

CERTIFICAZIONE DI STUFE E CALDAIE A PELLETT SECONDO LA NORMATIVA UNI EN 14785 – DESCRIZIONE DEL BANCO PROVA E RISULTATI PRELIMINARI

F. Fantozzi¹, M. Vescarelli¹, P. Bartocci¹, C. Buratti¹,

¹ CRB (Centro Ricerca Biomasse), Università di Perugia Str. S. Lucia Canetola – 06125 Perugia, Italy
tel +39.075.5853806 - fax +39.075.5153321

SOMMARIO

I sistemi di riscaldamento residenziale a biomasse rappresentano una soluzione a basso impatto ambientale, anche grazie a tecnologie efficienti, sviluppate in molti paesi europei, dove molti dei prodotti sono testati e certificati. Alcune norme di regolamentazione a livello europeo sono state già pubblicate e alcune stanno per esserlo; queste riguardano principalmente l'efficienza, le emissioni, la sicurezza nelle installazioni residenziali.

Il Centro di Ricerca sulle Biomasse dell'Università di Perugia ha realizzato presso i propri laboratori un banco prova per stufe e caldaie a pellet, ai sensi della UNI EN 14785, che tratta i dispositivi impiegati per riscaldamento residenziale. Gli elementi essenziali che costituiscono il banco prova sono: un triedro, all'interno del quale è installato il generatore di calore in prova, nel quale sono praticati fori per l'alloggiamento di termocoppie in grado di monitorare la temperatura ad una certa distanza dalle parti principali del generatore stesso, ai fini della sicurezza; una bilancia, sulla quale è adagiato il generatore di calore, in grado di monitorare il peso e quindi i consumi in fase di esercizio; un sistema di acquisizione dati (composto da moduli a quadro programmabili e da apparecchiature in campo quali le termocoppie); una sezione di misura della concentrazione delle principali sostanze presenti nei fumi; un circuito idraulico di prova (composto da valvole di bilanciamento e sicurezza e da pompe ausiliarie) per i generatori di calore ad acqua; un sistema di rilevamento del tiraggio all'interno della canna fumaria e un aspiratore in grado di garantire il tiraggio necessario all'evacuazione dei fumi.

Obiettivo del presente lavoro è la messa a punto e l'avvio del banco prova mediante una stufa a pellet della potenza di 6 kW e il calcolo della prestazioni ai sensi della già citata UNI EN 14785 (potenza e rendimento, controllo delle emissioni mediante la misura della concentrazione di CO, CO₂, NO₂, O₂ e H₂S). Una volta messo a punto, il banco prova sarà adattato a diverse tipologie di caldaie e stufe a pellet commerciali o in via di sviluppo per certificarne le prestazioni termiche e ambientali secondo le disposizioni tecniche e legislative vigenti. Inoltre potranno essere certificate le prestazioni di diversi generatori di calore al variare delle caratteristiche del combustibile; potranno essere ad esempio impiegati pellets di diversa produzione, le cui proprietà chimico-fisiche ed energetiche saranno misurate nel laboratorio di analisi chimico-fisiche del CRB, cercando di correlare tali caratteristiche con le prestazioni dei generatori di calore.

INTRODUZIONE

Il riscaldamento residenziale contribuisce per circa il 25-30% alla domanda totale di energia in Italia [1]. Utilizzare quindi in questo settore fonti rinnovabili può rappresentare un'importante opportunità per rendere il sistema energetico diversificato ed ambientalmente sostenibile.

Nel nostro stato, e in particolar modo nelle regioni settentrionali, negli ultimi anni sono stati realizzati numerosi impianti a biomasse, dalle piccole caldaie domestiche fino al teleriscaldamento di quartieri o intere città. Il successo di queste soluzioni energetiche è dovuto in gran parte anche alla loro indubbia convenienza economica, ottenuta grazie al progresso tecnologico e alle incrementate efficienze degli impianti moderni.

Il mercato del calore per il riscaldamento di edifici vede le biomasse lignocellulosiche in posizione di grande competitività nei confronti dei combustibili fossili. Nel comparto domestico, stufe, camini, caldaie e termocucine di potenza di qualche decina o centinaio di kW sono correntemente commercializzate. Tuttavia, attualmente, il "parco macchine" italiano è rappresentato in gran parte da stufe obsolete e a bassa efficienza. Recentemente l'offerta di

tecnologie per la combustione di biomasse ambientalmente compatibili ha raggiunto livelli di efficienza, affidabilità e comfort del tutto simili a quelli degli impianti tradizionali a gas o gasolio, con rese prossime al 90%, limitando enormemente, rispetto ai tradizionali caminetti e stufe, gli sprechi di combustibile e ottimizzando il controllo sulle emissioni.

Diversi studi ed indagini a livello nazionale ed europeo mostrano come i consumi di biomassa per il riscaldamento domestico siano in aumento, soprattutto per quanto riguarda il consumo di pellet, e come il numero di apparecchi installati sia quasi raddoppiato negli ultimi 10 anni [2]. A fronte del nuovo mercato, in continua espansione, si ha l'esigenza di una certificazione dei biocombustibili e delle apparecchiature termiche che li utilizzano. Per quest'ultima in particolare si evidenzia che il mercato sta premiando soluzioni di piccola taglia e a basso costo, sia per generatori di aria ed acqua calda, sia per stufe da interni, spesso assemblate in piccole aziende e commercializzate attraverso i grandi canali di distribuzione. Per queste soluzioni diventa quindi essenziale garantire prestazioni, emissioni ed elevati standard di sicurezza.

Per quanto riguarda la certificazione delle proprietà chimico-fisiche dei biocombustibili solidi, il Centro di Ricerca

sulle Biomasse dell'Università di Perugia si è dotato di un laboratorio di analisi già descritto in precedenza [3-4]. Recentemente inoltre è stato realizzato un banco prova per la certificazione delle prestazioni termotecniche e dei requisiti di sicurezza di stufe e caldaie a pellet ai sensi della UNI EN 14785: 2006, Apparecchi per il riscaldamento domestico alimentati con pellet di legno - Requisiti e metodi di prova [5]. In questo lavoro si descrivono le principali caratteristiche ed i risultati preliminari di prove realizzate su di una stufa a pellet.

APPARECCHI PER IL RISCALDAMENTO DOMESTICO – LA STUFA OGGETTO DI STUDIO

La stufa a pellet arriva in Italia solo verso la fine degli anni '90, in Austria e Germania qualche anno prima. L'Italia è la prima nazione europea per numero di installazioni, con circa 1.000.000 di apparecchi, che consumano circa 850.000 tonnellate di pellet. La produzione nazionale di pellet è concentrata nel nord Italia (oltre il 70%), mentre al centro non si raggiunge il 20%, pur tenendo presente che i produttori, dal 2003 al 2007, sono passati da 37 a 87 (+135%) [6-7]. In Italia, nel periodo 2005-2006, la vendita delle stufe ha segnato un +145% rispetto al 2003-2004, contro un +30% di disponibilità di pellet (produzione nazionale+importazione), con aumenti incontrollati dei prezzi, che hanno raggiunto i 400,00 euro/ton [6].

La normativa relativa alla certificazione di apparecchi per il riscaldamento domestico [5;8-13] individua due principali categorie di impianti, che utilizzano diversi tipi di generatori in funzione della potenza:

- apparecchi a combustibile solido senza controllo della combustione (stufe e caminetti);
- impianti per il riscaldamento centralizzato, come caldaie ad alimentazione manuale o caldaie automatiche, che hanno come scopo la produzione di acqua calda impiegata in un circuito termoidraulico centralizzato.

In questo lavoro l'interesse è incentrato sulle caldaie e stufe a pellet.

Le caldaie a pellet di diverse tipologie possono coprire tutte le potenze utilizzabili nel campo delle applicazioni domestiche, industriali o speciali, potendo vantare applicazioni inferiori ai 10 kW, fino ad arrivare a potenze di diversi MW.

Le stufe, a meno del circuito idronico, presentano le stesse caratteristiche tecniche delle caldaie ma, essendo destinate al riscaldamento del solo locale dove sono installate o al limite di vani attigui attraverso sistemi di aria canalizzata, hanno potenze massime generalmente al di sotto dei 20 kW, con sistema di alimentazione del combustibile a caricamento dall'alto.

In questo studio si considera una stufa, cioè un apparecchio con focolare completamente chiuso, con porta normalmente chiusa, che diffonde calore per irraggiamento e/o convezione. Tale stufa è caricata a mano e dotata di un display elettronico, attraverso il quale si può impostare la temperatura ambiente desiderata. Il tiraggio è forzato e garantito da un ventilatore situato all'interno della stufa. Lo scarico fumi, la pressione all'interno della camera di combustione, il ritorno di fiamma nel canale di alimentazione del pellet, il surriscaldamento del serbatoio del pellet, l'alimentazione elettrica della stufa sono controllati mediante dispositivi di sicurezza. Le caratteristiche tecniche della stufa oggetto di studio sono sintetizzate in Tabella 1.

Tabella 1: Caratteristiche della stufa a pellet oggetto di studio

Marcatura CE	Presente	
Data certificato	09	
Norma di riferimento	EN 14785 : 2006	
Definizione dell'apparecchio	Apparecchio per il riscaldamento domestico a pellet di legno	
Struttura	Acciaio e ghisa	
Camera di combustione	Acciaio e ghisa	
Potenza termica nominale	6,73 kW	
Consumo orario	1,56 kg/h	
Rendimento	90,98 %	
Temperatura uscita fumi	155,9°C	
Distanza minima di sicurezza	200 mm	lato posteriore
	300 mm	lato destro e sinistro
	0 mm	pavimento
Dimensioni	H x L x P = 981 x 430 x 505 mm	
Peso	93,5 kg	
Capacità del serbatoio di pellet	25 l (circa 18 kg)	

PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI UN BANCO PROVA PER APPARECCHI ALIMENTATI A BIOCOMBUSTIBILE SOLIDO CON POTENZA NOMINALE FINO A 50 kW

Per le considerazioni sopra riportate si è optato per un banco prova rispondente alla norma UNI EN 14785 [5], che si riferisce ad apparecchi alimentati a pellet aventi potenze nominali inferiori a 50 kW.

La norma prevede che l'apparato di prova sia costituito da un banco di misura in grado di monitorare i seguenti parametri:

- temperatura ambiente;
- temperatura massima su tre pareti disposte a distanza prefissata (triedro);
- temperature di ingresso e uscita dell'acqua nello scambiatore (se presente);
- temperatura dei fumi;
- temperatura del serbatoio del combustibile;
- temperatura delle maniglie e di tutte le parti che necessitano di essere toccate durante il funzionamento della stufa;
- pressione statica dei fumi (tiraggio);
- velocità dell'aria in ambiente;
- portata d'acqua nel boiler (se presente);
- peso totale del banco e della stufa;
- concentrazioni nei fumi di CO, CO₂, O₂;
- potenza elettrica in ingresso.

L'obiettivo è quello di verificare che questi parametri rientrino nei limiti imposti e che risultino conformi alle dichiarazioni del costruttore. I dati, inoltre, potranno essere processati per calcolare la potenza termica ed il rendimento di conversione. In considerazione degli intenti proposti, il sistema prevede che l'apparecchio in prova sia installato, secondo le istruzioni di montaggio del costruttore, su di una bilancia alloggiata all'interno di un triedro, quale ambiente di misura, predisposto per la valutazione degli effetti dell'irraggiamento su oggetti limitrofi. Il generatore di calore, inoltre, se previsto deve essere allacciato ad un circuito idraulico per la misura e la dissipazione del calore generato ed ad un sistema di tiraggio per l'evacuazione dei fumi di combustione e la misura della loro composizione e temperatura. La componentistica indispensabile per il banco prova necessita di una adeguata progettazione ed

ingegnerizzazione e risulta essere la seguente:

- il triedro;
- la bilancia;
- le sonde di misura dei vari parametri e il relativo sistema di acquisizione;
- la sezione di misura e di evacuazione dei fumi;
- il circuito idraulico di prova e di dissipazione del calore;
- il sistema di rilevamento delle pressioni all'interno della canna fumaria e l'eventuale aspiratore in grado di garantire il tiraggio necessario.

Una vista schematica del banco prova caldaie è presentata in Figura 1.

Il triedro e la bilancia

Il triedro, che delimita l'ambiente di misura, deve essere costituito da un basamento, una parete laterale e una parete posteriore reciprocamente perpendicolari.

in commercio, è stato stabilito in 600 kg, ed è stata scelta una pesa industriale modello BILATRON H520 + E 1005, della capacità di 600 kg e accuratezza pari a 20 g. Le dimensioni del piatto di carico sono 1000 x 1000 mm.

Sistema di misura e acquisizione dati

Il sistema di acquisizione dati sfrutta una combinazione di hardware e software di misura per PC; il sistema effettua la registrazione dei dati provenienti dalle termocoppie posizionate sul triedro, dell'anemometro della sezione ambiente, degli altri sensori di pressione e di portata presenti sul circuito idraulico, oltre alle misure dei parametri relativi ai fumi (temperature, ΔP e concentrazione delle specie inquinanti). Dal punto di vista dell'hardware il sistema è basato su Field Point National Instruments:

- 3 moduli cFP-TC-120, di input per le termocoppie a 16 bit, con 8 canali ciascuno;

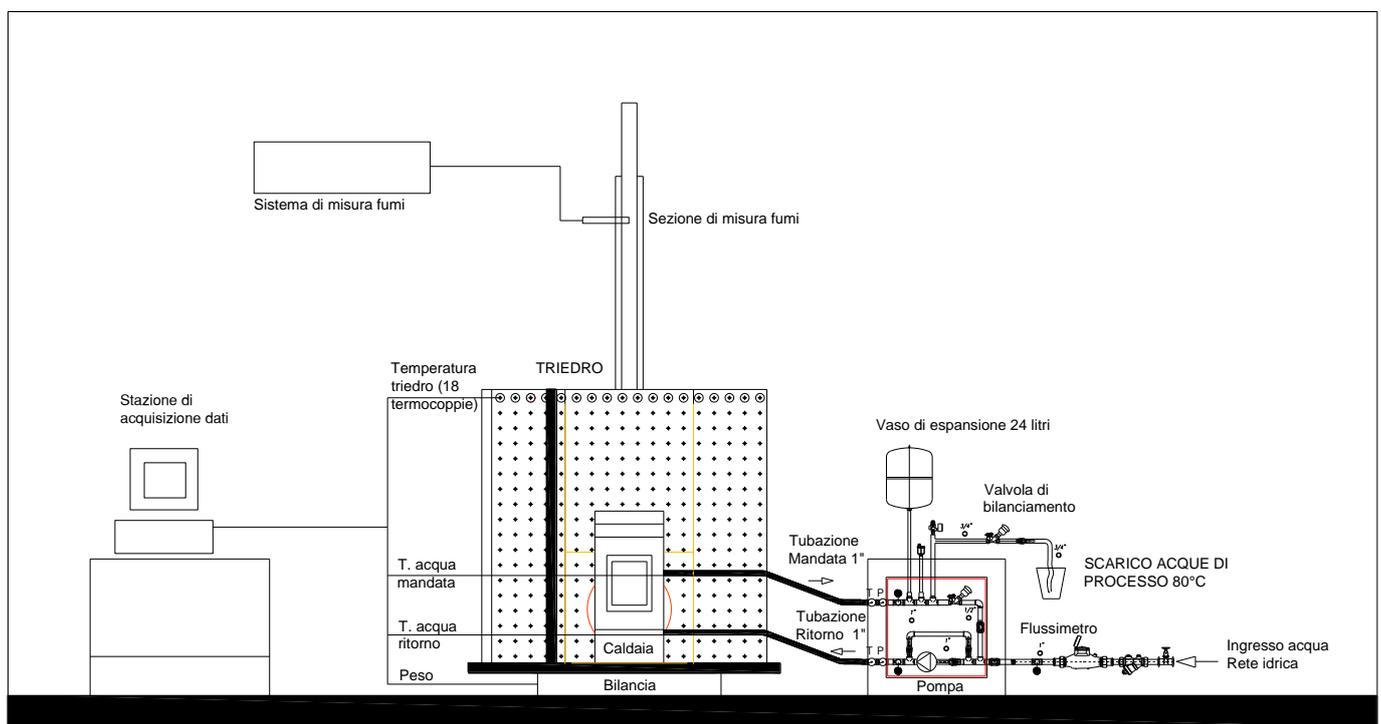


Figura 1: Schema del banco prova caldaie

Il basamento e le pareti e/o il soffitto del triedro devono essere costruiti con una struttura formata da compensati o multistrati di legno e isolante aventi caratteristiche predeterminate. Il triedro così concepito diviene il principale supporto per consentire di individuare le coordinate dei punti ove è massima la temperatura superficiale dell'ambiente circostante; le temperature devono essere misurate mediante termocoppie che soddisfino i requisiti di accuratezza specificati nella norma.

Le pareti sono predisposte per alloggiare una matrice di 18 x 18 termocoppie, per un totale di 324 termocoppie per parete e 972 totali.

La stufa deve essere installata su una bilancia in grado di misurare il consumo di combustibile durante la prova con una incertezza massima pari a 20 g.

Il fondo scala della bilancia, sulla base dei pesi delle caldaie

- 3 blocchi connettori per termocoppie CFP-CB-3 compact fieldpoint, con 8 canali ciascuno;
- 1 modulo CFP-AI-110 di acquisizione general purpose, dotato di 8 canali;
- 1 blocco CFP-CB-1 con connettori general purpose, dotato di 8 canali;
- 1 blocco CFP-1804 a 4 slot per la connessione via ethernet o seriale;
- un blocco PS-5 per l'alimentazione a 24 volt.

Al sistema di acquisizione hardware sono state collegate al momento 24 termocoppie di tipo K. Le termocoppie sono così dedicate: una per la temperatura ambiente, una per la temperatura dei fumi, le restanti ventidue per la misura delle temperature sulle tre pareti del triedro.

La misura e l'acquisizione contemporanea di 978 temperature comporterebbero un onere economico e di calcolo

che si è preferito evitare in questa prima fase di sviluppo, preferendo un approccio semplificato, che consiste nell'attendere l'instaurarsi delle condizioni di regime, disporre i sensori su una linea della matrice 18 x 18 ed acquisire successivamente le altre righe di tutte le pareti, essendo la distribuzione delle temperature funzione solo dello spazio ma non del tempo. Per identificare la fine del transitorio di riscaldamento si fa ricorso ad una termocamera per individuare i punti più caldi e più freddi di ogni parete; in tali punti sono posizionate le termocoppie le cui misure sono monitorate fino all'instaurarsi delle condizioni di regime (Figura 2).

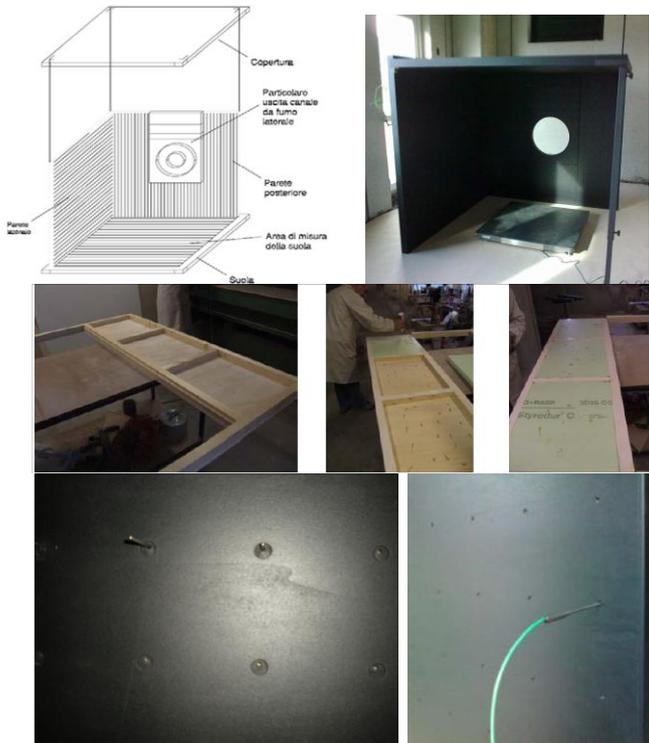


Figura 2: Vista complessiva del triedro con copertura e foro di uscita del canale da fumo (sopra), particolare della stratigrafia (al centro), fori di inserzione delle termocoppie (sotto)

Il software di monitoraggio è realizzato in ambiente Labview; una schermata è mostrata nella Figura 3.

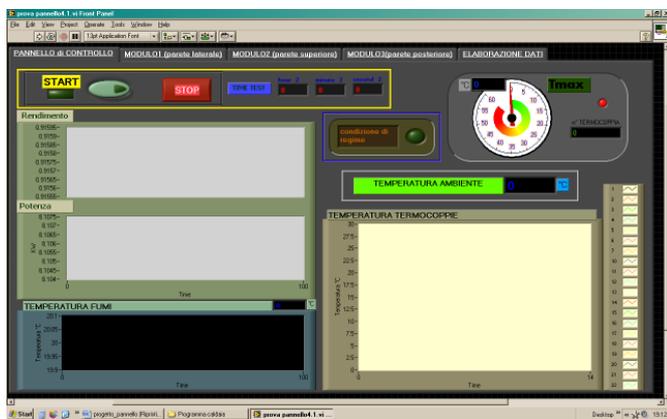


Figura 3: Software di monitoraggio in ambiente Labview: pannello di controllo delle termocoppie

Consta di diverse schermate; in quella proposta si vedono i comandi per la visualizzazione delle termocoppie per la misura delle temperature delle pareti del triedro, il display per la visualizzazione della data e dell'ora e l'indicatore che segna il raggiungimento della temperatura massima.

Sezione misura fumi

L'analisi dei fumi è effettuata mediante un misuratore Testo 350 e una termocoppia (Figura 4); per la misura del tiraggio dei gas si è impiegato un trasduttore di pressione statica.

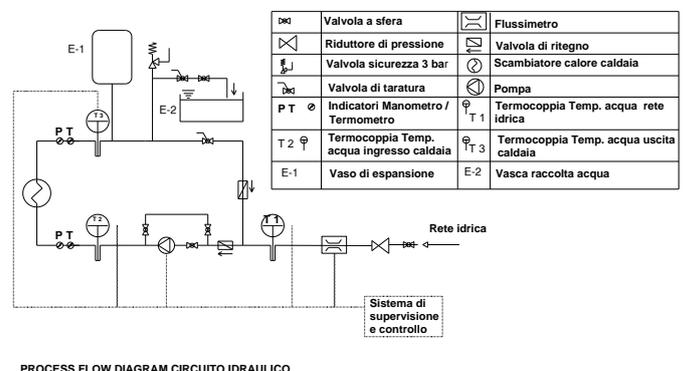


Figura 4: Sezione di misura dei fumi (sinistra), analizzatore fumi Testo 350 (destra)

Circuito idraulico

Il circuito idraulico di prova è caratterizzato da una rete primaria dotata di vaso di espansione e pompa di circolazione ed è collegato all'apparecchio in prova. La sezione di misura è rappresentata da un conta-calorie, costituito da un flussimetro basato su sensore di portata elettromagnetico ISOMAG® MS501, e da due termocoppie disposte all'ingresso ed all'uscita del generatore di calore (Figura 5).

Tutto il circuito è contenuto all'interno di una cassa in lamiera e dotata di porta smontabile, avente dimensioni di 900 mm x 900 mm x 550 mm, isolata all'interno con uno spessore di 120 mm di lana minerale (Figura 6). Poiché nel corso delle prove oggetto di questo lavoro si è testata la stufa descritta in Tabella 1, che non è dotata di scambiatore fumi-acqua, questa parte di impianto risulta al momento non utilizzata.



PROCESS FLOW DIAGRAM CIRCUITO IDRAULICO

Figura 5: Process flow diagram del circuito idraulico



Figura 6: Circuito idraulico di prova

PROCEDURE DI PROVA, TEST DI PRE-PROVA E DI PROVA A POTENZA NOMINALE

Condizioni di prova

Secondo la normativa, il generatore di calore deve essere collegato alla sezione di misura dei fumi in maniera tale che possano esserne determinati la temperatura, la composizione ed il tiraggio.

La prova prestazionale a potenza termica nominale deve essere effettuata secondo le impostazioni indicate dal costruttore.

La prova si suddivide in due parti:

- un periodo di accensione e uno o più periodi di pre-prova;
- il periodo di prova.

La prova può iniziare a freddo o può seguire un'altra prova, a condizione che la cenere sia estratta.

Se la prova inizia a freddo, il periodo di pre-prova deve essere preceduto da un'accensione iniziale e da una pre-prova a potenza termica nominale.

In entrambi i casi, l'apparecchio deve restare poi acceso per un ulteriore periodo o periodi di pre-prova prima di iniziare il periodo di prova. La durata del periodo di pre-prova deve essere sufficiente a garantire lo stabilirsi delle condizioni idonee.

Tra le prove di sicurezza sono previste:

- prove di sicurezza della temperatura dei materiali adiacenti alla stufa;
- test di tiraggio dei gas combusti;
- verifica della temperatura nella tramoggia di alimentazione del combustibile;
- verifica sui ritorni di fiamma nel sistema di alimentazione;
- verifica di sicurezza sul surriscaldamento dell'acqua in caldaia;
- prove di funzionamento della valvola di scarico termico;
- test di tenuta e robustezza della struttura esterna della caldaia;
- test di sicurezza sull'alimentazione elettrica.

Nel presente lavoro si è effettuata unicamente la prova di sicurezza della temperatura, dal momento che la macchina termica analizzata è una stufa a pellet e non una caldaia.

Posizionamento delle termocoppie nelle pareti tramite software

Si sono installate 7 termocoppie per ogni parete del triedro nei punti più caldi e più freddi, per verificare lo stato

stazionario. Il pannello presentato in Figura 3 può essere impiegato nelle sue funzionalità anche per determinare la temperatura più elevata tra quelle misurate in una parete del triedro. Per ogni parete il modulo1 “Parete laterale” (vedi Figura 7) presenta un indicatore per ogni sito in cui può essere inserita una termocoppia. Si registra quindi la temperatura in modo da avere 324 valori, che corrispondono ad una matrice di fori 18 righe x 18 colonne (vedi Figura 8). Come già illustrato in precedenza, si dispone di 22 termocoppie, quindi il programma crea un array di 18 elementi (4 termocoppie non sono impiegate in questa fase) prelevando in ordine i valori di tutte le termocoppie disposte su di una riga. Ripetendo l'azione per 18 volte, cioè per il numero delle colonne, si ottiene la matrice 18 x 18.

Il programma fornisce quindi in uscita una matrice a led, in cui sono evidenziati i sette punti più caldi della parete (vedi Figura 9).

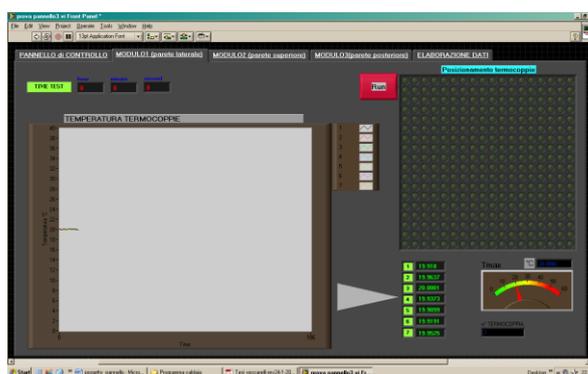


Figura 7: Modulo 1 “Parete laterale”



Figura 8: Primo array di 18 termocoppie campionate sulla matrice 18 x 18 – parete posteriore

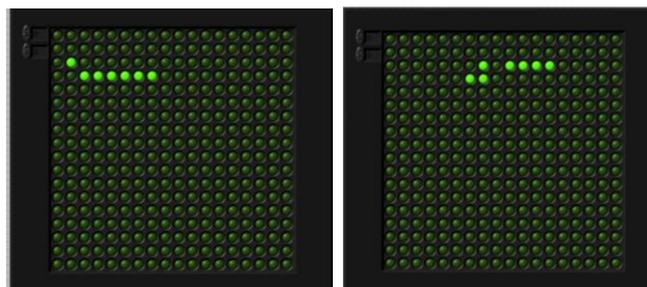


Figura 9: Parete laterale (sinistra) e posteriore (destra) con indicati i punti più caldi

Posizionamento delle termocoppie nelle pareti tramite termocamera

La termocamera FLIR P620 è stata impiegata come detto per verificare i punti caldi e freddi dove posizionare le termocoppie per la verifica delle condizioni stazionarie, ma anche durante la prova, per avere ulteriori informazioni qualitative e quantitative sulle posizioni più calde nelle pareti del triedro. Nella Figura 10 si riportano le distribuzioni di temperatura rispettivamente nelle pareti laterale e posteriore, riprese dall'interno.



Figura 10: Distribuzione delle temperature sulla pareti laterale e posteriore interne

Dalla Figura 10 si nota come le temperature maggiori si dispongano nella parte superiore della parete laterale (foto di sinistra) mentre nella parte inferiore, più distante dalla caldaia, le temperature vadano diminuendo. Nella parete posteriore (foto di destra) invece le temperature maggiori si riscontrano nella parte che sovrasta la stufa, con maggiore intensità nell'angolo del triedro che unisce la parete laterale a quella posteriore e a quella superiore. Pur non essendo comparabili i grafici delle misure della termocamera, che sono rivelati con misure all'interno del triedro (con problemi di interferenza del corpo della stufa sulle foto) e con sensori continui, rispetto alle misure della matrice 18 x 18 di termocoppie rilevate tramite fori discontinui posti lungo il triedro (in cui il corpo caldaia non influisce), si può dire che i campi termici hanno un andamento simile, come si vede dalle Figure 11 e 12, date dall'interpolazione dei valori delle temperature contenute nelle matrici 18 x 18 di termocoppie. Sempre in Figura 10 si può vedere come la caldaia (in basso a destra nella prima foto e nella parte inferiore della seconda foto) sia stata schermata con lana di roccia per evitare che le sue alte temperature di superficie potessero cambiare la scala di rilevazione del campo termico sulle pareti. Nella Figura 12 la parte fredda a sinistra coincide con la parte di triedro che è esterna rispetto all'ambiente di misura, perché la parete laterale si inserisce circa ad 1/4 della lunghezza della parete posteriore, dal momento che deve distare dalla stufa la lunghezza minima dichiarata dal costruttore (pari a 30 cm, come indicato in Tabella 1).

L'impiego della termocamera fornisce quindi una conferma di tipo qualitativo sul posizionamento delle zone più calde lungo il triedro e può essere impiegata per completare l'analisi effettuata attraverso le matrici 18 x 18 di termocoppie, prelevate in momenti diversi una volta che è stato verificato lo stato stazionario. La metodologia presentata ha l'indubbio vantaggio di fornire misure accurate, pur non ricorrendo ad un numero di canali di acquisizione esagerato (pari a più di 900).

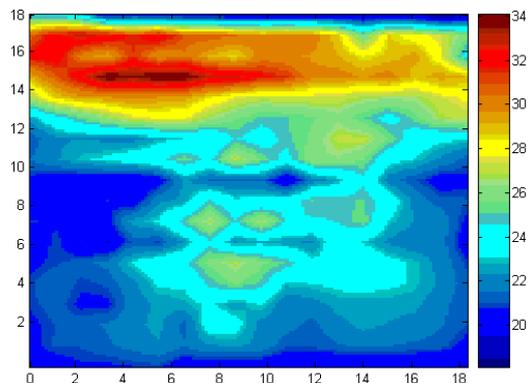


Figura 11: Interpolazione delle temperature misurate dalle termocoppie nella parete laterale

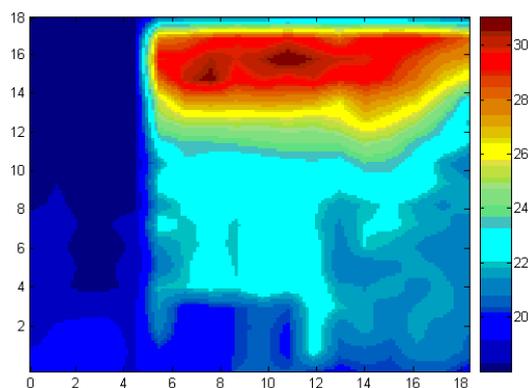


Figura 12: Interpolazione delle temperature misurate dalle termocoppie nella parete posteriore

RISULTATI

Caratterizzazione del combustibile di partenza

Preliminarmente alle prove di funzionamento della stufa, devono essere misurati i parametri significativi del combustibile. Il pellet utilizzato per la prova è prodotto dalla Soc. Piazzetta, denominato Long. Fire, composto per il 100% da legno di faggio del tipo certificato prima Categoria A.

I risultati relativi alle analisi del combustibile e delle ceneri sono riportati in Tabella 2.

Tabella 2: Risultati delle analisi sul pellet impiegato

Parametro	Valore	Unità di misura
Umidità	7,5	%
Volatili	82,12	%
Ceneri	0,65	%
Carbonio fisso	9,72	%
PCS d.b.	20.170	kJ/kg
PCI d.b.	20.168	kJ/kg
C	42,29	%
H	6,22	%
N	0,28	%
Peso residuo prova nominale	21,9	g
Peso residuo pre-prova	5,66	g

Risultati della pre-prova

Nella pre-prova sono state installate le 24 termocoppie a disposizione. Di queste solo due dovevano essere installate in punti precisi:

- la sonda ambiente, posta ad una altezza di 0,5 m e ad una distanza dall'apparecchio di 1,2 m;
- la sonda per il rilievo della temperatura dei fumi, inserita nell'apposito alloggiamento creato nella sezione di misura.

Tutte le altre sono state disposte nelle pareti laterale, posteriore e superiore, nei punti ove inizialmente si è verificato il rilievo delle temperature più alte mediante termocamera e prove preliminari. Dopo aver calcolato il carico di combustibile necessario alla pre-prova, sono stati registrati alcuni parametri fondamentali, come ad esempio:

- carico di pre-accensione;
- peso della stufa a secco;
- peso della stufa dopo carico di pre-accensione.

Una volta terminati i controlli di pre-accensione, la stufa è stata avviata. Nel momento in cui si è innescata la fiamma all'interno del braciere, è stato fatto partire il sistema di acquisizione dati. I risultati delle temperature registrate relative al periodo di pre-prova sono riportati nelle Figure 13 e 14. Il periodo di pre-prova è durato circa 1 ora e 9 minuti, durante il quale la temperatura dei fumi e quelle misurate dalle termocoppie poste sul triedro sono aumentate progressivamente, fino al raggiungimento di valori costanti. Dopo che la temperatura dei fumi si era assestata su un valore stabile con deviazione standard minore di 5°C, si è deciso di interrompere la prova, registrando i valori finali caratteristici. Dalla Figura 14 si deduce che la temperatura dei fumi si è andata stabilizzando dopo circa 22 minuti, attorno a un valore pari a 175°C.

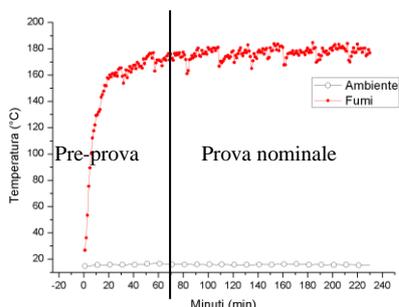


Figura 13: Temperatura dei fumi e temperatura ambiente

La temperatura ambiente si è mantenuta costante, sia durante la pre-prova che durante la prova a potenza nominale, intorno ad un valore di 14 °C.

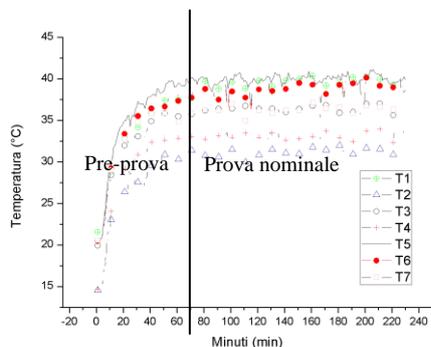


Figura 14: Temperatura misurata dalle termocoppie nella parete superiore

Risultati della prova a potenza nominale

Durante la prova a potenza nominale la temperatura dei fumi rimane piuttosto costante, nell'intervallo 160-175°C (Figura 14). La temperatura media dei fumi risulta essere pari a 168,7 °C, anche se dalla Tabella 1 si deduce come la temperatura uscita fumi alla potenza nominale riportata dal costruttore sia di 155,9°C. La media della temperatura ambiente durante la prova nominale si assesta intorno ai 13,8°C. Per quanto riguarda le temperature registrate dalle termocoppie durante la prova nominale, la temperatura massima raggiunta dalle pareti del triedro si attesta intorno ad un valore pari a 32,4°C, ampiamente al di sotto dei limiti imposti dalla normativa di riferimento. Quest'ultima impone che la temperatura delle pareti del triedro non superi in nessun caso la temperatura ambiente di oltre 65°C.

Tabella 3: Prestazioni della stufa a pellet

CALCOLO DEL RENDIMENTO			
η	100-(q _a +q _b +q _r)		
Perdite termiche nei gas esausti (QA), riferite all'unità di massa del combustibile solido impiegato	3405,40	kJ/kg	
Valore percentuale delle perdite termiche nei gas esausti (q _a)	16,88	%	
Perdite chimiche nei gas esausti (QB), riferite all'unità di massa del combustibile solido impiegato	38,45	kJ/kg	
Valore percentuale delle perdite chimiche nei gas esausti (q _b)	0,19	%	
Perdite dovute al residuo (QR), riferite all'unità di massa del combustibile solido impiegato	4,36	kJ/kg	
Valore percentuale delle perdite dovute al residuo (q _r)	0,02	%	
η	82,90	%	
CALCOLO DELLA POTENZA			
P	7,34	kW	

I dati prestazionali rilevati devono essere confrontati con i dati di targa della stufa. In relazione alla potenza nominale, i dati della prova dimostrano un valore rilevato pari a 7,34 kW, superiore di 0,61 kW rispetto alla potenza massima dichiarata dal costruttore. Il rendimento invece, attestandosi all'82,9%, mostra una flessione dell'8,1% rispetto al dato dichiarato dal costruttore (Tabella 4).

Tabella 4: Confronto tra i parametri misurati e quelli dichiarati dal costruttore

Parametro	Misurato	Dichiarato	Errore percentuale
Consumo combustibile	1,58 kg/h	1,56 kg/h	1,1 %
Potere calorifico	20.168 kJ/kg	≥ 16.900 kJ/kg	/
Temperatura fumi	169 °C	156°C	7,6%
Potenza	7,34 kW	6,73 kW	8,3%
Rendimento	82,90 %	90,98%	8,9%

I valori medi delle emissioni di CO₂ e CO si attestano rispettivamente sui 5,60 % e 209 ppm.

CONCLUSIONI

Nello studio in questione si è descritto il banco prova per la certificazione di stufe e caldaie a pellet realizzato presso il Centro Ricerca Biomasse (CRB) dell'Università degli Studi di Perugia e si sono illustrati i risultati di una prima campagna di prove sperimentali.

Il banco è costituito da: un triedro, all'interno del quale è installato il generatore di calore in prova, nel quale sono praticati fori per l'alloggiamento di termocoppie in grado di monitorare la temperatura ad una certa distanza dalle parti principali del generatore stesso, ai fini della sicurezza; una bilancia, sulla quale è adagiato il generatore di calore in grado di monitorare il peso e quindi i consumi in fase di esercizio; un sistema di acquisizione dati (composto da moduli a quadro programmabili e da apparecchiature in campo quali le termocoppie); una sezione di misura della concentrazione delle principali sostanze presenti nei fumi; un circuito idraulico di prova (composto da valvole di bilanciamento e sicurezza nonché da pompe ausiliarie) per i generatori di calore ad acqua; un sistema di rilevamento del tiraggio all'interno della canna fumaria e un aspiratore in grado di garantire il tiraggio necessario all'evacuazione dei fumi.

Il banco è in grado di certificare stufe a pellet fino ad un peso di circa 500 kg ed una potenza di 50 kW e generatori di acqua calda fino a un peso di 500 kg ed una potenza di 300 kW. La metodologia semplificata di prova prevede una fase di pre-prova, necessaria all'ottenimento delle condizioni di regime, e una successiva fase di prova nominale, in cui sono misurati i parametri di processo e le temperature di parete ad istanti diversi, ma invarianti in virtù della fine della fase transitoria.

E' stata infine condotta a titolo di prova preliminare la caratterizzazione di una stufa a pellet commerciale di tipo economico. Non si è pertanto potuto verificare il circuito idronico in quanto non c'era produzione di acqua calda. I risultati ottenuti hanno mostrato che, in relazione alla potenza nominale, i dati della prova dimostrano un valore della potenza rilevato pari a 7,34 kW, superiore di 0,61 kW rispetto alla potenza massima dichiarata dal costruttore. Il rendimento invece, attestandosi all'82,9%, mostra una flessione dell'8,1%.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. IL RISCALDAMENTO DOMESTICO CON CALDAIE A BIOMASSE, Inserto numero 3, Newsletter di ISES ITALIA - Sezione dell'International Solar Energy Society, Settembre 2003;

2. USI TERMICI DELLE FONTI RINNOVABILI, Dossier ENEA, 11 Novembre 2009, Roma;

3. F. Fantozzi, M. Barbanera, P. Bartocci, S. Massoli, C. Buratti, Caratterizzazione delle biomasse Il laboratorio del

CRB, Rivista "La Termotecnica" - Giugno 2008;

4. F. Cotana, G. Bidini, F. Fantozzi, C. Buratti, I. Costarelli e L. Crisostomi, Il laboratorio per la caratterizzazione energetica delle biomasse del centro di ricerca sulle biomasse, 61° Congresso Nazionale ATI - Perugia 12-15 Settembre 2006;

5. UNI EN 14785:2006, Apparecchi per il riscaldamento domestico alimentati con pellet di legno - Requisiti e metodi di prova.

6. http://www.tettoepareti.com/pdf/TEP_MARZO_08/TEP_MARZO_08_STUFE_PELLETS.pdf

7. Pelletnews, La rivista dedicata al pellet - edizioni Hyper Anno I N°1 - Febbraio 2010;

8. UNI EN 303-5 (2004) Caldaia per riscaldamento: caldaie per combustibili solidi con alimentazione manuale e automatica, con una potenza nominale fino a 300 kW;

9. UNI EN 15250 (2007) Apparecchi a lento rilascio di calore alimentati da combustibili solidi. Requisiti e metodi di prova;

9. UNI EN 13240 (2006) Stufe a combustibile solido. Requisiti e metodi di prova;

10. UNI EN 13229 (2006) Inserti e caminetti aperti alimentati a combustibile solido. Requisiti e metodi di prova;

12. UNI EN 12815 (2006) Termocucine a combustibili solidi. Requisiti e metodi di prova;

13. UNI EN 12809 (2004) Caldaie domestiche indipendenti a combustibile solido. Potenza termica nominale non superiore a 50 kW. Requisiti e metodi di prova.

SUMMARY

Biomass heating systems from an energetic perspective can provide a very attractive and feasible option for 100 percent renewable domestic hot water and space heating demands. In several European countries existing technology is working reliably and most of the products are tested and certified. However many lowcost systems are continuously reaching the market and their certification according to EU standard may require an additional effort for producers. A biomass boiler and wood pellet test bench was realized at the laboratories of the University of Perugia. It is based on the norm UNI EN 14785 for Residential space heating appliances fired by wood pellets: requirements and test methods. For the different tests specific procedures were developed. The aim of the test rig is to measure: mass flow of the fuel, flue gases temperature, ambient temperature, cold water temperature, hot water temperature, water mass flow, fuel Lower Heating Value (LHV) as measured in laboratory tests. So the environmental and technical performance of the boiler/stove can be measured and certified. Environmental performances are measured both on the basis of the emissions in atmosphere and of the residuals of combustion process.

The paper describes the main features of the test bench and preliminary results in testing a pellet stove for household appliances.