

CIRIAF
Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
da Agenti Fisici - "Mauro Fell"

Università
degli Studi di Perugia
Facoltà di Ingegneria



10° Congresso Nazionale Ciriaf

Sviluppo Sostenibile, Tutela dell'Ambiente e della Salute Umana

Atti



Perugia 9/10 aprile 2010

CIPPATO DI LEGNA PER L'EDILIZIA RESIDENZIALE: IL PRIMO IMPIANTO TERMICO IN UMBRIA

Gianluca Cavalaglio¹, Stefano Cotana¹, Alessandro Petrozzi¹

¹Centro di Ricerca sulle Biomasse, Via G. Duranti – 06125 Perugia (Pg) Tel. +39.075.585.3806
cavalaglio@crbnet.it, cotanas@tiscali.it, petrozzi@crbnet.it

SOMMARIO

L'impiego di energie rinnovabili nell'edilizia residenziale ha visto una massiccia diffusione di impianti fotovoltaici e di pannelli solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria. Meno comune è invece la sostituzione di un combustibile come il metano che, nell'uso comune, è pratico e a basso impatto ambientale. Esistono delle situazioni nel campo dell'edilizia, come le abitazioni dotate di spazi sufficienti, ove l'installazione di una caldaia a cippato può essere economicamente molto vantaggiosa anche in virtù degli incentivi a disposizione. Nel presente lavoro viene descritta la realizzazione di un impianto di potenza pari a 100 kW termici, installato a servizio di un'abitazione bifamiliare. È stata eseguita un'analisi tecnico-economica dell'intervento; i risultati del primo anno di monitoraggio sono illustrati e commentati, confrontandoli con il funzionamento di un'analoga caldaia a metano. Sono stati analizzati vari scenari sotto diverse ipotesi del prezzo dei carburanti. I risultati della ricerca, in considerazione del fatto che è il primo impianto civile installato in Umbria, possono essere particolarmente significativi in vista di una diffusione di questa tecnologia impiantistica.

1. INTRODUZIONE

L'aumento del costo dei combustibili fossili e la crisi energetica spingono a considerare diverse alternative per soddisfare le richieste energetiche dell'edilizia residenziale.

Gli impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica hanno avuto negli ultimi anni un fortissimo sviluppo, quadruplicando il numero di installazioni dal 2007 al 2008; in particolare gli impianti di piccola taglia, di potenza inferiore ai 3 kWp, utilizzati principalmente nel settore residenziale, sono complessivamente oltre 15.000 con una potenza elettrica generata di 40 MW. [1,2]

L'impiego di impianti solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria è una prassi comune, e spesso obbligatoria, nella costruzione di nuovi edifici; tra il 2006 e il 2008 la superficie complessiva dei pannelli solari è raddoppiata (da 0.77 a 1.5 milioni di m²), portando la potenza termica installata ad oltre 1 GW. [3,4]

Lo sviluppo di impianti a biomassa di piccola taglia nel settore residenziale trova invece maggiori difficoltà, in quanto il cippato si trova a competere con un combustibile pratico e a basso impatto ambientale come il metano. L'impiego di biocombustibili per il riscaldamento si è mantenuto pressoché costante negli ultimi anni, con un produzione di energia termica pari a 440 GWh. [5]

Esistono numerose situazioni nel campo dell'edilizia, come ad esempio le abitazioni che dispongono di spazi sufficienti, dove l'installazione di una caldaia a cippato può risultare economicamente vantaggiosa, grazie anche agli sgravi fiscali previsti dalla normativa che permettono di ottenere un credito di imposta pari al 55% del costo dell'impianto a biomasse. [6]

Nel presente lavoro viene descritta la progettazione, la realizzazione ed il monitoraggio di un impianto a cippato di legna, di potenza pari a 100 kW termici, installato presso

un'abitazione bifamiliare, per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria. E' stato eseguito un monitoraggio durante il primo anno di funzionamento, con un'analisi dei costi di gestione e manutenzione; è stata eseguita un'analisi tecnico-economica dell'intervento, valutando i tempi di ritorno dell'investimento, confrontando i risultati con un analogo impianto a metano, analizzando infine diversi scenari di variazione del prezzo dei carburanti.

2. IMPIANTI DI RISCALDAMENTO E COMBUSTIBILI

Gli odierni impianti di riscaldamento domestico utilizzano nella maggioranza dei casi come combustibile gas naturale, che nel corso degli ultimi anni è andato progressivamente a sostituirsi al gasolio e all'olio combustibile, come mostrato in figura 1; la proiezione fino al 2015 evidenzia ancora un aumento del consumo di metano a scapito degli altri combustibili [7-9]

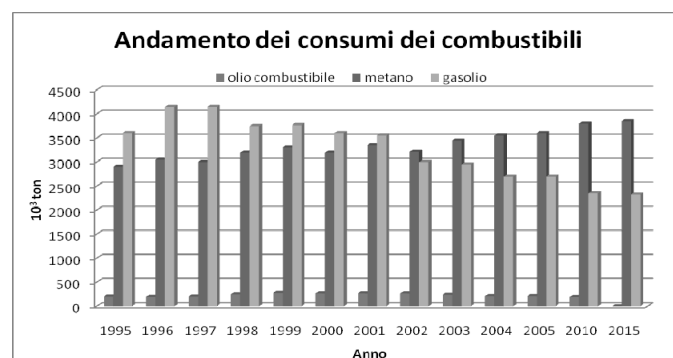


Figura 1: Andamento dei consumi dei combustibili nel periodo 1995-2003 e previsioni al 2015

Gli impianti di riscaldamento si distinguono in impianti autonomi ed impianti centralizzati. Un impianto di riscaldamento autonomo è costituito da una caldaia di produzione di acqua calda, da un sistema di scarico in atmosfera dei residui della combustione attraverso la canna fumaria e da una rete di distribuzione per l'adduzione del fluido riscaldato agli elementi terminali che provvedono alla climatizzazione degli ambienti costituenti l'unità abitativa. La presenza di termostati ambiente regola il funzionamento della caldaia, in funzione della temperatura impostata dall'utenza, comandando accensioni e spegnimenti dell'impianto. La caratteristica di modulabilità dell'impianto di riscaldamento in funzione delle singole esigenze è stato il punto di forza dello sviluppo di tali impianti negli ultimi trenta anni.

Un impianto di riscaldamento centralizzato è costituito da una o più caldaie e relativi sistemi di scarico dei residui della combustione, mentre si differenzia da un impianto autonomo per la rete di distribuzione. Gli impianti centralizzati, a seconda della rete di distribuzione, si distinguono in:

a) impianti a colonne montanti (distribuzione verticale): sono costituiti da un anello, formato da una tubazione di mandata e una di ritorno, che percorre la base dell'edificio e dal quale si dipartono le colonne montanti che alimentano i terminali posti sulla stessa verticale ai vari piani dell'edificio;

b) impianti a zone (distribuzione orizzontale): sono costituiti da una colonna montante che alimenta più anelli, uno per ciascun appartamento.

La figura 2 riporta uno schema delle due tipologie di impianto descritte. Il sistema di termoregolazione di un impianto centralizzato è generalmente costituito da una centralina di controllo con la quale si impostano i tempi di accensione dell'impianto (stabiliti per la legge a seconda della zona climatica di appartenenza) e con la quale si regola automaticamente la temperatura di mandata dell'acqua ai corpi scaldanti in funzione della temperatura esterna, rilevata con una sonda di temperatura [10].

In prima analisi, considerando impianti condominiali di vecchia generazione, la diffusione di impianti di riscaldamento autonomi sembra la soluzione che garantisce una maggiore libertà di scelta e risparmio nei consumi; va però considerato che la tecnologia ha messo a disposizione strumenti come i contabilizzatori di calore e le valvole motorizzate, che consentono anche agli impianti centralizzati di quantificare e personalizzare le esigenze delle singole utenze.

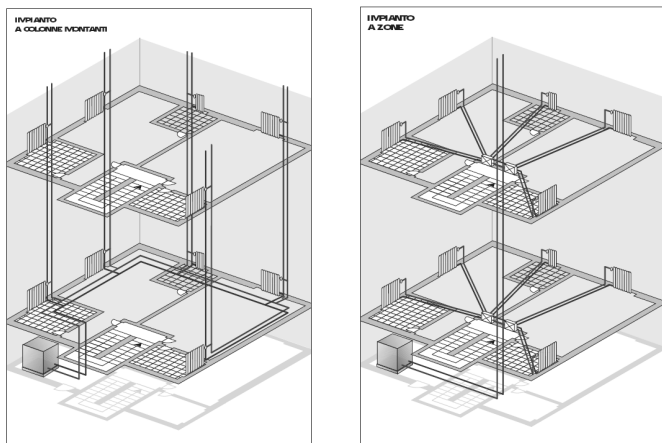


Figura 2: Schema di impianto a colonne montanti e a zone [11].

I vantaggi degli impianti centralizzati sono:

- alto rendimento del generatore di calore;

- minor potenza termica da installare: la sostituzione di tanti generatori di calore autonomi con uno centralizzato richiede una potenza termica molto minore della somma delle potenze dei singoli generatori, con conseguente minor consumo e minor impatto sull'ambiente;

- possibilità di utilizzo in impianti centralizzati di combustibili alternativi al metano, come pellet, legname, biomasse;

- minori costi di manutenzione ordinaria e straordinaria, ripartiti fra tutti i condomini;

- eliminazione dei pericoli derivanti dalla presenza di caldaie all'interno degli alloggi con probabilità di incidenti dovuti a fughe di gas, esplosioni, o cattivo funzionamento dei sistemi di espulsione dei fumi;

- ripartizione delle spese in base ai consumi effettivi, che responsabilizza il singolo all'uso parsimonioso e all'attenzione agli sprechi;

- facilità nel controllo e nel monitoraggio dei consumi;

- esenzione dei singoli dall'obbligo di provvedere annualmente in proprio ai controlli ed alle denunce dell'impianto autonomo.

3. PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO A BIOMASSE LEGNOSE

3.1 Descrizione dell'intervento e dello stato ante-operam

L'intervento riguarda la progettazione e la realizzazione di un nuovo impianto di riscaldamento alimentato a cippato di legno a servizio di un fabbricato civile. Il fabbricato è sito nel Comune di Perugia ed è suddiviso in due unità residenziali adibite a civile abitazione.

L'edificio avente pianta rettangolare, è costituito da tre piani, uno seminterrato e due fuori terra. La tipologia costruttiva dell'edificio, il cui anno di costruzione risale al 1975, è una struttura portante in cemento armato con tamponatura a cassetta e rivestimento esterno in parte in pietra (piano seminterrato) e in parte in mattoni (piano terra e piano primo). La superficie utile complessiva delle due unità immobiliari è di 502,48 m².

Allo stato ante-operam le due unità immobiliari sono servite da un impianto termico centralizzato, con distribuzione a colonne montanti e sviluppo orizzontale ai vari piani, alimentato da una caldaia a policombustibili del tipo a basamento, posto nel locale adibito a centrale termica sito al piano seminterrato. In origine il combustibile impiegato per l'alimentazione della caldaia era il gasolio, con serbatoi cisterna interrati esternamente, nella zona prospiciente la centrale termica; con le opere di metanizzazione, che hanno interessato la zona attorno agli anni '80, si è provveduto alla conversione del bruciatore per l'alimentazione della caldaia con uno a metano. All'interno delle due unità immobiliari i terminali di erogazione del calore sono costituiti da radiatori in ghisa; il sistema di regolazione della temperatura è centralizzato con valvole termostatiche per la regolazione dei singoli ambienti.

Lo schema funzionale dello stato ante-operam dell'impianto di riscaldamento è riportato in figura 3.

Le caratteristiche dell'impianto di riscaldamento sono:

- impianto di tipo centralizzato;

- terminali di erogazione del calore in radiatori in ghisa;

- distribuzione del tipo a colonne montanti;

- regolazione dell'impianto centralizzata e con valvole termostatiche per la regolazione dei singoli ambienti;

- generatore del tipo a caldaia a basamento, con alimentazione a metano;
- potenza nominale al focolare del generatore di calore pari a 86.000 kcal/h (110 kW).

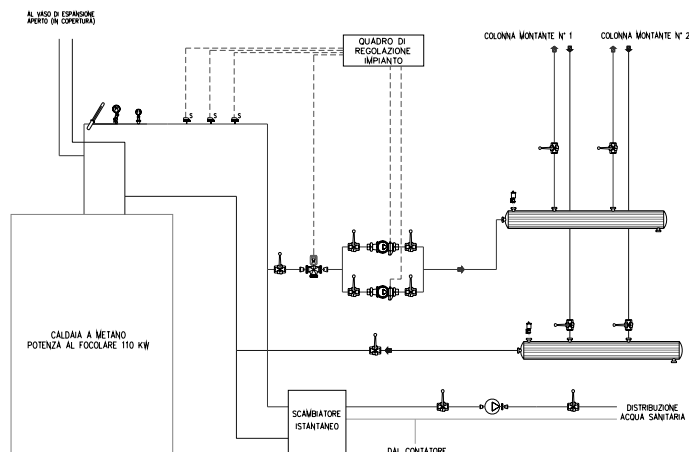


Figura 3: Schema funzionale impianto termico ante-operam

Dai calcoli eseguiti in conformità delle normative vigenti in considerazione delle caratteristiche climatiche relative al sito di costruzione dell'edificio, risultano i seguenti indici:

- Indice di Prestazione Energetica per la climatizzazione invernale proprio dell'edificio: (Epi): 177,91 kWh/m² anno
- Il pertinente valore limite dell'Indice di Prestazione Energetica Limite per la climatizzazione invernale: (Epilimite): 107,32 kWh/m² anno

Il generatore di calore alimentato a metano, con caldaia a basamento della potenza nominale di 110 kW al servizio delle due unità immobiliari, in base alla media delle rilevazioni effettuate attraverso le fatturazioni degli ultimi anni, consuma circa 7.800 m³ di metano all'anno per la climatizzazione ambientale e per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria delle due unità immobiliari, con una temperatura media dei locali riscaldati di 16,5 °C.

Il costo medio annuo derivante dal consumo di 7.800 m³ di metano è di circa 7.500 € ripartiti in base alle quote millesimale tra le due unità immobiliari, non essendo presenti contabilizzatori di calore per una valutazione dei consumi reali individuali.

Dalla combustione di 7.800 m³ di metano si ha ogni anno una produzione di calore al bruciatore di circa 66.953.000 kcal (279.864 MJ).

3.2 Stato di Progetto

Contestualmente alla realizzazione di una serie di opere edili finalizzati alla creazione di locali ad uso garage e magazzino, e la realizzazione di una piscina con opere di sistemazione esterna, i proprietari hanno optato anche per la sostituzione della vecchia caldaia alimentata a metano. Dopo avere valutato varie alternative la scelta è caduta sulla realizzazione di un impianto di riscaldamento alimentato a biomasse legnose, in particolare a cippato di legna, che è risultato essere il compromesso migliore per economicità di funzionamento e reperibilità del combustibile.

La diffusione di impianti di riscaldamento alimentati a biomasse legnose è rallentata da alcuni importanti fattori: in primo luogo il non indifferente costo di acquisto della caldaia,

notevolmente superiore a quello di una caldaia a metano; la necessità della creazione di locali accessori ad uso dell'impianto di riscaldamento, come deposito per lo stoccaggio del biocombustibile, a differenza degli impianti a metano che sono serviti da un tubo di alimentazione collegato alla rete del metanodotto; maggiori costi di manutenzione ordinaria (pulizia caldaia, raccolta ceneri); maggior consumo di energia elettrica dovuto al sistema di alimentazione che praticamente non esiste in una caldaia a metano; maggior controllo da parte dei proprietari sull'impianto a causa delle necessarie operazioni di rifornimento periodiche di combustibile.

La scelta della realizzazione di impianti di riscaldamento alimentati a cippato di legna ha a suo favore, oltre al prezzo di acquisto del combustibile molto basso, una variabilità dei prezzi che negli ultimi anni non ha conosciuto gli incrementi che invece si sono potuti riscontrare per i combustibili di origine fossile.

La stabilità del prezzo delle biomasse legnose è dettata dalla sua stessa natura, in quanto la reperibilità locale non incorre nelle problematiche proprie dei combustibili fossili, che sono oggetto nella maggioranza dei casi di lunghi trasporti ed hanno luoghi di produzione che sono interessati da fattori di instabilità politica ed economica che ne influenzano la variabilità dei costi.

Un fattore che risulta di particolare importanza nella scelta dell'installazione di impianti di produzione di calore da fonti alternative ai combustibili fossili è la possibilità di attingere ad agevolazioni fiscali da parte dello Stato, che permettono agli utilizzatori una riduzione importante dei tempi di rientro dell'investimento iniziale.

La legge finanziaria 2007, poi prorogata dalla legge finanziaria 2008 fino a tutto il 2010, dispone interessanti incentivi per il risparmio energetico, e nel particolare la detrazione dall'imposta lorda per una quota del 55% degli importi a carico dei contribuenti per la sostituzione di vecchi impianti esistenti con caldaie a biomassa, importi comprensivi sia della posa delle apparecchiature termiche, meccaniche, elettriche, sia delle opere idrauliche e murarie necessarie per la sostituzione a regola d'arte dell'impianto termico esistente [6-12]. I calcoli relativi al fabbisogno termico eseguiti sul fabbricato confermano la taglia della precedente caldaia e pertanto la caldaia a cippato avrà una potenza nominale di 100-110 kW [13]. Le caratteristiche tecniche della caldaia sono riportate nella tabella 1.

Tabella 1: Caratteristiche tecniche della caldaia a cippato [14]

Range di potenza	33-100 kW
Collegamento elettrico	400 V / 50 Hz
Potenza elettrica assorbita	650 W
Peso caldaia	1050 Kg
Contenuto d'acqua caldaia	300 l
Pressione di esercizio	3 bar
Temperatura massima di mandata	95°C
Temperatura minima di ritorno	55°C
Temperatura gas combusti	190°C
Massa fumi	295 Kg/h
Diametro canna fumaria	200 mm

La caldaia è costituita dai seguenti componenti [14]:

- sistema di regolazione dell'aria primaria e secondaria con un proprio ventilatore dell'aria di combustione;
- griglia automatica;

- ventilatore a tiraggio indotto;
- camera di combustione in refrattario che garantisce una temperatura uniforme nella zona di combustione anche con materiale molto umido;
- vano di post-combustione;
- scambiatore di calore multiplo con pulizia automatica dello scambiatore di calore;
- sistema automatico di rimozione della cenere dalla camera di combustione al cassetto cenere esterno e dallo scambiatore di calore al cassetto cenere esterno.

Determinata la potenza della caldaia a cippato, è necessario dimensionare il deposito del combustibile. Si considerano circa 1,8 m³ di deposito per ogni kW di potere calorifico della caldaia, ottenendo un fabbisogno annuo di 198 m³ di cippato. Ipotizzando un numero annuo di carichi pari a 5, si ottiene un volume del deposito pari a 40 m³. Si prevede quindi la realizzazione di un locale deposito della dimensione di 4 x 4 m di base e 3 m di altezza.

La figura 4 riporta lo schema funzionale dello stato di progetto dell'impianto di riscaldamento e del sistema di distribuzione.

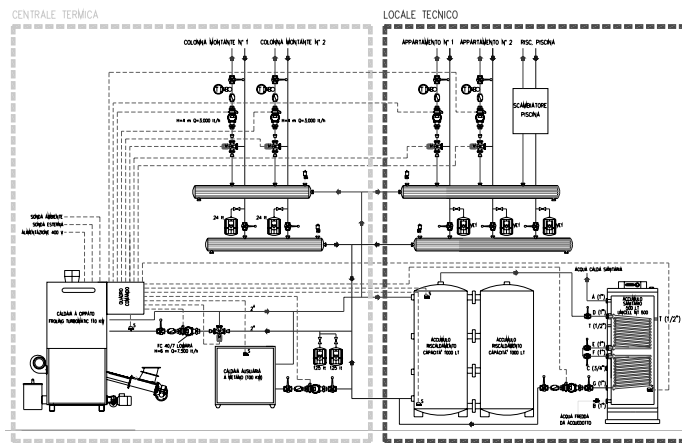


Figura 4: Schema funzionale di progetto dell'impianto termico

3.3 Realizzazione dell'impianto

Nel contesto dei lavori di ampliamento e di sistemazione esterna del fabbricato, l'installazione della centrale termica a biomasse ha richiesto la realizzazione del locale deposito del cippato, destinato all'alimentazione della caldaia. Si è provveduto alla costruzione di tale deposito con l'esecuzione di uno scatolare in cemento armato, parzialmente interrato, con una apertura nel solaio di copertura per permettere le operazioni di scarico del cippato tramite l'utilizzo di camion con cassone ribaltabile.

Il posizionamento del magazzino in adiacenza alla rampa che porta ai nuovi locali destinati a garage permette lo scarico del materiale anche con l'utilizzo di mezzi di piccole dimensioni, ideali per il trasporto dei quantitativi di cippato necessari ad ogni ricarica. Per facilitare le operazioni di scarico del cippato si è provveduto al prolungamento della botola di scarico fino al di fuori del locale deposito, con la creazione di uno scivolo in cemento armato che permette al cippato di terminare all'interno del deposito per caduta. La figura 5 mostra l'interno del silos ed il meccanismo di apertura della botola.

Il locale deposito deve avere una pavimentazione inclinata, di solito realizzata in legno, che deve essere autoportante e non appoggiato sul canale della coclea.

Per un utilizzo di tutto il materiale contenuto nel deposito si

prevede l'installazione di un estraattore a braccio a molla, poggiate sul pavimento.

Il sistema di alimentazione della caldaia è costituito da un canale di forma trapezoidale incassato nel pavimento del locale deposito al cui interno ruota una coclea che permette il trasporto del materiale.



Figura 5: Vista interna del silos di stoccaggio del cippato

L'installazione della caldaia a cippato consiste nell'assemblaggio dei vari componenti costituenti il corpo caldaia ed il sistema di alimentazione automatico del cippato.

La caldaia, dopo il suo assemblaggio, necessita del solo allaccio all'impianto di riscaldamento tramite il collegamento di una tubazione in ingresso dell'acqua fredda ed una in uscita di acqua calda, della connessione elettrica al pannello di comando che gestisce il funzionamento della caldaia in relazione a tutto l'impianto di riscaldamento, e del collegamento al sistema di espulsione dei gas combusti.

La figura 6 mostra una vista della corpo caldaia posto all'interno della centrale termica.



Figura 6: Caldaia a cippato

Si è provveduto all'installazione di due serbatoi di accumulo (accumulatori tampone) a stratificazione, da 1.000 litri ciascuno. Gli accumulatori permettono di immagazzinare il calore prodotto in eccesso dal generatore di calore e sono molto utili se abbinati a caldaie a biomasse: infatti tali caldaie non hanno la capacità di modulazione dei generatori alimentati con combustibili fossili, che possono accendersi e spegnersi istantaneamente, ma hanno tempi di accensione e spegnimento significativamente più lunghi. Il calore generato in eccesso dalla caldaia non viene disperso ma conservato negli accumulatori, che ne mantengono la temperatura a lungo per poi cederlo, quando richiesto, all'impianto di riscaldamento.

E' stato inoltre inserito un serbatoio di accumulo sanitario da 500 litri al posto del vecchio scambiatore istantaneo.

La gestione di tutto l'impianto è eseguita da un unico sistema di regolazione che, tramite i sensori installati su tutte le componenti dell'impianto, gestisce in maniera completamente autosufficiente l'impianto. Il quadro di comando controlla in maniera autonoma anche il sistema di alimentazione della caldaia e l'estrazione del cippato dal locale deposito.

Come si può rilevare dallo schema di funzionamento dell'impianto, nel locale tecnico esiste una derivazione per il collegamento dell'impianto di riscaldamento ad uso dell'abitazione con uno scambiatore per il riscaldamento dell'acqua della piscina di nuova realizzazione posta all'aperto nel giardino esterno al fabbricato. La cessione del calore per il riscaldamento dell'acqua della piscina avviene nello scambiatore, posto nel locale macchine della piscina, dove il calore proveniente dalla caldaia viene ceduto all'acqua nel circuito di trattamento dell'acqua della piscina.

4. MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO E RISULTATI

4.1 Dati di monitoraggio dell'impianto

Il nuovo impianto di riscaldamento, alimentato da una caldaia a cippato di legna, è stato messo in funzione nel mese di ottobre 2008. I risultati del primo anno di funzionamento sono riportati nella tabella 2.

Tabella 2: Risultati del primo anno di funzionamento

Ore di funzionamento	1.877
Consumo di cippato	300 q
Ore di funzionamento giornaliere	5,14
Consumo orario di cippato	16 Kg/h

Tali dati derivano dal sistema di controllo automatico dell'impianto che permette la rilevazione delle ore di accensione della caldaia su basi medie mensili.

Nel prospetto seguente (Figura 7) sono riportati i consumi desunti nei vari mesi del primo anno di funzionamento ed i relativi consumi di cippato per l'alimentazione dell'impianto.

ORE FUNZIONAMENTO GIORNALIERE (media mensile)	2008			2009								
	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE
ORE FUNZIONAMENTO MENSILE	3,0	4,6	6,2	7,1	6,8	5,9	5,0	3,2	5,5	5,2	6,1	3,1
ORE FUNZIONAMENTO MENSILE	93,0	138,0	192,2	220,1	190,4	182,9	150,0	99,2	165,0	161,2	189,1	93,0
ORE FUNZIONAMENTO TOTALI ANNUO	423,2			1450,9								
	1877,1h/anno											
KG CIPPATO MENSILE 10 kg/h	1488,0	2208,0	3075,1	3521,6	3046,4	2926,4	2400,0	1587,2	2640,0	2579,2	3025,6	1488,0
KG CIPPATO MENSILE	6771,1			23214,4								
KG CIPPATO TOTALI ANNUO	29985,5 kg/anno											

Figura 7: Consumo di cippato e ore di funzionamento mensili

Si può rilevare dal prospetto relativo alle ore di accensione dell'impianto e dei rispettivi consumi di cippato, come i tempi di funzionamento giornalieri siano relativamente costanti nell'arco dell'anno. Da novembre 2008 ad aprile 2009 la caldaia ha funzionato essenzialmente per la climatizzazione ambientale dei locali riscaldati delle due unità immobiliari e per la produzione di acqua calda sanitaria, con consumi massimi rilevati nel mese di gennaio. Nel mese di maggio 2009, in analogia ad ottobre 2008 e settembre 2009, si sono rilevati i consumi minimi, con l'impianto destinato essenzialmente alla produzione di acqua calda sanitaria. I consumi nel periodo estivo sono confrontabili ai valori relativi al periodo invernale, con 5,5 h/giorno di accensione della caldaia, in quanto, nei mesi di giugno, luglio ed agosto 2009, oltre alla produzione di acqua calda sanitaria, la caldaia ha provveduto al riscaldamento dell'acqua della piscina esterna.

Per il funzionamento dell'impianto, nell'arco di un anno, sono risultati sufficienti cinque rifornimenti da 60 q ciascuno, come era stato previsto in fase di progetto per il dimensionamento del locale deposito. Tali rifornimenti hanno avuto cadenza bimestrale nel periodo più freddo dell'anno, dove ovviamente il consumo di combustibile è risultato maggiore, mentre hanno avuto cadenza trimestrale nel periodo relativo alla primavera ed all'estate.

I rifornimenti sono stati eseguiti tramite l'utilizzo di camion di piccole dimensioni con cassone ribaltabile lateralmente, tale da permettere il conferimento del materiale legnoso direttamente all'interno dei silos attraverso una botola.

Il prezzo di acquisto del cippato, comprensivo degli oneri relativi al trasporto ed alla consegna, è stato di 5 €/quintale, in linea con il prezzo di mercato riscontrabile in tutta Italia. Il costo annuale per il riscaldamento è stato quindi di 1500 €.

Dalla combustione annuale di 30.000 kg di cippato, considerato un potere calorifico inferiore di 3.000 kcal/kg, si ha una produzione di calore al bruciatore di circa 90.000.000 kcal (376200 MJ). Per l'ottenimento di un perfetto funzionamento della caldaia con conseguente miglioramento del rendimento di produzione del calore, è stato necessario eseguire da parte dei conduttori dell'impianto dei piccoli interventi di manutenzione:

- ogni 15 - 20 giorni si è dovuto provvedere allo svuotamento delle ceneri di risulta della combustione che la caldaia deposita automaticamente in un apposito cassetto ceneri ed alla pulizia della camera di combustione;

- ogni 40 - 60 giorni si è dovuto provvedere alla pulizia della zona fumi, con la rimozione delle polveri fini che si possono depositare nei condotti.

Entrambe le operazioni richiedono un tempo di esecuzione di pochi minuti. Le caratteristiche chimico-fisiche del cippato impiegato sono riportate nella tabella 3.

Tabella 3: Caratteristiche chimico-fisiche del cippato

Umidità relativa	34,37 %
Ceneri	2 % su base secca
Potere calorifico inferiore	4.100 kcal/Kg
Contenuto di carbonio	48,41%
Contenuto di idrogeno	4,99 %

Dalla combustione del biocombustibile, le ceneri di risulta sono circa il 2% in peso del cippato bruciato, in totale 6 quintali/anno. La cenere prodotta, se derivata dalla combustione di legno non trattato, è essenzialmente un fertilizzante ed il suo smaltimento può essere fatto in analogia alla componente organica dei rifiuti domestici.

4.2 Analisi economica dell'investimento

Allo stato ante operam l'impianto di riscaldamento era alimentato da un bruciatore a metano che, come ricavato dalla media delle fatturazioni dell'ente erogatore del gas naturale relative ai consumi degli ultimi anni, aveva un consumo di circa 7.800 m³ (circa 67.000 Kcal/anno) di combustibile per un costo annuale di circa 7.500 €.

Dal confronto del nuovo impianto a biomasse legnose con il vecchio impianto a metano si è ricavato quale sarebbe stato il consumo annuo di metano necessario. Il consumo desunto sarebbe quindi di circa 10.496, 67 m³/anno di metano per l'ottenimento di un risultato analogo all'utilizzo di 300 q di cippato. L'attuale prezzo d'acquisto del metano, rilevato dalle fatturazioni, è di circa 0,96 €/m³ di metano consumato, quindi per il nuovo assetto sarebbe stata necessaria una spesa di 10.076,80 €/anno. La tabella 4 mostra i dati impiegati nell'analisi economica ed il tempo di ritorno semplice dell'investimento (circa 4,5 anni). La figura 8 mostra invece l'andamento del Valore Attuale Netto al variare del tasso di interesse.

Tabella 4: Dati impiegati nell'analisi economica dell'investimento

Dati impianto a cippato	
Potenza caldaia a biomassa	110 kW
Ore funzionamento annue	1.877
Consumo annuo di cippato	300 q/anno
Costo del cippato	5 €/q
Costi di investimento	
Costo acquisto e montaggio caldaia	€30.000,00
Costo opere edili	€30.000,00
Costo impiantistica idraulica ed elettrica	€15.000,00
Totale	€75.000,00
Costi di gestione impianto equivalente a metano	
Manutenzione	300 €/anno
Costo del biocombustibile	1.500 €/anno
Dati impianto a metano	
Consumo annuo di metano	10.497 m ³
Costo metano	0,96 €/m ³
Dati analisi economica	
Flusso di cassa primi 5 anni (detrazione IRPEF del 55% dell'investimento)	€16.526,80
Flusso di cassa dopo il 5° anno	€8.276,80
Tempo di ritorno semplice	4,5 anni

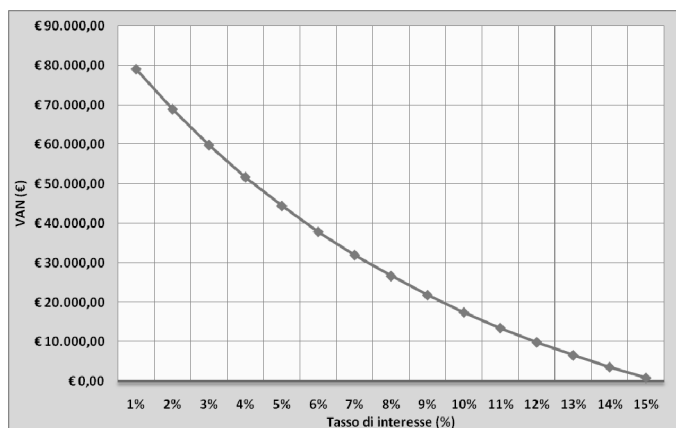


Figura 8: Valore Attuale Netto (VAN) dell'investimento

Ipotizzando un tasso di interesse del 5%, l'investimento è recuperato al decorrere del 5° anno di funzionamento dell'impianto. A partire dal 6° anno di funzionamento si avrà un risparmio sui consumi pari a circa 8.200 €/anno, dato dalla differenza tra il costo della gestione dell'impianto di riscaldamento, al servizio delle due unità immobiliari, tra metano e cippato di legna, ottenendo alla fine del ciclo di vita della caldaia un ricavo di oltre €4.000,00.

5. CONCLUSIONI

Nell'ambito del presente lavoro è stata seguita la progettazione e realizzazione di un impianto termico a cippato per usi civili; ne è stato inoltre monitorato il primo anno di funzionamento, registrando le attività di manutenzione necessarie e i consumi di biocombustibile.

E' stata infine eseguita un'analisi economica dell'investimento, confrontando i costi dell'impianto con quelli di un analogo impianto a metano. L'investimento iniziale, circa 75.000 €, grazie anche agli incentivi statali, ha una ammortamento di circa 5-6 anni. Il Valore Attuale Netto, considerando una vita utile dell'impianto di 15 anni ed un tasso di interesse del 5%, è di oltre 40.000,00 € al termine dell'investimento.

5. BIBLIOGRAFIA

- Gestore Servizi Energetici, Statistiche sulle Fonti Rinnovabili in Italia, Anno 2008, 2009.
- Gestore Servizi Energetici, Il Solare – Dati Statistici al 31 Dicembre 2008, 2009.
- V. Verga, Solare Termico in Italia, quali Prospettive?, *Arpa* N.3 maggio-giugno 2009.
- R. Battisti, T. Pauschinger, R. Salustri, L. Zingale, Il Decollo del Solare Termico in Italia – Centro Studi Solarexpo, 2007.
- Enea, Rapporto Energia e Ambiente 2007-2008, I Dati, 2009.
- Legge 27 Dicembre 2006, N. 296, Disposizioni per la Formazione del Bilancio Annuale e Pluriennale dello Stato, Finanziaria 2007.
- F. Cotana, C. Buratti, E. Moretti, Analisi Comparata di Combustibili per Uso Civile – Contenuti e Risultati dell'Indagine Bibliografica, *La Termotecnica* Luglio-Agosto 2006.
- Unione Petrolifera, Previsione di Domanda Energetica e Petrolifera Italiana 2003-2015, 2003.
- Assocostieri, Rilevamento dei Consumi, 2004.
- M. Dragone, H. P. Griesser, Contabilizzazione del calore, 2006.
- Enea, Risparmio Energetico con gli Impianti di Riscaldamento, 2003.
- Legge 24 Dicembre 2007 N.244, Disposizioni per la Formazione del Bilancio Annuale e Pluriennale dello Stato, Finanziaria 2008.
- M Mascioni, Riscaldamento a Cippato di Legna per Civile Abitazione: il Primo Impianto in Umbria, Tesi di Laurea Università degli Studi di Perugia, 2009.
- Froling, Documenti di Progettazione per Turbomatic TMC 28-55 e TMC 70-110, 2006.