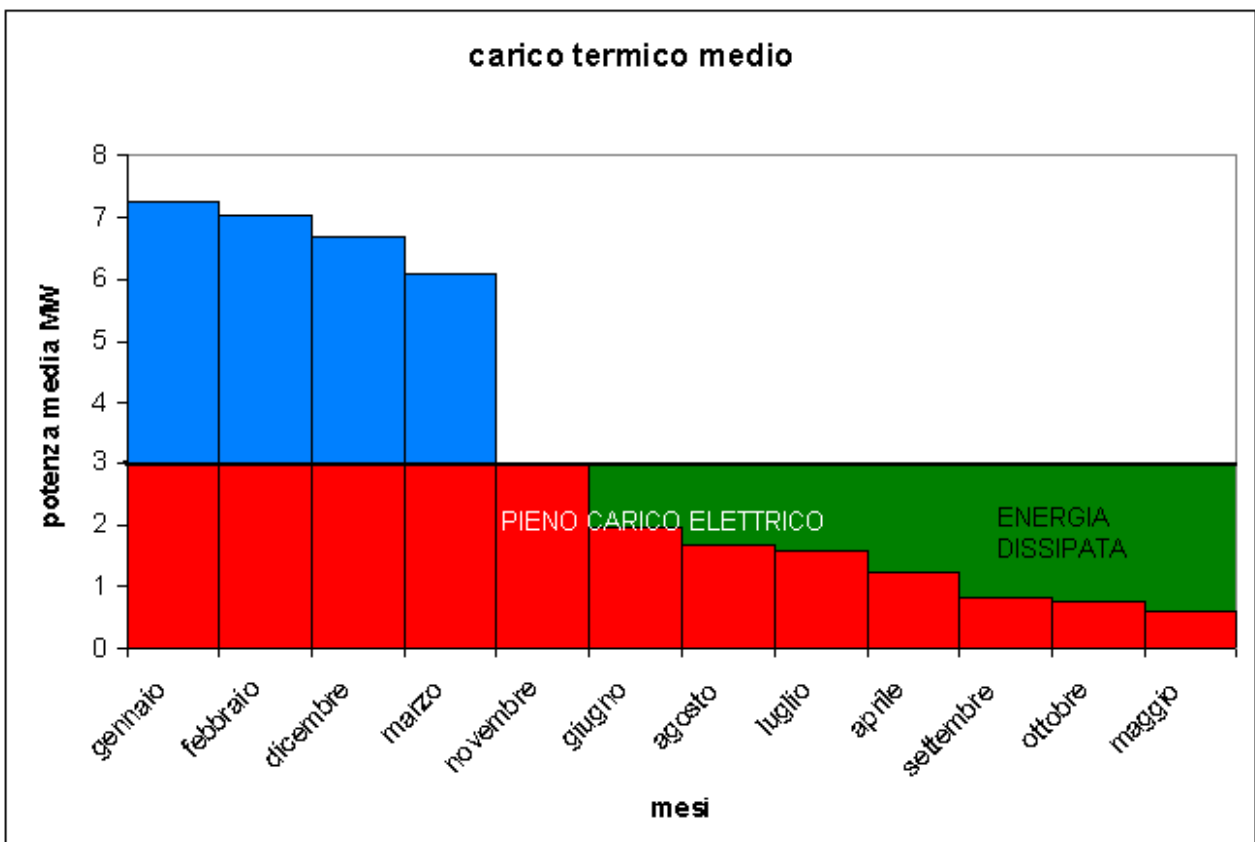


Grafico 20 - Funzionamento a pieno carico elettrico per un ORC da 3 MW termici

Analisi economica tra sistemi di cogenerazione

Nel grafico 21 invece l'area verde rappresenta la modalità di funzionamento a inseguimento del carico termico e costituisce l'energia utile.

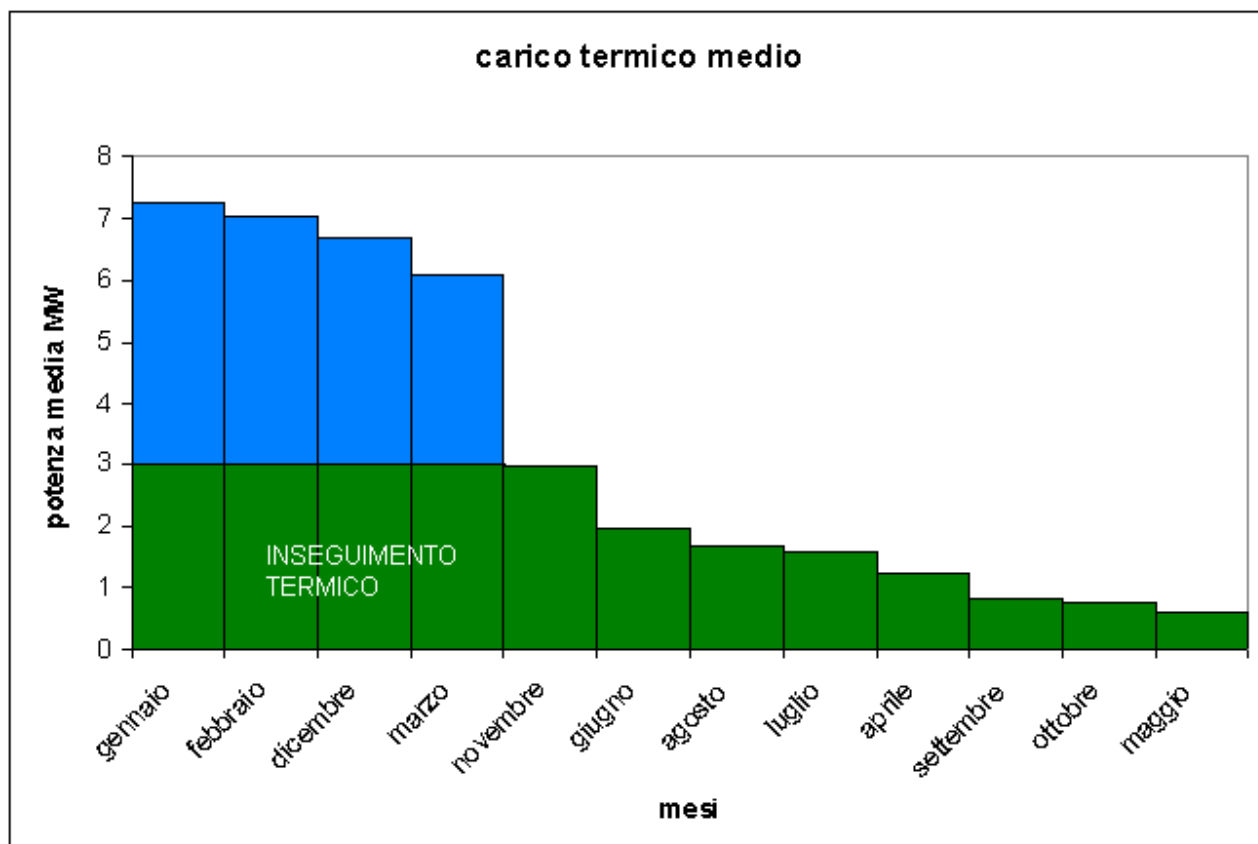


Grafico 21 -Funzionamento a inseguimento termico per un ORC da 3 MW termici

9.2 Considerazioni su accumulo termico e cogenerazione

Per ciascuna modalità consideriamo la presenza di un accumulo termico che immagazzina l'energia termica nei momenti in cui si ha un eccesso di produzione rispetto alla domanda per poi cederla nelle ore di picco per cui faremo sempre riferimento alla curva di carico riferita alla potenza media. Tale accumulo inerziale è importante per una buona redditività del gruppo di cogenerazione che dipende, come si vedrà in seguito dal numero di ore di esercizio.

Dalla curva di carico cumulata costruita sulle potenze medie si decide quale quota del fabbisogno vada soddisfatta utilizzando il cogeneratore e quale tramite caldaie di integrazione a biomassa, tale curva rappresenta l'energia che deve fornire l'impianto di teleriscaldamento per soddisfare l'utenza quindi comprende la quota relativa alle perdite di rete stimate intorno al 15% e calcolate stimando una perdita di mezzo grado centigrado al km su una lunghezza di rete di 24 km.

Il grafico 22 rappresenta la quota di energia fornita dalla caldaia a biomassa indicata con l'area rossa e la quota fornita dall' ORC da 3 MW termici indicata con l'area gialla nella modalità di funzionamento a inseguimento del carico termico dell'impianto di teleriscaldamento di La Thuile.

Capitolo 9

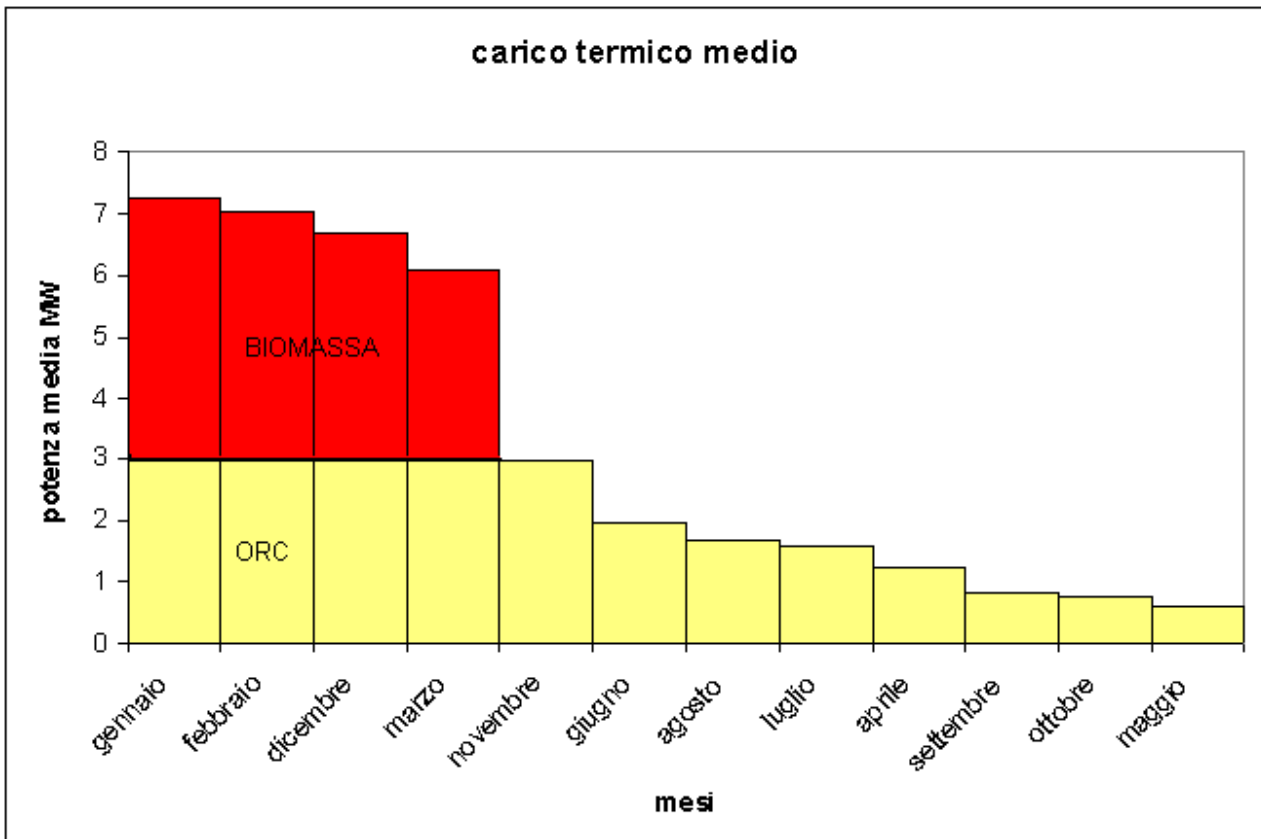


Grafico 22 - Quota energia fornita da orc e biomassa

Tutte le caldaie sono collegate all'accumulo termico ossia la caldaia a biomassa che alimenta l'ORC, la caldaia a cippato e la caldaia a gasolio di integrazione e soccorso.

Il serbatoio di accumulo da 1000 m³ costituisce a tutti gli effetti una caldaia della potenza compresa tra i 4MW e i 6 MW. Infatti 1000 m³ per un delta T di 20°C tra i 90° della mandata e i 70° del ritorno corrispondono a circa 23.Mwh.

Il picco di richiesta termica di gennaio viene soddisfatto da : 4 MW della caldaia a cippato + 3 MW forniti dall' ORC + 4,8 MW dovuti all'accumulo = 11,8 MW

	ore	MWh/gg	Mw picco	Mw medie
gennaio	744	174	11,8	7,24
febbraio	672	169	11,48	7,03
marzo	744	147	10,05	6,11
aprile	720	30	1,95	1,24
maggio	744	14	0,93	0,59
giugno	720	47	3,24	1,96
luglio	744	38	2,58	1,57
agosto	744	40	2,73	1,66
settembre	720	20	1,35	0,84
ottobre	744	18	1,1	0,76
novembre	720	72	4,73	2,98
dicembre	744	161	10,91	6,7

Tabella 30 - energia fornita dalla centrale di TLR

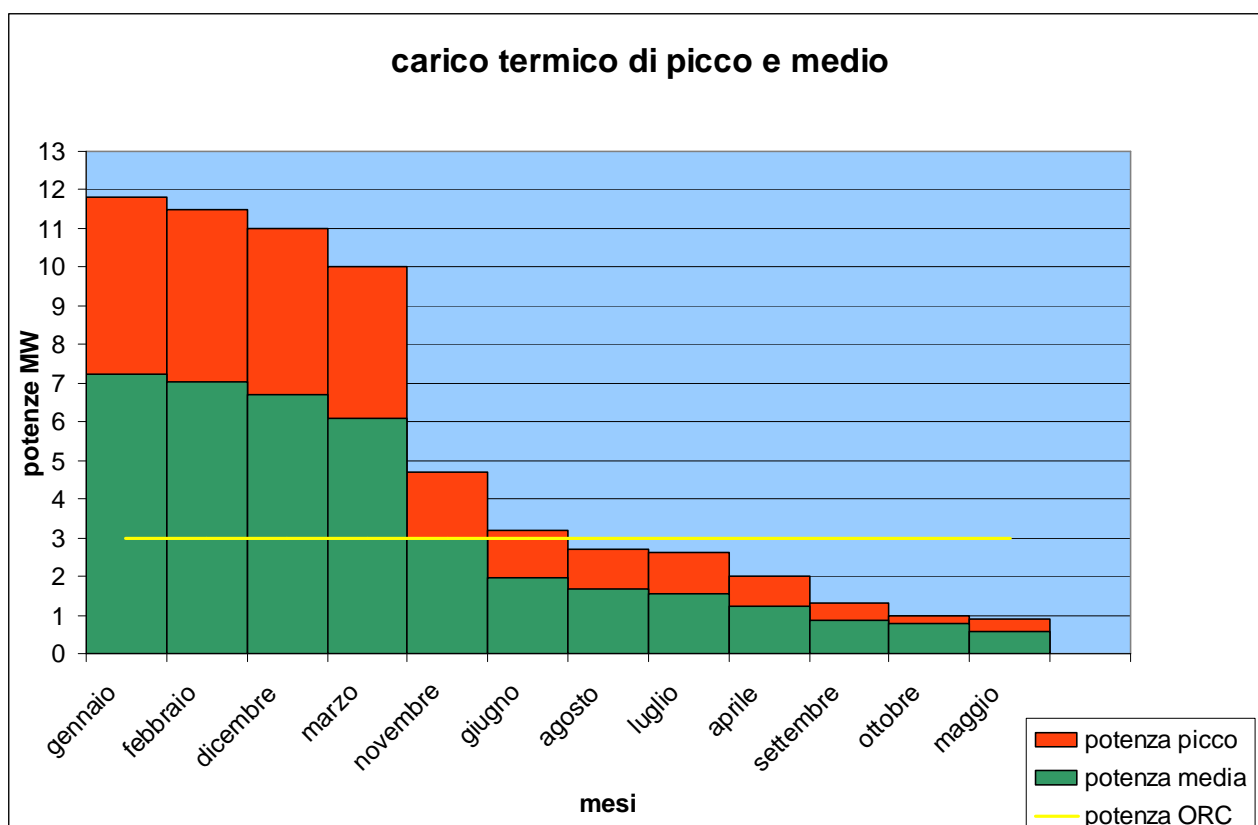


Grafico 23 - Carichi termici

Dal grafico 23 si vede come nei mesi in cui la potenza media richiesta è inferiore ai 3 MW l'impianto ORC basta a sopprimere al fabbisogno energetico anche se la potenza di picco è superiore a tale valore come ad esempio nei mesi di giugno e novembre, grazie all'energia accumulata da serbatoio. Nei mesi di gennaio e febbraio essendo la potenza media circa sui 7 MW è necessario un funzionamento continuo della caldaia a cippato e dell'ORC.

L'ORC funziona a inseguimento del carico termico quindi produce solo l'energia termica che viene utenza.

Il rendimento elettrico dell' ORC fino al 50% del carico mantiene valori prossimi al massimo intorno al 15 % mentre cala bruscamente per valori inferiori, al 30% del carico presenta un rendimento elettrico del 10% che corrisponde ad un terzo di energia elettrica prodotta in meno a con gli stessi di costi di produzione.

Capitolo 9

9.3 Cogenerazione da olio vegetale

Si considera un motore a olio vegetale di potenza elettrica nominale pari a 998 kW in modo da sfruttare la tariffa omnicomprensiva per impianti di potenza inferiore al MW. In questo caso il rapporto tra energia elettrica ed energia termica è di uno ad uno, per ogni MW di potenza elettrica viene prodotto un MW di potenza termica.

La tabella riassume le caratteristiche del motore.

Potenza elettrica nominale	kw	998
Potenza termica nominale	kw	933
Rendimento elettrico	%	42
Rendimento elettrico	%	39,3
Rendimento globale	%	81,3
Potenza in ingresso	kw	2376
Costo manutenzione motore	€/Mwh	25
Perdite di rete teleriscaldamento	%	15,00
Quota en.elettrica ausiliari di centrale	%	8,00
Perdite di rete elettrica MT	%	5,10

Tabella 31 - Caratteristiche motore olio vegetale

Il potere calorifico dell'olio vegetale è stato considerato pari a 10 kWh/kg, ad un costo di 450 €/t.

Il prezzo di vendita dell'energia elettrica da tariffa omnicomprensiva è quello per le biomasse prodotte al di fuori dell'Unione Europea, pari a 180 €/MWh.

Il prezzo di vendita dell'energia termica è pari a 74 €/MWh per la stagione 09-10, prezzo per le zone montane esenti da accisa sul gasolio di 0,12911€/litro .

Per quanto riguarda i costi di investimento di un impianto a olio vegetale sono indicati nella tabella seguente

Investimento totale		€ 1.665.350
Costo del gruppo cogenerazione		€ 800.000
Serbatoi per olio vegetale e gasolio		€ 150.000
Dissipatori di potenza		€ 150.000
Opere di connessione		€ 100.000
Montaggio e allacciamento		€ 200.000
Progettazione ,sicurezza	3,50%	€ 49.000
varie	15,00%	€ 217.350

Tabella 32 - Costi investimento olio vegetale

Analisi economica tra sistemi di cogenerazione

Il grafico seguente mostra le tre modalità di funzionamento per un motore a olio vegetale da 1 MW di potenza elettrica e termica, l'area verde rappresenta in funzionamento a pieno carico termico, la somma delle aree verde e rossa il funzionamento a inseguimento del carico termico mentre la somma delle aree verde rossa e gialla il funzionamento a pieno carico elettrico. L'area gialla rappresenta in quest'ultimo caso l'energia che viene dispersa in ambiente tramite opportuni dissipatori in quanto non utilizzata dall'utenza

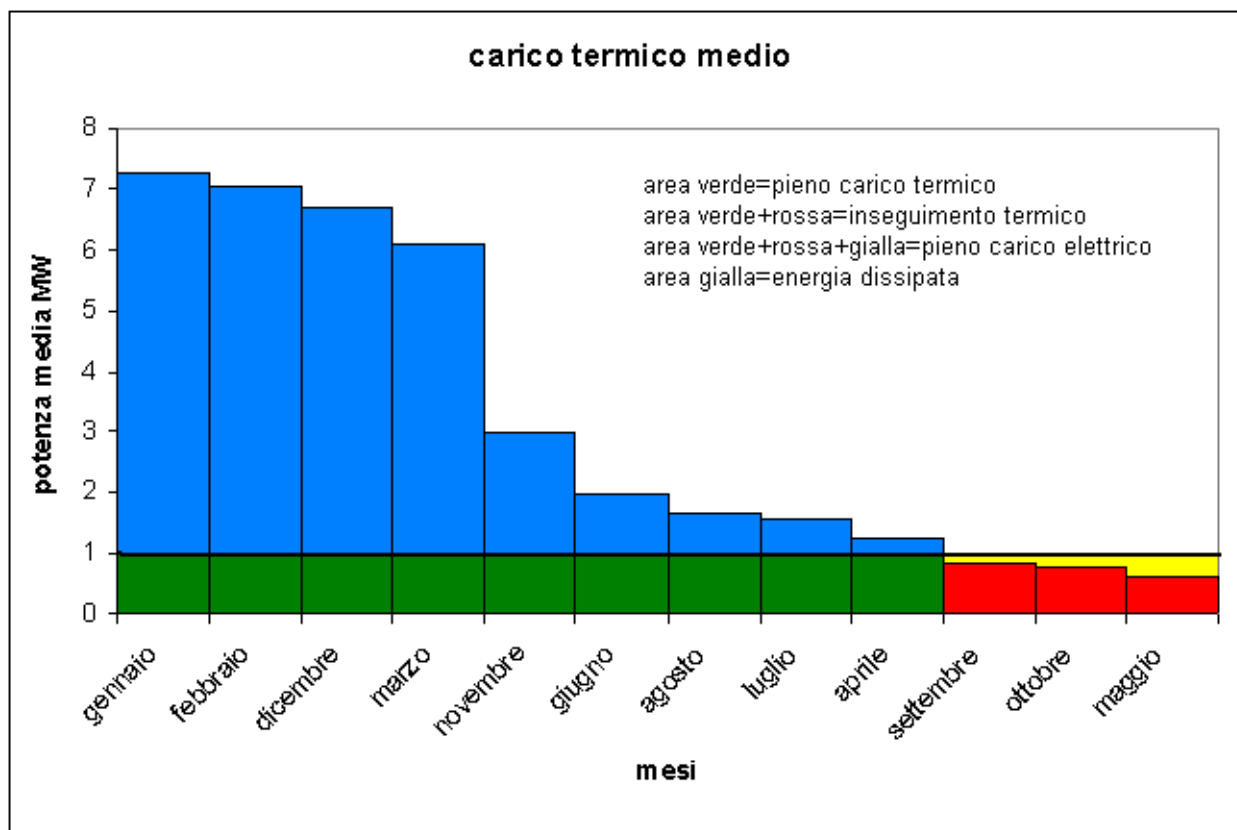


Grafico 23 - Modi di funzionamento olio vegetale

Al prezzo della tariffa omnicomprensiva valido per tutte le ore dell'anno l'impianto funzionante a pieno carico elettrico ha convenienza a lavorare il maggior numero di ore possibili. Supponiamo di lavorare 8000 ore l'anno invece per l'inseguimento termico consideriamo un numero di ore di funzionamento equivalenti di 7508 come rapporto tra energia termica utile e potenza termica di 933 kWh dovuto al fatto che grazie all'accumulo posso lavorare meno ore ma a pieno carico. La tabella seguente riporta la valutazioni relative al motore a olio vegetale considerando l'energia prodotta come eccedente rispetto a quella ottenuta con la caldaia a biomassa.

Capitolo 9

Olio vegetale -1MW		Olio elettrico	- Olio -termico	Olio-inseguimento
Pel	kW	998	998	998
Eta el	%	42	42	42
P th	kW	933	933	933
Eta th	%	39,3	39,3	39,3
Eta tot	%	81,3	81,3	81,3
P combustibile	kW	2376	2376	2376
Consumo combustibile	kg/kWh	0,24	0,24	0,24
Ore funzionamento	ore	8000	6570	7524
Energia elettrica prodotta	Mwh	7984	6556	7508
Energia termica utile	Mwh	7020	6129	7020
Energia termica dissipata in ambiente	Mwh	444	0	0
Consumo annuo combustibile	t	1916	1573	1802
Costo totale comb	€	€ 862.200	€ 707.850	€ 810.900
Costo annuale olio lubr.	€	€ 10.320	€ 8.475	€ 9.705
Costo totale manutenzione	€	€ 199.600	€ 163.900	€ 187.700
Costo servizio trasmissione	€	€ 2.075	€ 1.704	€ 1.952
Costo totale	€	€ 1.074.195	€ 881.929	€ 1.061.557
Costo specifico	€/Mwh el	€ 134,00	€ 134,00	€ 134,00
Pt/Pel		0,93	0,93	0,93
energia termica utile	Mwh	7020	6129	7020
energia termica fatturata	Mwh	5967	5209	5967
totale ricavi energia termica	€	€ 441.558	€385.466	€ 441.558
Incentivo tlr	€	€ 150.969	€ 131.811	€ 150.969

Analisi economica tra sistemi di cogenerazione

biomassa					
Energia prodotta	elettrica	Mwh	7984	6556	7508
Energia venduta	elettrica	Mwh	6946	5703	6531
Totale ricavi energia elettrica		€	€ 1.250.280	€ 1.026.540	€ 1.175.580
Totale ricavi vendita energia		€	€ 1.691.838	€ 1.412.006,00	€ 1.617.138
Investimento		€	€ 1.665.350	€ 1.665.350	€ 1.665.350
Margine operativo lordo		€	€ 617.643	€ 530.077	€ 555.581
Tempo rientro investimento		anni	2,7	3,2	3
VAN			€ 4.333.352	€ 3.482.889	€ 3.730.591
VAN/ I			2,89	2,34	2,52

Tabella 33 – Confronto cogeneratore olio da 1 Mw elettrico

Dai risultati ottenuti si vede come il margine operativo lordo aumenta con il numero di ore di funzionamento mentre il tempo di rientro dall'investimento iniziale diminuisce. Il VAN è calcolato ad un tasso del 6% per 15 anni considerati la vita utile dell' impianto.

Capitolo 9

9.4 Cogenerazione con ORC a cippato

In questo caso il rapporto tra energia termica ed elettrica è di 4 a 1 per cui anche a fronte di basse potenze elettriche installate quelle termiche sono considerevoli.

La tariffa omnicomprensiva per il cippato prevede un contributo pari a 280 €/Mwh quindi ben superiore rispetto ai 180 €/Mwh dell'olio vegetale, il decreto attuativo dei 280 €/Mwh per l'olio vegetale proveniente dalla comunità europea non è ancora stato emanato.

La tecnologia ORC è più collaudata in quanto gli impianti installati di questo tipo sono superiori a quelli attualmente in esercizio alimentati a olio vegetale. Nel caso di funzionamento a pieno carico elettrico favorendo quindi la produzione elettrica rispetto a quella termica il motore lavora il maggior numero possibile di ore nell'arco dell'anno, in questo caso 8000. In questo caso si utilizza lo stesso combustibile della caldaia a biomassa da 4 MW per cui le operazioni di approvvigionamento sono semplificate.

Nella tabella seguente sono indicate le caratteristiche di un impianto ORC da 700kW.

PN 700 Kw		
Potenza elettrica nominale	Kw	702
Potenza termica nominale	Kw	3038
Potenza in ingresso (da caldaia)	Kw	3815
Potenza in ingresso	Kw	4769
Rendimento elettrico ciclo	%	18,4
Rendimento termico ciclo	%	79,6
Rendimento globale ciclo	%	98
Rendimento caldaia olio	%	80
Rendimento globale impianto	%	78,4

Tabella 34 – Caratteristiche impianto ORC

I rendimenti del ciclo ORC sono altissimi, tuttavia la caldaia a olio diatermico, che deve scaldare il vettore energetico fino a circa 300°C ha un rendimento che penalizza il rendimento finale, che rimane inferiore all'80%. La quota di energia termica è molto più importante rispetto all'olio vegetale, per cui a parità di energia elettrica prodotta si avrà molta più energia termica disponibile, di conseguenza nel caso di utilizzo a pieno carico termico le ore utili di funzionamento molto inferiori.

Il potere calorifico del cippato è stato assunto pari a 2,9 kWh/kg, ad un costo di 48,5 €/t.

La manutenzione ha un costo più alto rispetto agli altri cogeneratori, soprattutto per quel che riguarda la caldaia ad olio diatermico, si è assunto un valore di 30 €/MWhel. La potenza elettrica riportata in precedenza è già al netto degli ausiliari di impianto, per cui si può considerare un aumento dell'8% per le pompe di rete del teleriscaldamento e gli altri ausiliari.

Occorre tenere in considerazione che la maggior complicazione impiantistica si riflette soprattutto in maggiori costi di installazione per i macchinari. In particolare si osserva che la caldaia a olio diatermico ha un costo di gran lunga superiore rispetto ai normali componenti del ciclo organico. Questo è dovuto alla taglia necessaria, e alla minore

Analisi economica tra sistemi di cogenerazione

diffusione di queste caldaie rispetto a quelle tradizionali. La Tabella 35 elenca i costi di installazione per la taglia da 700 kW elettrici.

INVESTIMENTO TOTALE PN 700KW	€ 3.969.484
Costo gruppo cogenerazione	€ 1.100.000
Caldaia a olio diatermico	€ 1.800.000
Dissipatore termico	€ 110.000
Opere di connessione	€ 125.000
Montaggio, allacciamento	€ 200.000
Progettazione, sicurezza 3,50%	€ 116.725
Varie 15%	€ 517.759

Tabella 35 - costi di investimento ORC

La tabella seguente mostra i risultati ottenuti dal confronto delle tre modalità. Abbiamo considerato 8000 ore di funzionamento per il pieno carico elettrico, 3650 ore per il pieno carico termico ottenute dal grafico 19 e 5800 ore di funzionamento equivalenti alla potenza termica di 3 MW per l'inseguimento termico ottenute come rapporto tra l'energia termica prodotta e la potenza.

ORC -700KW		ORC - elettrico	ORC - termico	ORC-inseguimento
Pel	kW	702	702	702
Eta el	%	14,7	14,7	14,7
P th	kW	3038	3038	3038
Eta th	%	63,7	63,7	63,7
Eta tot	%	78,4	78,4	78,4
P in da caldaia	kW	3815	3815	3815
Eta caldaia	%	80	80	80
P combustibile	kW	4769	4769	4769
Consumo combustibile	kg/kWh	2,34	2,34	2,34
Ore funzionamento	ore	8000	3650	5800
Energia elettrica prodotta	Mwh	5616	2562	4071
Energia termica utile	Mwh	17365	11080	17365
Energia termica dissipata ambiente	Mwh	6939	0	0
Consumo annuo comb	t	13141	5995	9526

Capitolo 9

Costo totale comb	€	€ 637.338	€ 290.757	€ 462.011
Costo totale manutenzione	€	€ 168.480	€ 76.860	€ 122.130
Costo servizio trasmissione	€	€ 1.460	€ 667	€ 1.058
Costo totale	€	€ 807.278	€ 368.284	€ 585.199
Costo specifico	€/Mwh el	€ 144	€ 144	€ 144
Pt/Pel		4,33	4,33	4,33
energia termica utile	Mwh	17365	11080	17365
energia termica fatturata	Mwh	14760	9418	14760
totale ricavi energia termica	€	€ 1.092.240	€ 696.932	€ 1.092.240
incentivo tlr biomassa	€	€ 361.625	€ 238.292	€ 373.486
Energia elettrica prodotta	Mwh	5616	2562	4071
Energia elettrica venduta	Mwh	4908	2239	3558
Totale ricavi energia elettrica	€	€ 1.374.240	€ 636.920	€ 996.240
Totale ricavi vendita energia	€	€ 2.466.480	€ 1.333.852	€ 2.088.480
Investimento	€	€ 3.969.484	€ 3.969.484	€ 3.969.484
Margine operativo lordo	€	€ 1.659.202	€ 965.568	€ 1.503.281
Tempo rientro investimento	anni	2,4	4,1	2,6
VAN		€ 12.145.098	€ 5.408.352	€ 10.630.755
VAN / I		3,06	1,36	2,67

Tabella 36 - Confronto ORC da 700 kW elettrici

Analisi economica tra sistemi di cogenerazione

Il VAN è calcolato ad un tasso del 6% per 15 anni considerati la vita utile dell'impianto. Come nel caso dell'olio vegetale si vede che il margine operativo lordo aumenta con il numero di ore di funzionamento mentre il tempo di rientro dall'investimento iniziale diminuisce, comunque le cifre in gioco sono decisamente superiori all'olio vegetale.

9.5 Confronto tra le varie opzioni

Dai risultati ottenuti si vede come il funzionamento a pieno carico elettrico sia quello più economicamente vantaggioso per via dell'alto valore della tariffa omnicomprensiva. Nel grafico seguente si rappresentano le varie energie in gioco confrontate con il fabbisogno termico dell'impianto.

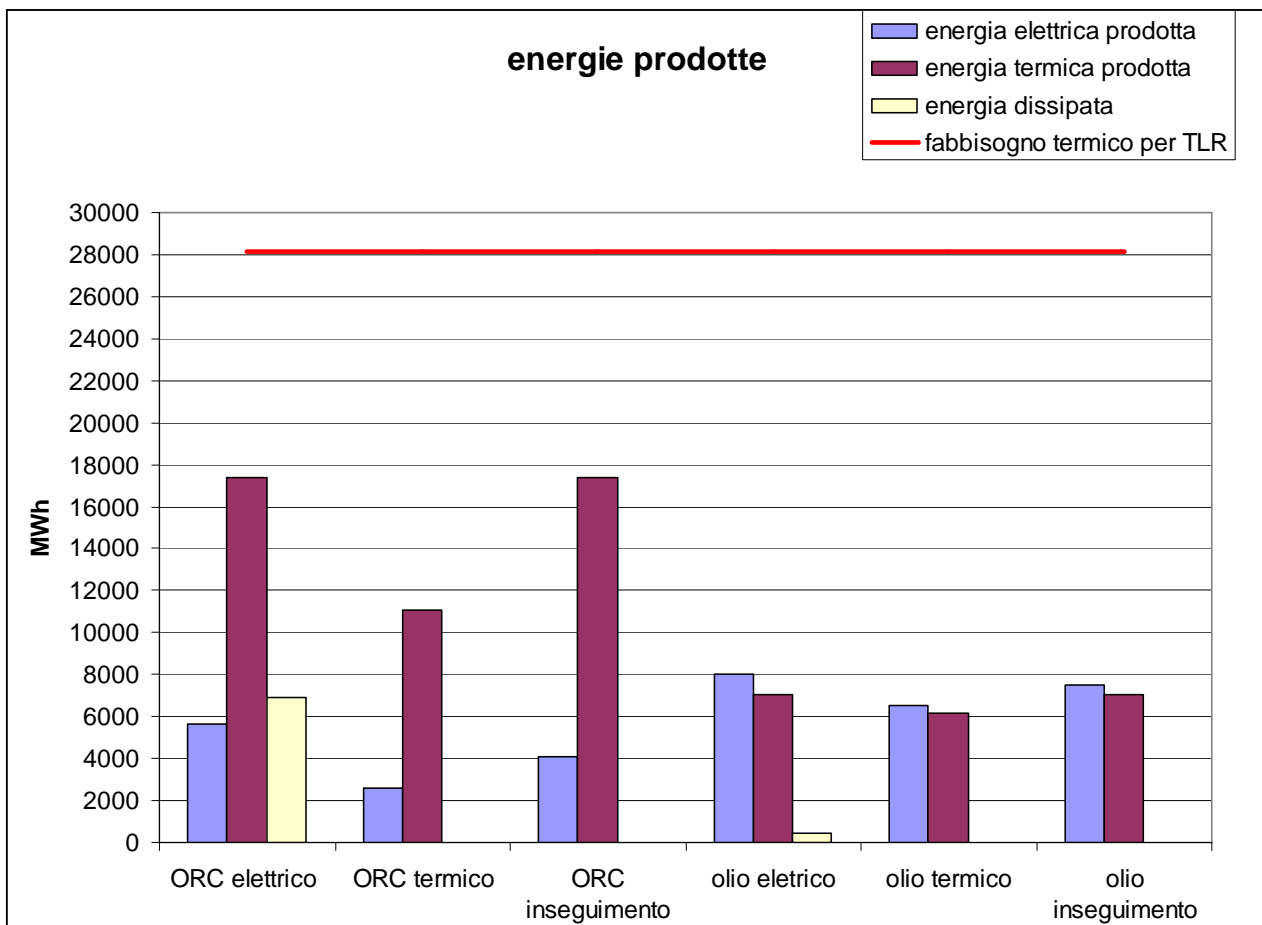


Grafico 24 - Confronto energie prodotte

La barra dell'energia termica utile spiega la quota del fabbisogno termico per TLR fornita dall'impianto di cogenerazione che dipende dalla potenza termica nominale e dalle ore di funzionamento. Nel caso dell'olio vegetale l'energia termica utile rappresenta solo il 25% del fabbisogno totale mentre il ciclo ORC a pieno carico elettrico e ad inseguimento termico risultano essere le scelte migliori per questo aspetto e forniscono più dell'65% del fabbisogno termico complessivo del teleriscaldamento. Tuttavia nel caso dell' ORC a pieno carico elettrico una quantità pari al 25% dell' energia termica prodotta viene dissipata in ambiente. Comunque grazie alla tariffa omnicomprensiva la produzione di energia elettrica basta da sola a giustificare economicamente l'esercizio.

Capitolo 9

Il grafico successivo mostra i risultati delle analisi precedenti relative al margine operativo lordo e al tempo di ritorno dell'investimento. Il dato comune è rappresentato dal fatto che maggiore è il numero di ore di funzionamento e maggiore risulta il MOL mentre diminuisce il tempo di ritorno dell'investimento.

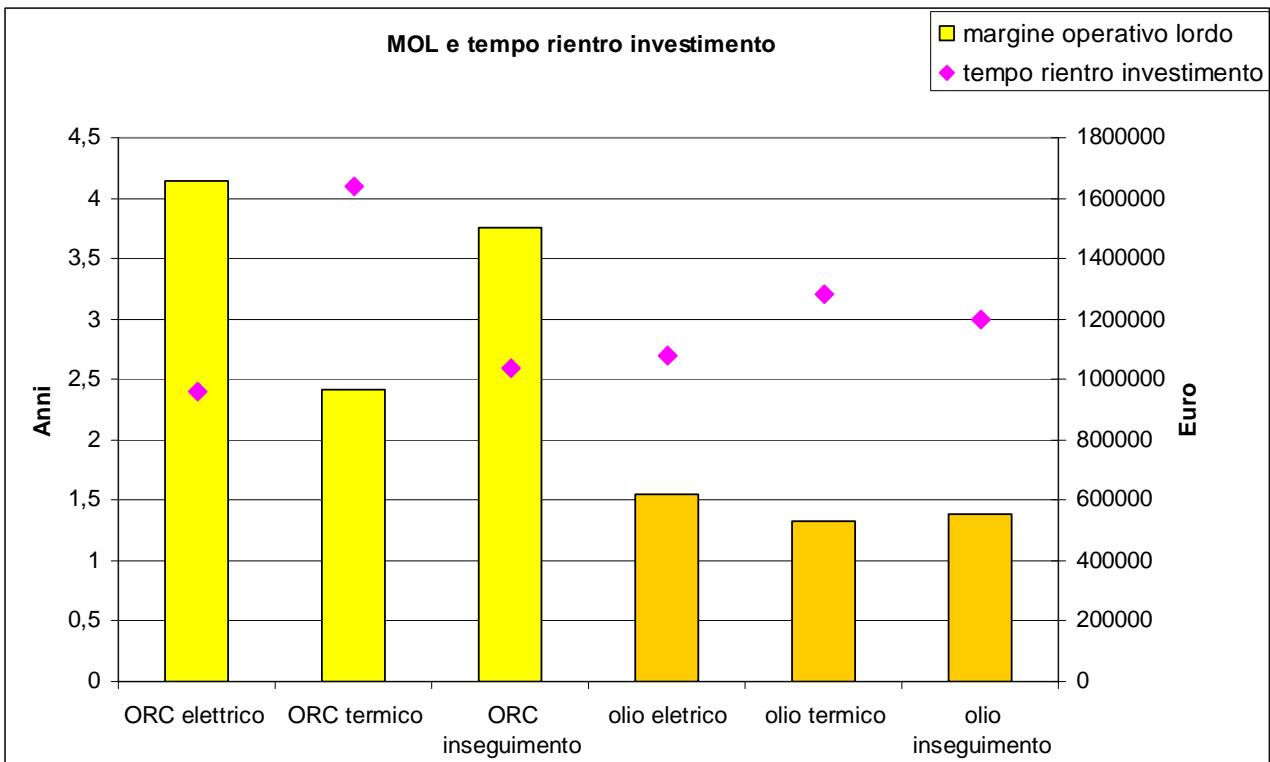


Grafico 25 - MOL e tempo rientro investimento

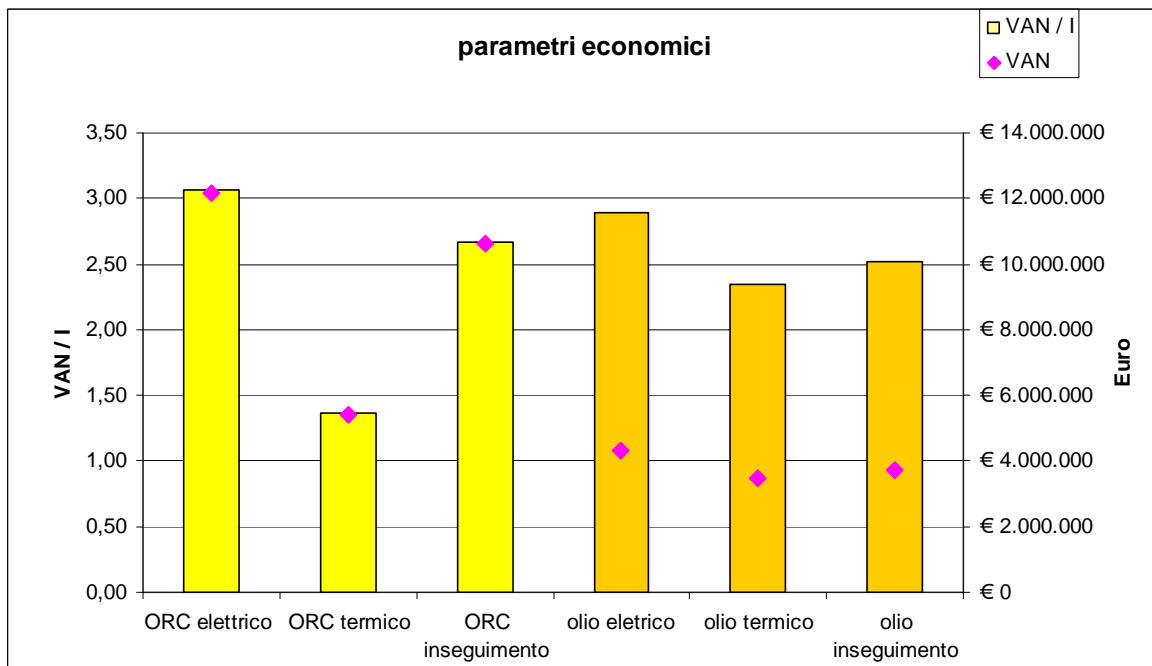


Grafico 26 - Parametri economici

Il grafico 26 rappresenta il valore attuale netto in valore assoluto e rapportato all'investimento.

Analisi economica tra sistemi di cogenerazione

L' ORC presenta il costo di investimento più elevato tuttavia la tariffa omnicomprensiva di 280 €/kWh elettrico rispetto ai 180 €/kWh dell'olio rendono economicamente equivalente per quanto riguarda il pieno carico elettrico e l'inseguimento termico come si osserva dal rapporto VAN / I rispetto al cogeneratore ad olio vegetale.

Nella grafico 27 invece si confrontano i dati relativi al margine operativo lordo rapportato all'energia termica venduta. Il valore di riferimento è quello della produzione di calore da caldaia a biomassa, in cui a fronte di spese di produzione pari a 60 €/MWh, si ha un ricavo di 74 €/MWh e ulteriori 25,82 €/MWh derivanti da credito d'imposta, con un MOL di 39,82 €.

In tutti i casi analizzati la cogenerazione presenta un MOL per kWh termico prodotto maggiore di un sistema di caldaie a biomassa .

Considerazioni finali

Si osserva dai risultati descritti dalla tabella 36 come l'impianto di cogenerazione ORC a pieno carico termico e ad inseguimento è economicamente sostenibile senza bisogno di vendere l'energia termica prodotta , anche se l'investimento iniziale per essere ammortato in tempi accettabili richiede un alto numero di ore di esercizio.

L'indice di profittabilità inteso come rapporto VAN / I nel caso di pieno carico elettrico e inseguimento termico è all'incirca equivalente per i due impianti considerati .

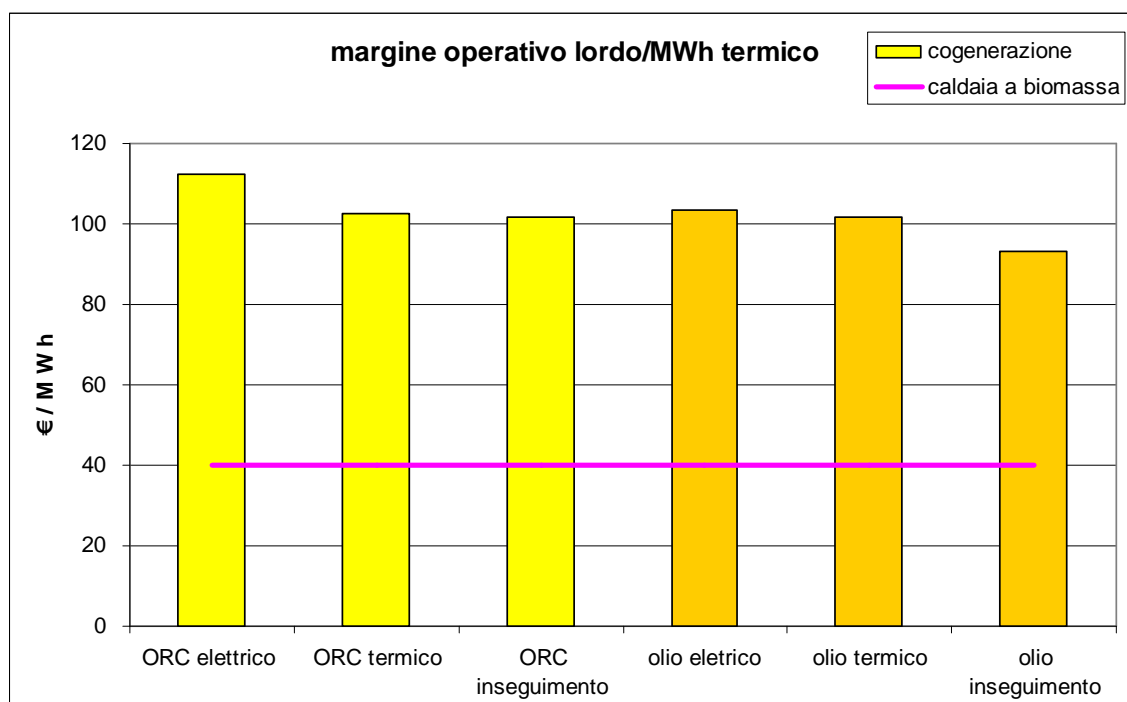


Grafico 27 - Confronto margine operativo lordo

I vantaggi di un sistema ORC rispetto al motore a olio vegetale sono :

- utilizza come combustibile il cippato che è facilmente reperibile in loco e rappresenta lo stesso combustibile della caldaia a biomassa per cui sono facilitate le operazioni di approvvigionamento mentre l'olio vegetale richiede ogni volta accurate analisi delle sue caratteristiche onde evitare problemi al motore

Capitolo 9

- la quota di energia termica fornita rispetto al fabbisogno della rete come si vede dal grafico 24 è molto più elevata che nel caso dell'olio vegetale, se si utilizzasse la caldaia a biomassa per produrre l'energia termica mancante si venderebbe calore con un MOL decisamente minore che nel caso del cogeneratore
- la tecnologia ORC è più affidabile e collaudata in quanto esistono molti più impianti in circolazione rispetto all'olio vegetale
- i parametri economici sono decisamente interessanti in particolare nel caso del funzionamento a pieno carico elettrico

L'inconveniente degli impianti ORC è l'alto costo iniziale che supera i 3 milioni di euro per le varie taglie di potenza disponibili, comunque l'elevato valore della tariffa omnicomprensiva valida per 15 anni assicura un elevato VAN nel periodo considerato.

Bibliografia

Cogenerazione biomassa mediante turbogeneratori ORC Turboden: tecnologia, efficienza, esperienze pratiche ed economia; a cura di: A. Duvia, M. Gaia;

Estratto dell'articolo pubblicato sulla rivista *Environnement* del 2005 da Edi Pasquettaz, attuale comandante del Corpo Forestale Valdostano;

Turbogeneratori ORC a Ciclo Rankine; www.turboden.it;

Energie rinnovabili ed efficienza energetica ; www.nextville.it

L'analisi di fattibilità per gli impianti a fonti rinnovabili ; www.

Equivalenza tra consumi di combustibile; www.cti.it

Le fonti rinnovabili di energia; www.energielab.it

Sistemi di teleriscaldamento a biomassa: analisi di parametri energetici e di progetto ; a cura di Michel Noussan

Utilizzo tecnologia ORC nel sistema di teleriscaldamento della città di Aosta; a cura di Giulia Armand

Riscaldamento locale o teleriscaldamento; a cura di Renato Lazzarin e Marco Noro

Società che hanno fornito dati in ordine alfabetico:

Assistgas acv, S.Giorgio Canavese

Friigo Costruzioni Srl , La Thuile (AO)

ICSSEA Srl, Aosta

Studio Termotecnico Mantovani , Aosta

Appendice

Tabella di calcolo energia in kWh a monte scambiatore teleriscaldamento

<p>kWh che bisogna fornire a monte dello scambiatore tlr per avere la stessa quantità di calore che la caldaia gasolio cede al fluido termovettore <i>pci gasolio =10kWh/litro</i> <i>Rendimento medio stagionale mesi invernali = 85%</i> <i>Rendimento medio stagionale mesi estivi = 50%</i> <i>rendimento scambiatore Tlr =98,5%</i></p>							
	centrale termica hotel	centrale termica residence m.bianco	centrale termica residence m.rosa	centrale termica residence cervino	centrale termica residence S.Bernardo	TOTALE	GRADI GIORNO
Putile	4650 kW	1162kW	1264kW	930 kW	1162 kW	9168 kW	
 mese	<i>kWh</i>	<i>kWh</i>	<i>kWh</i>	<i>kWh</i>	<i>kWh</i>	<i>kWh</i>	
gennaio	636033	214787	110232	127284	118163	1206499	574
febbraio	624815	164719	124186	153751	114375	1181845	550
marzo	600583	179147	129666	131193	108317	1148907	602
aprile	193213	66913	66196	68268	35277	429867	365
maggio	0	0	0	36066	0	36066	358
giugno	104132	17619	19340	27244	11604	179939	250
luglio	147695	22832	42330	43061	16289	272208	231
agosto	91477	21599	32371	30279	9492	185218	244
settembre	37061	7081	7020	28569	0	79731	345
ottobre	53641	28460	23438	102820	5005	213363	461
novembre	180631	87761	35665	106401	40343	450802	602
dicembre	627947	206226	140090	158920	137614	1270797	700
		kWh totali mesi estivi		kWh totali mesi invernali		kWh totali	
		753162		5902081		6655243	