

# Risparmio energetico e uso di fonti alternative in azienda agricola: le biomasse



**Resoconto delle attività di sperimentazioni:  
Stagione 2007 - 2008  
Stagione 2009 - 2010**

*Presentazione a cura di: Luca Barbadoro*



**ASSAM**

**Agenzia Servizi Settore  
Agroalimentare Marche**



Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"

Dipartimento di Matematica, Fisica e Informatica  
Sezione di Biomatemática e Modellistica Ambientale

# Obiettivo:

- Verificare la possibile convenienza ad adottare un sistema di combustione a biomasse per le aziende agricole dislocate nel territorio rurale marchigiano, in particolare rispetto all'autoproduzione di legna.
- Valutare l'impatto ambientale delle scelte tecnologiche utilizzate, con particolare riferimento alla qualità dell'aria.

# Attività svolte

- Prima stagione (2007 – 2008) :
  - Monitoraggio consumi biomassa (spaccato di legna) presso due aziende agricole pilota
  - valutazione del ciclo di gestione della “filiera corta” (approvvigionamento legname, stoccaggio, preparazione combustibile, combustione) a conduzione aziendale – familiare
  - Valutazione della qualità dell'aria presso entrambe le aziende
- Seconda stagione (2009 – 2010) :
  - Aggiornamento stima consumi
  - Valutazione altre forme di preparazione della biomassa (pellet e cippato) - azienda Foglietta
  - Valutazione integrazione impianto a biomassa con solare termico ) - azienda Foglietta
  - Valutazione della qualità dell'aria e della possibile applicazione dei sistemi di abbattimento delle polveri ) - azienda Colle Baeto

# Azienda Agrizootecnica Foglietta

- Comune di Urbino, Rancitella
- Attività prevalente: allevamento di Bovini da carne
- Edificio con impianto a biomasse: nuovo agriturismo
- superficie edificio 245 mq (4 alloggi + sala di degustazione e vendita dei prodotti aziendali)
- attestato di qualifica energetica ai sensi del Dlgs 192/05 e Dlgs 311/06



- caldaia a biomasse *Equador modello Economic 2000*, potenza termica 28kW (con coclea per eventuale cippato - pellet)
- integrato con pannelli solari termici (8mq)
- impianto di riscaldamento a pavimento
- serbatoio accumulo principale 600 litri, collegato in parallelo secondo boiler di accumulo da 150 litri
- caldaia di riserva a condensazione da 25 kW alimentata a GPL

# Azienda Agricola Colle Baeto

- comune di Cagli, strada Monte Paganuccio
- Attività prevalente: allevamento a pascolo caprini e ovini
- Edificio con impianto a biomasse: residenza
- superficie edificio riscaldato 120 mq (solo piano terra)
- struttura portante in pietra ristrutturato negli anni 80; spessore muri esterni 60 cm, infissi in legno.



- caldaia Thermorossi modello Aspiratronic LE 35, potenza utile 30 kW (solo spaccato legna caricamento manuale)
- integrato con pannelli solari termici (10 mq)
- boiler solare Sonnenkraft, capacità di accumulo 750 litri; in uscita collegati impianto di riscaldamento abitazione, distribuzione a.c.s. per abitazione, stalla, magazzino, laboratori .
- **da maggio a settembre A.C.S. fornita solo da pannelli solari termici**

# Approvvigionamento legna

- Entrambe le aziende dispongono di legname proveniente da bosco di proprietà:

<b>azienda</b>	<b>Ha bosco</b>	<b>Essenze da taglio</b>	<b>Anno taglio</b>
Foglietta	10	roverella e carpino	Primavera 2006
Colle Baeto	8	roverella e carpino	Ottobre 2006
<b>azienda</b>	<b>Stoccaggio (Quintali)</b>	<b>Manodopera impiegata</b>	
Foglietta	600	Manodopera specializzata: primo taglio: 100 q /giornata – uomo depezzatura: 50 q / giornata - uomo trasporto: 240 q / giornata 2 trattori e quattro operai	
Colle Baeto	100 (in struttura coperta)	Direttamente da titolare azienda, Tutte le fasi 10 giornate	

contenuto idrico del legno, per entrambe le aziende: 15%

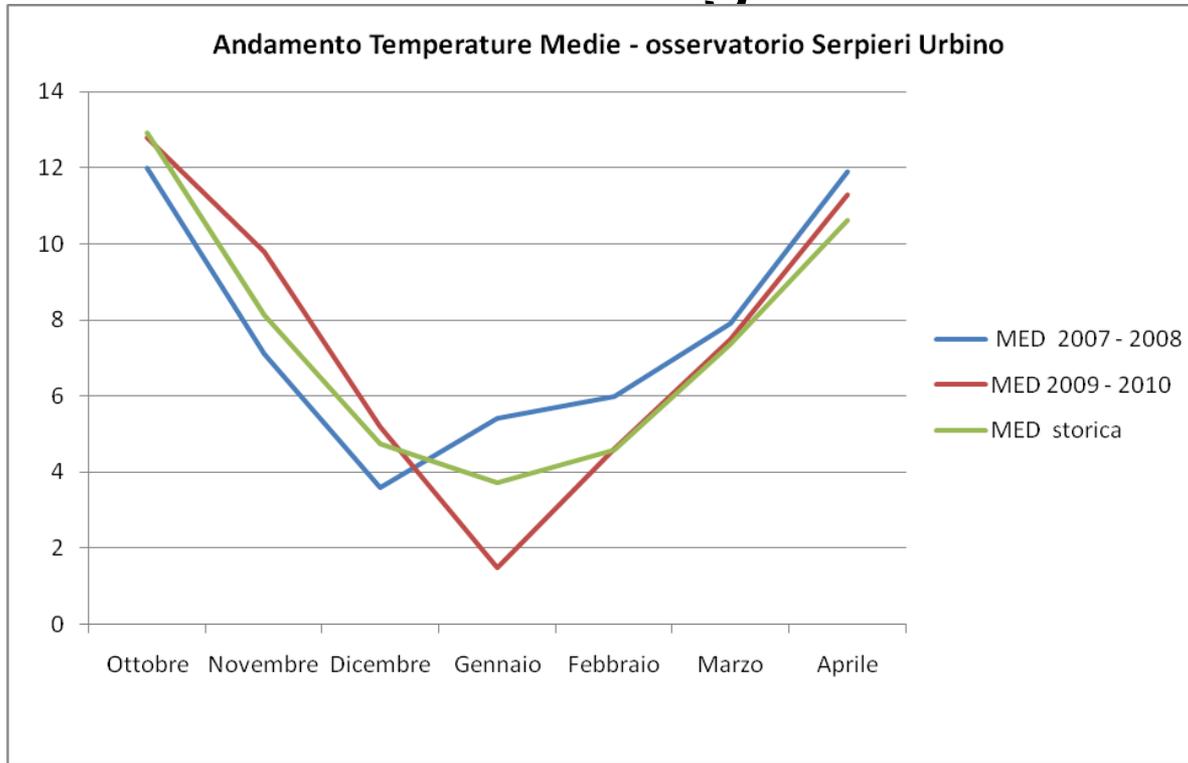
(ottenuta attraverso analisi gravimetrica con il calcolo della perdita di peso attraverso il condizionamento in stufa ad 80°C dei campioni in laboratorio)

# Consumi monitorati stagione invernale

<i>azienda</i>	<i>Periodo monitoraggio</i>	<i>Consumi (quintali)</i>
Foglietta	Dal 04-01-08 al 13-04-08	90,41
Colle Baeto	Dal 06-12-07 al 14-03-08	55,42
Foglietta	Dal 01-11-09 al 20-12-09 Dal 13-01-10 al 20-03-10	144 (alternando ricorso al solare termico)

**dati rilevati giornalmente:** numero cariche di legna, quantità e orario, temperature interne ed esterne, condizioni meteo

# Consumi medi stagione invernale



<b><i>azienda</i></b>	<b><i>Stima totale stagione invernale</i></b>	<b><i>Consumi (quintali)</i></b>
Foglietta	Ottobre - aprile	158
Colle Baeto	Ottobre - aprile	116

# Analisi costi approvvigionamento e utilizzo legna (da monitoraggio delle aziende)

		Costo €/q.li		
<b>bosco proprio</b>	Taglio di bosco ceduo maturo (compresi sramatura e depezzatura degli assortimenti ricavati)	2,88		
	Esbosco fino a ciglio strada di legna da ardere (compresi trattore munito di rimorchio trazione, concentrazione del materiale, carico su rimorchio)	3,70		
	Accatastamento di legna da ardere	1,50	1,50	1,50
	Tempo stimato necessario per caricare la stufa prelevando la legna dalla catasta 10 minuti (circa 1q.le di legna). Operaio comune all'ora € 15,25	2,54	2,54	2,54
<b>acquisto legna</b>	legna mista		12,00	
	legna di pregio			14,00
<b>TOTALE</b>		<b>10,62</b>	<b>16,04</b>	<b>18,04</b>
<b>DIFFERENZA COSTO TRA APPROVVIGIONAMENTO LEGNO DA BOSCO E ACQUISTO</b>			<b>+ 5,42</b>	<b>+ 7,42</b>

*costi per utilizzo legna da ardere stimati da prezzario regionale per l'esecuzione di opere forestali e di ingegneria naturalistica con produzione legna ad ettaro pari a 800 quintali*

# Confronto costi combustibili (biomasse e di origine fossile)

NOTA: Nelle tabelle che seguono si specifica che il confronto è operato a parità di Energia utile prodotta dall'utilizzo del combustibile, sulla base dei rendimenti degli impianti a confronto con i consumi effettivi rilevati con l'utilizzo dello spaccato autoprodotta.

$$EPU = (\text{Consumo legna}) \text{ Kg } PCI \text{ (kwh/kg)} \times \text{Rendimento (\%)}$$

Pf = potenza al focolare (kw)

Pu = potenza termica utile (kw)

rend. = rendimento al 100% della potenza

Tm = temperatura di mandata (°C)

Epu = energia utile prodotta dalla combustione del combustibile

Pci = potere calorifico inferiore del combustibile

C = consumo di combustibile riferito al valore di Epu fissato

# Confronto con altri combustibili: azienda Colle Baeto

	Pf	Pu	rend.	Tm	Epu	Pci	consumo	costo unit.	costo tot.comb	differenza costo rispetto legna produzione propria	MARCA DI RIFERIMENTO
<b>TIPOLOGIA</b>	kw	kw	%	°C	kwh	kwh/kg	kg	euro/q.l.e	euro	euro	
a legna prod. Propria	34,7	30	0,86	80	39904	4	<b>11.600</b>	10,6	€ 1.230	-	Equador Economic 2000
acquisto legna pregiata	34,8	28	0,86	80	39904	4,2	11.048	18	€ 1.989	<b>€ 759</b>	
acquisto legna mista	34,8	28	0,86	80	39904	3,4	13.647	16	€ 2.184	<b>€ 954</b>	
						kwh/kg		euro/kg			
a gasolio	34,8	31,5	0,91	80	39904	11,9	3.685	1,1	€ 4.053	<b>€ 2.824</b>	riello NKG TG
						kwh/lt	lt	euro/lt			
tradizionale GPL	33,3	31	0,93	80	39904	6,7	6.404	0,7	€ 4.483	<b>€ 3.253</b>	luna 3 comfort 310Fi - Baxi
a condensazione GPL	27	26	0,976	80	39904	6,7	6.102	0,7	€ 4.272	<b>€ 3.042</b>	victrix superior 26
a condensazione GPL (bassa temp.)	27	26	1,058	40/30	39904	6,7	5.629	0,7	€ 3.941	<b>€ 2.711</b>	victrix superior 26
						kwh/nmc	nmc	euro/nmc			
tradizionale metano	33,3	31	0,93	80	39904	9,6	4.470	0,65	€ 2.905	<b>€ 1.676</b>	luna 3 comfort 310Fi - Baxi
a condensazione metano	27	26	0,976	80	39904	9,6	4.259	0,65	€ 2.768	<b>€ 1.539</b>	victrix superior 26
a condensazione metano (bassa temp.)	27	26	1,058	40/30	39904	9,6	3.929	0,65	€ 2.554	<b>€ 1.324</b>	victrix superior 26

# Confronto con altri combustibili: azienda Colle Baeto

Costi ammortamento caldaia  
(senza considerare eventuali incentivi)

			rispetto produzione legna		rispetto acquisto legna mista	
	costo tot comb	costo caldaia	differenza risparmio combustibile - maggior investimento caldaia dopo un anno	ritorno investimento in anni:	differenza risparmio combustibile - maggior investimento caldaia dopo un anno	ritorno investimento in anni:
<b>TIPOLOGIA</b>	euro	euro	il costo è riferito al periodo invernale durante il quale è in funzione il riscaldamento; per il restante anno il fabbisogno di energia per l'a.c.s. è fornita dai pannelli solari termici			
a legna prod. Propria	€ 1.230	€ 3.200,00				
acquisto legna mista	€ 2.184	€ 3.200,00				
a gasolio	€ 4.053	€ 2.196,00	€ 1.819,81	0,36	€ 865,88	0,54
tradizionale GPL	€ 4.483	€ 1.680,00	€ 1.733,28	0,47	€ 779,35	0,66
a condensazione GPL	€ 4.272	€ 2.880,00	€ 2.721,99	0,11	€ 1.768,06	0,15
a condensazione GPL (bassa temp.)	€ 3.941	€ 2.880,00	€ 2.390,92	0,12	€ 1.436,99	0,18
tradizionale metano	€ 2.905	€ 1.680,00	€ 155,60	0,91	-€ 798,33	2,11
a condensazione metano	€ 2.768	€ 2.880,00	€ 1.218,67	0,21	€ 264,74	0,55
a condensazione metano (bassa temp.)	€ 2.554	€ 2.880,00	€ 1.004,12	0,24	€ 50,19	0,86

# Confronto con altre preparazione biomasse: azienda Foglietta

Confronto con caldaia a legna - autoproduzione spaccato di legna											
MARCA DI RIFERIMENTO: Equador Economic 2000	Pf	Pu	Rend	Tm	Epu	Pci	consumo	costo unitario	costo tot. comb	differenza costo rispetto legna produzione propria	costo caldaia (per pellet e cippato anche dispositivo caricamento automatico)
TIPOLOGIA	kw	kw	%	°C	kwh	Kwh / kg	kg	Euro / q.le	euro	euro	euro
a legna prod. Propria	34,8	28	0,8	80	50560	4	15.800	10,6	€ 1.675	-	€ 3.600,00
acquisto legna pregiata	34,8	28	0,8	80	50560	4,2	15.048	18	€ 2.709	€ 1.034	€ 3.600,00
acquisto legna mista	34,8	28	0,8	80	50560	3,4	18.588	16	€ 2.974	€ 1.299	€ 3.600,00
pellet (acquistato all'ingrosso)	34,8	28	0,8	80	50560	5	12.640	20	€ 2.528	€ 853	€ 6.000,00
pellet (prezzo medio mercato)	34,8	28	0,8	80	50560	5	12.640	26	€ 3.286	€ 1.612	€ 6.000,00
produzione cippato da legna propria	34,8	28	0,8	80	50560	2,8	22.571	7,4	€ 1.670	-€ 5	€ 6.000,00
acquisto cippato	34,8	28	0,8	80	50560	2,8	22.571	9	€ 2.031	€ 357	€ 6.000,00
acquisto cippato (acquistato all'ingrosso)	34,8	28	0,8	80	50560	2,8	22.571	7	€ 1.580	-€ 95	€ 6.000,00

# Confronto con altri combustibili: note

- l'acquisto di legna risulta sempre meno conveniente dello spaccato di legna autoprodotta in azienda
- Applicando alla legna di pregio acquistata un PCI pari a quello della legna delle aziende (mentre per la legna mista un valore di PCI più basso) il risparmio economico è favorevole alla legna di pregio, anche se ha un costo maggiore.
- Il pellet risulta una alternativa interessante all'acquisto di legna (soprattutto se acquistato all'ingrosso, come l'azienda) in termini di spesa di combustibile; ma considerando il maggior costo da sostenere per il dispositivo automatico di caricamento (il prezzo può variare fra vari modelli e soluzioni) occorre valutare attentamente i tempi di rientro dell'investimento, ma anche la maggior praticità del pellet rispetto allo spaccato.
- A puro titolo esemplificativo si calcola che il prezzo di pareggio in termini di convenienza rispetto alla legna autoprodotta (ed un ammortamento in 5 anni del dispositivo di caricamento automatico) è di 9 €/q.le.

# Confronto con altri combustibili: note

- Il cippato autoprodotta ha un costo per stagione invernale praticamente uguale allo spaccato, a fronte comunque di un maggiore investimento per il dispositivo di caricamento automatico.
- L'acquisto di piccole quantità è sicuramente sconveniente mentre un acquisto con stoccaggio risulterebbe maggiormente conveniente, a fronte però di garantire le condizioni ideali di essiccamento (riparo da eventi meteorici, buona ventilazione.).
- Il prezzo di pareggio in termini di convenienza rispetto alla legna autoprodotta (ed un ammortamento in 5 anni del dispositivo di caricamento automatico), che risulta essere di 5 €/q.le.
- **Maggior convenienza dell'uso del cippato (ma anche del pellet) è ottenibile confrontando i costi per il combustibile nel caso non sia possibile auto produrre la legna e quindi occorra comprarla.**

# Confronto con altri combustibili: azienda Foglietta

**ritorno investimento caldaia a biomasse in anni:**

**MARCA DI RIFERIMENTO: Equador Economic 2000**

<b>confronto con TIPOLOGIA</b>	<b>autoproduzione spaccato</b>	<b>acquisto spaccato</b>	<b>pellet</b>	<b>cippato</b>
a gasolio	0,4	0,6	1,7	1,1
tradizionale GPL	0,5	0,6	1,6	1,1
a condensazione GPL	0,2	0,3	1,2	0,9
a condensazione GPL (bassa temp.)	0,2	0,3	1,5	1,0
a condensazione GPL	0,0	0,0	1,0	0,7
a condensazione GPL (bassa temp.)	0,0	0,0	1,2	0,8
tradizionale metano	1,0	2,0	5,6	2,3
a condensazione metano	0,4	0,9	5,2	1,8
a condensazione metano (bassa temp.)	0,5	1,4	9,5	2,2
a condensazione metano	0,0	0,0	4,0	1,4
a condensazione metano (bassa temp.)	0,0	0,0	9,1	1,8

# Valutazione sull'integrazione con solare termico: azienda Foglietta

Per valutare il contributo dell'apporto termico dell'impianto solare si è proceduto sistematicamente ad escludere e collegare l'impianto solare nel sistema con una cadenza settimanale circa.

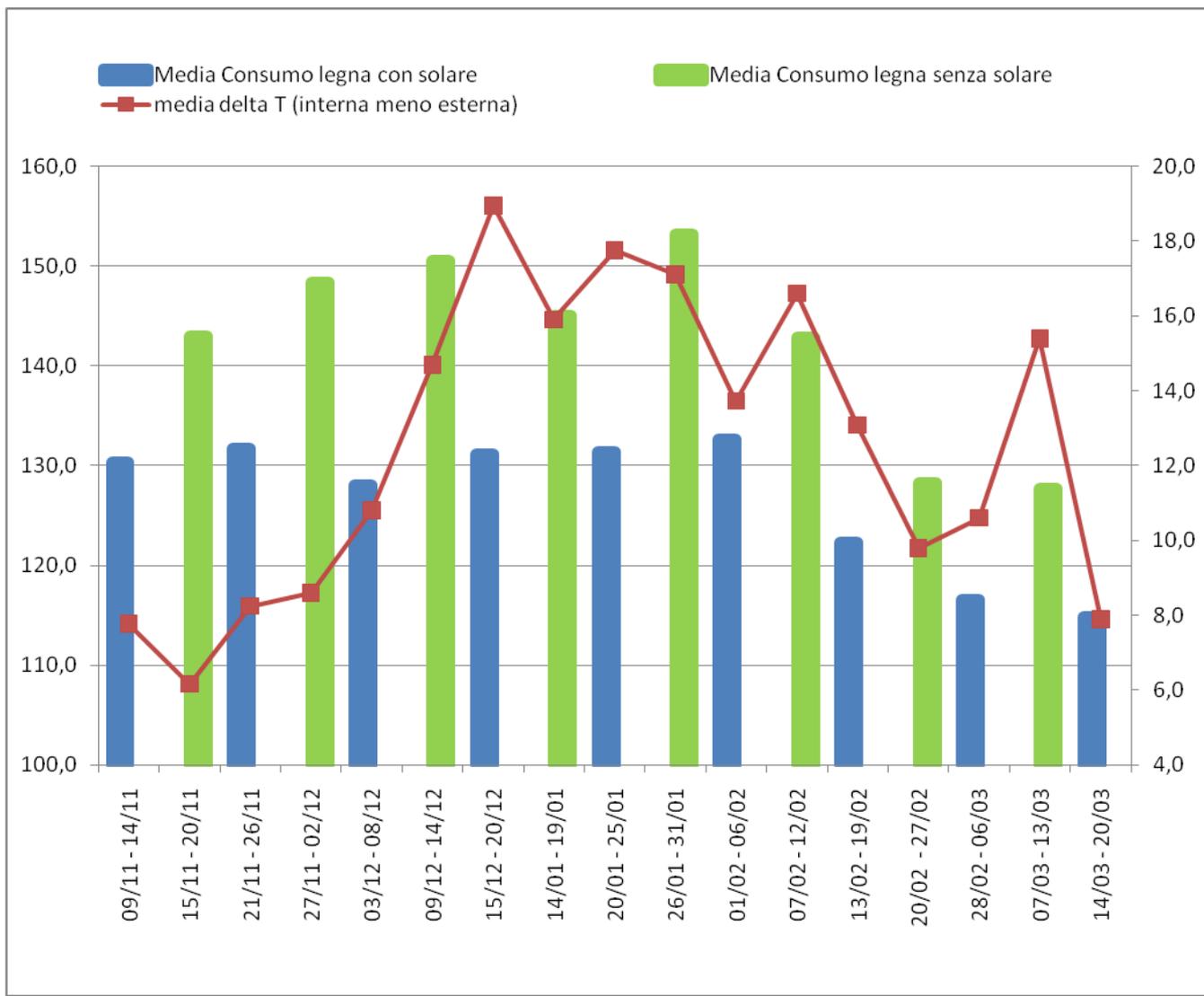
Pur considerando che il contributo del solare termico è in funzione della radiazione solare catturata dal pannello, a sua volta dipendente da fattori climatici (nuvolosità, pioggia, neve) ed espositivi rispetto alla variazione dell'orbita solare, si sono monitorati un numero di giornate sufficiente per ottenere, alle varie condizioni climatiche invernali, periodi rappresentativi di comportamento dell'impianto con e senza apporto termico del solare e quindi rilevare il contributo del solare in termini di risparmio di biomassa.

Nel periodo monitorato i consumi sono stati pari a 144 quintali, suddiviso in:

- 57 giorni con impianto solare collegato ed un consumo di 71,87 quintali, per una media di 126,5 kg giorno.
- 53 giorni senza impianto solare collegato ed un consumo di 72,17 quintali, per una media di 141,5 kg giorno.

# Valutazione sull'integrazione con solare termico: azienda Foglietta

Dalle analisi emerge che l'integrazione di in impianto solare termico alla centrale termica può apportare un risparmio, riferito al periodo invernale metà ottobre – metà aprile, dell'ordine del 10% di biomassa. Tale risparmio corrisponde a circa a 20 q.li di legna ,circa 210 € per stagione invernale.



# Valutazione sull'integrazione con solare termico: azienda Foglietta

Per una valutazione integrale del contributo del solare termico occorre però valutare la copertura di fabbisogno dell'a.c.s. nel restante periodo dell'anno.

Simulando il fabbisogno annuo di acqua calda sanitaria, considerando le attività di ospitalità, organizzazione eventi con ristorazione, oltre agli usi propri, otteniamo un fabbisogno di **3.280 KWh termici per a.c.s..**

Il risparmio ottenibile annuo può essere calcolato sempre rispetto alle caldaie alimentate a combustibili fossili quali metano, gasolio e gpl.

valutazione risparmio solare termico per acqua calda sanitaria											
	Pf	Pu	rend.	Tm	Epu	Pci	consumo	costo unit.	costo tot.comb	risparmio solare (copertura 80%)	MARCA DI RIFERIMENTO
<b>TIPOLOGIA</b>	kw	kw	%	°C	kwh	kwh/kg	kg	euro/kg	euro	euro	
a gasolio	34,8	31,5	0,91	80	3280	11,9	303	1,1	€ 333	<b>€ 267</b>	riello NKG TG
						kwh/lt	lt	euro/lt			
tradizionale GPL	33,3	31	0,93	80	3280	6,7	526	0,7	€ 368	<b>€ 295</b>	luna 3 comfort 310Fi - Baxi
a condensazione GPL	27	26	0,976	80	3280	6,7	502	0,7	€ 351	<b>€ 281</b>	victrix superior 26
						kwh/nmc	nmc	euro/nmc			
tradizionale metano	33,3	31	0,93	80	3280	9,6	367	0,65	€ 239	<b>€ 191</b>	luna 3 comfort 310Fi - Baxi
a condensazione metano	27	26	0,976	80	3280	9,6	350	0,65	€ 228	<b>€ 182</b>	victrix superior 26

# Valutazione sull'integrazione con solare termico: azienda Foglietta

In sintesi per l'agriturismo, i risparmi annui dall'applicazione del solare termico sono stimabili in:

- acqua calda sanitaria (rispetto impiego GPL) : 280 €
- risparmio biomassa per riscaldamento (rispetto all'ipotesi di utilizzo della legna autoprodotta): 210 €
- Totale risparmio: circa 500 € annui.

Considerando che l'impianto solare è costato € 3.645, l'investimento è ammortizzabile in poco più di 6 anni. Se però consideriamo la possibilità di applicare forme di incentivazione, come ad esempio la detrazione fiscale al 55% (Comma 346 Finanziaria 2007: detrazioni per installazione di pannelli solari per produzione di acqua calda), il tempo di ammortamento può anche dimezzarsi.

I calcoli eseguiti sono specifici per la tipologia impiantistica adottata dall'azienda ma i parametri di confronto sono trasferibili ad altre realtà aziendali insediate nella Regione Marche.

Occorre inoltre sottolineare che i consumi di acqua calda sanitaria dell'agriturismo monitorato, causa la scarsa ricettività, risultano sicuramente minori rispetto ai fabbisogni di un'abitazione di una famiglia media o un'altra struttura turistica con maggiore frequenza di alloggi.

Sostanzialmente si può concludere che l'applicazione del solare termico risulta conveniente, soprattutto rispetto alle condizioni di:

- mancanza di allaccio alla rete del metano, e dunque possibile ricorso al GPL
- necessità di elevati consumi di acqua calda sanitaria, soprattutto nel periodo estivo.

# Valutazione qualità dell'aria

Durante la prima annualità di progetto (2007-2008) si è proceduto alla rilevazione della qualità dell'aria valutando il contributo dei combustori, in particolare rispetto alle polveri fini. Si è evidenziato che la combustione di biomasse, in particolare il legno tal quale, produce polveri fini ( $<10\mu\text{m}$ ) con una elevata percentuale di PM 1 ( $> 70\%$ ).

Riveste quindi molto interesse la possibilità di utilizzare dispositivi che riducano le emissioni di materiale particolato, con particolare riguardo al PM 1, che è la frazione più pericolosa per la salute umana.

Per investigare questa problematica è stata effettuata nella seconda annualità (2009 – 2010) una sperimentazione presso l'azienda Colle Baeto, applicando alla canna fumaria del combustore un filtro elettrostatico per particolato, e sono state eseguite misure comparative delle concentrazioni nell'aria di PM 10, PM 2,5 e PM 1 in prossimità delle emissioni, facendo funzionare il combustore sia con il filtro elettrostatico inserito che disinserito.

# Campionamento

Il campionamento ambientale per una caratterizzazione della ricaduta delle polveri emesse dalle caldaie è stato effettuato con la seguente strumentazione:

- Analizzatore per polveri (Modello Environcheck della Con.Tec Engineering) : caratterizzazione sia quantitativa ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) delle polveri presenti, sia una caratterizzazione granulometrica (PM10, PM2,5, PM1). Il sistema è dotato di una stazione meteo (Temperatura ed Umidità) consentendo la correlazione fra i rilievi e le condizioni ambientali in cui vengono effettuati.
- campionatore ad alto volume (Modello TE-6001 della Environmental Tisch) per misure del PM10 sulle 24h; lo strumento permette una caratterizzazione quantitativa del PM10 su cui verrà effettuata successivamente una caratterizzazione chimica degli IPA (idrocarburi policiclici aromatici) eseguita mediante analisi GC/MS (gascromatografia accoppiata con spettrometro di massa)



# Risultati stagione 2007-2008

- Il confronto delle concentrazioni medie rilevate presso le due aziende nel mese di febbraio 2008, in condizioni meteo simili, mette in evidenza due andamenti quasi sovrapponibili, come osservato nella tabella.

<b>Azienda</b>	<b>PM 10</b> µg/m <sup>3</sup>	<b>PM 2,5</b> µg/m <sup>3</sup>	<b>PM 1</b> µg/m <sup>3</sup>
<b>Colle Baeto</b>	25,7	19,5	17,6
<b>Foglietta</b>	26	20,1	18,1
Foglietta – caldaia spenta (valori di fondo)	17,2	16,1	15

Si evince che il contributo della combustione è sì rilevante, ma i valori comunque risultano inferiori se paragonati ai limiti previsti dalla normativa vigente (DM 60/2002) che comunque si applica agli ambiti urbani, che norma solamente la concentrazione del PM10 prescrivendo che la media giornaliera della concentrazione del PM10 non deve superare il valore di 50 µg/m<sup>3</sup> per non più di 35 giorni all'anno (e che la media annuale non deve superare il valore di 40 µg/m<sup>3</sup>).

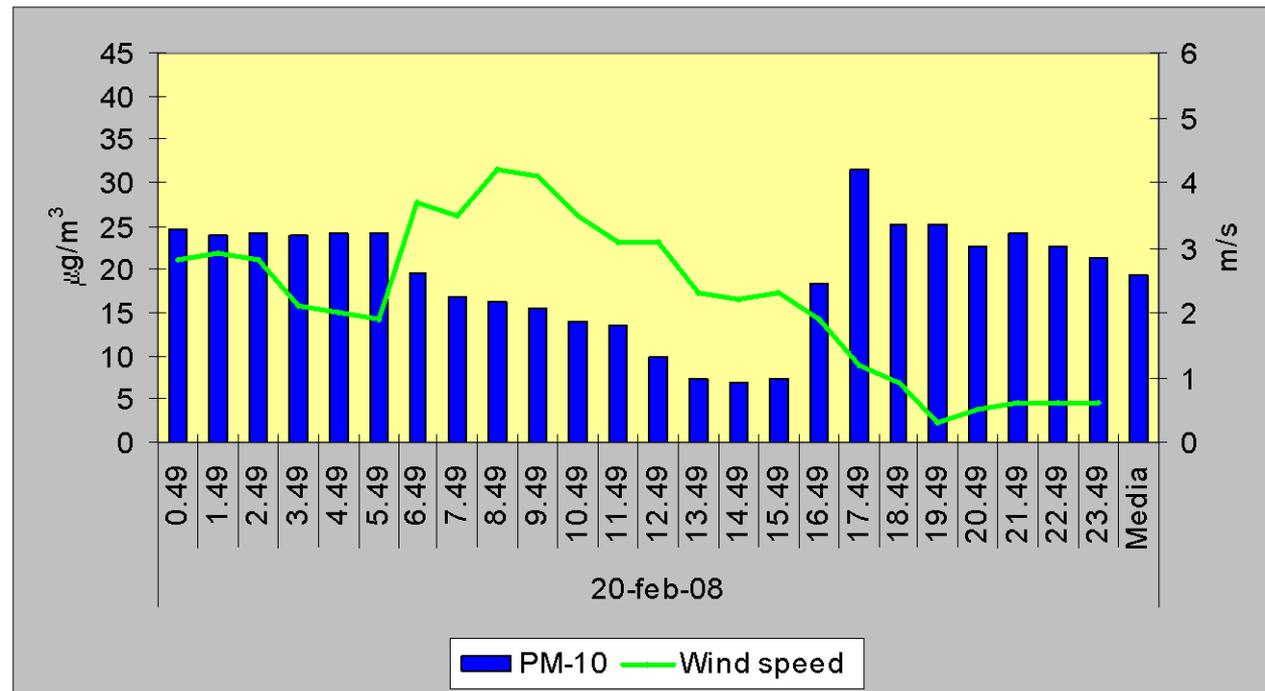
La normativa (DLgs 152/06 - Testo Unico Ambientale) riguardo all'autorizzazione alle emissioni non prevede la necessità di autorizzazione per impianti di combustione di potenza termica nominale inferiore a 1 MW alimentati a biomasse.

# Risultati stagione 2007-2008

Dal confronto delle campagne di rilevamento presso l'azienda Colle Baeto realizzate a dicembre e febbraio, è possibile notare l'influenza delle condizioni meteo nella ricaduta delle polveri. Pur essendo la fonte di polveri sottili la stessa, nel campionamento di febbraio si è avuto un incremento del 62% del PM 10 e del 53% sia del PM 2,5 che del PM 1.

periodo	PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 1 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 1 %	T ( C )	P (hPa)
Media 8 – 12 dicembre	15,8	12,7	11,5	72,6	4,7	966
Media 11 – 15 febbraio	25,7	19,5	17,6	69,1	4,6	983,3

Nel campionamento effettuato il giorno 20 febbraio presso l'azienda Foglietta, nelle ore centrali della giornata si è avuta una diminuzione della concentrazione delle tre frazioni delle polveri sottili a causa dell'aumento della velocità del vento.

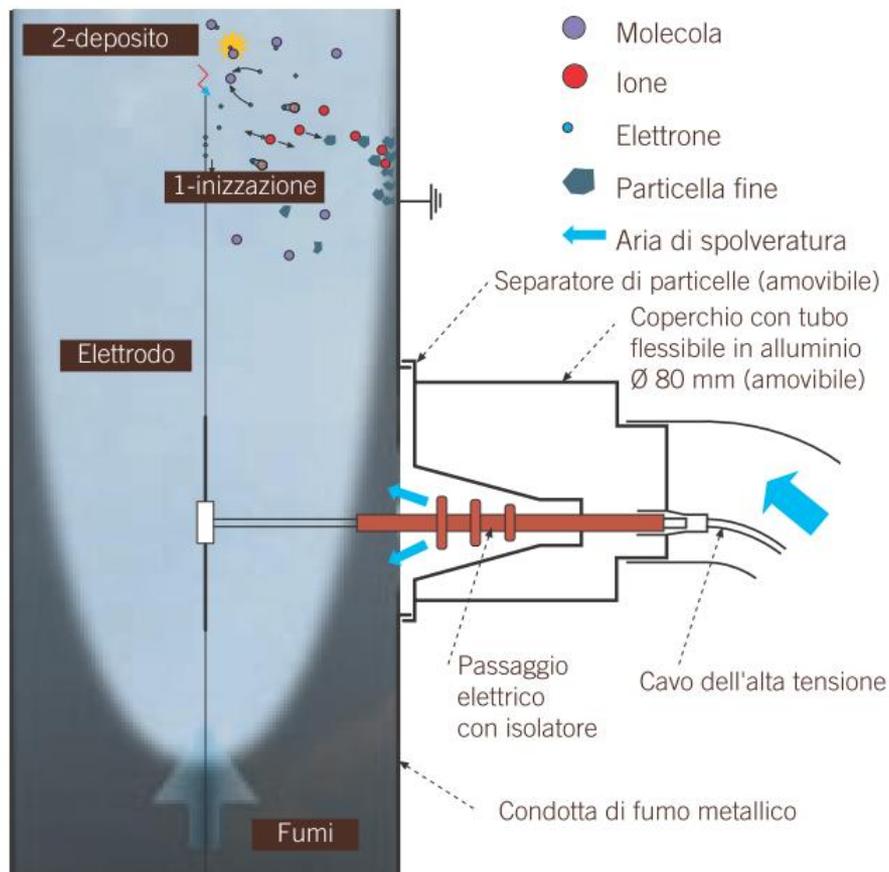


# Risultati stagione 2009 - 2010

Il filtro antiparticolato applicato, recentemente introdotto in commercio, secondo i dati del costruttore è applicabile ad ogni tipo di apparecchio di riscaldamento a legna, con potenze inferiori a 50 kW e per condotte da 150 a 300 mm di diametro, e con una efficacia della separazione delle particelle (testato dalla ditta in un impianto pilota) variabile dal 57% all'81%.

Il filtro antiparticolato è un filtro “elettrico” all’interno del quale avvengono i seguenti fenomeni:

- Alimentazione della tensione nell’elettrodo
- Processo di ionizzazione
- Carica delle particelle
- Separazione delle particelle con fissaggio delle particelle più piccole alle pareti del tubo dei gas combusti attraverso forze elettrostatiche



# Risultati stagione 2009 - 2010



1. Particolare del filtro: elettrodo



2. Inserimento del filtro nel raccordo a "T"



3 centralina di controllo con spie di segnalazione



4. Collaudo

L'installazione del filtro è stata.

Nelle figure sono riportate le fasi dell'installazione del filtro antiparticolato, eseguita con l'ausilio del tecnico della ditta con il quale è stato effettuato il collaudo

# Risultati stagione 2009 - 2010

Con il supporto del conduttore dell'azienda sono state eseguite periodicamente ispezioni, controllo del corretto funzionamento della centralina, pulizia del filtro e della canna fumaria. Dalle foto è chiaramente visibile che il filtro ha "catturato" una discreta quantità di polveri; come visibile nell'ultima foto il deposito nel tubo è concentrato entro il primo metro del tubo. Nelle successive verifiche si è riscontrato il medesimo livello di deposito della fuliggine, superiore alle condizioni senza filtro antiparticolato.



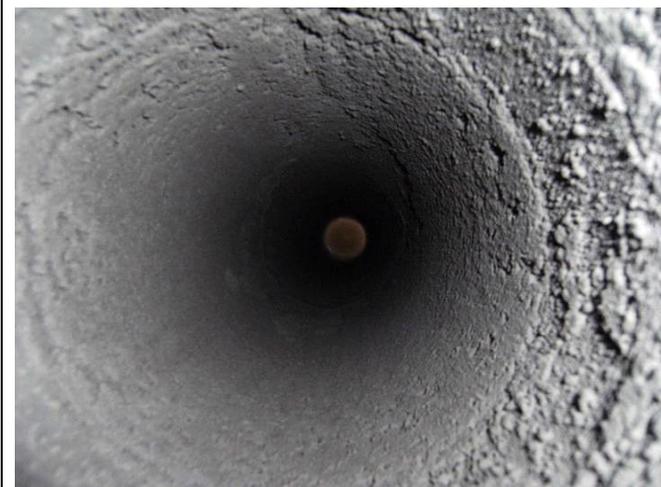
1. tubo pulito prima del montaggio del filtro



2. incrostazioni di fuliggine sull'elettrodo



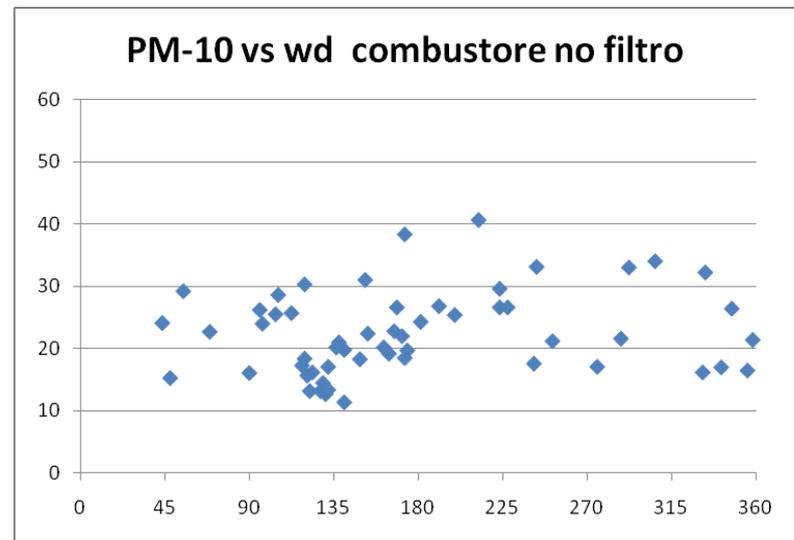
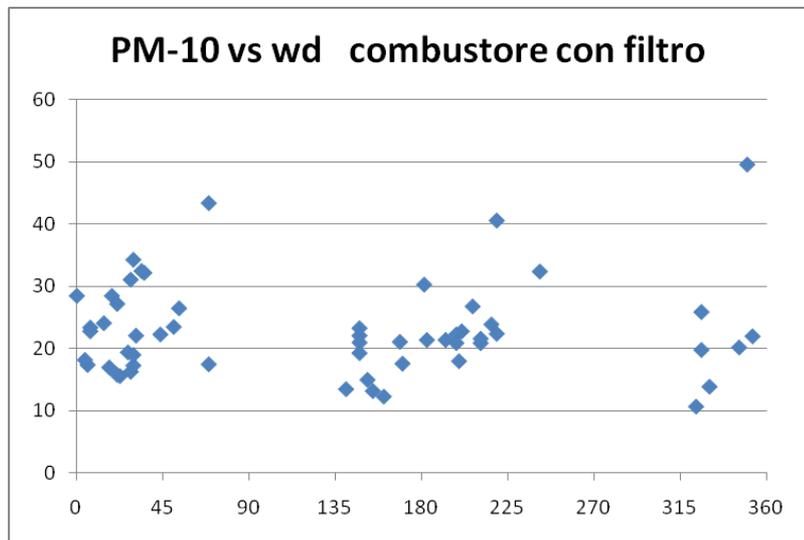
3. incrostazioni di fuliggine all'interno della canna fumaria



# Risultati stagione 2009 - 2010

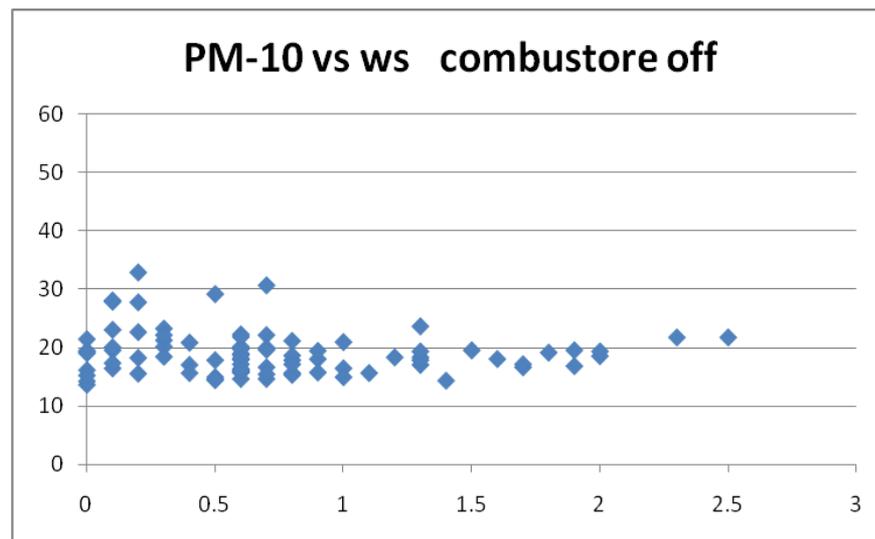
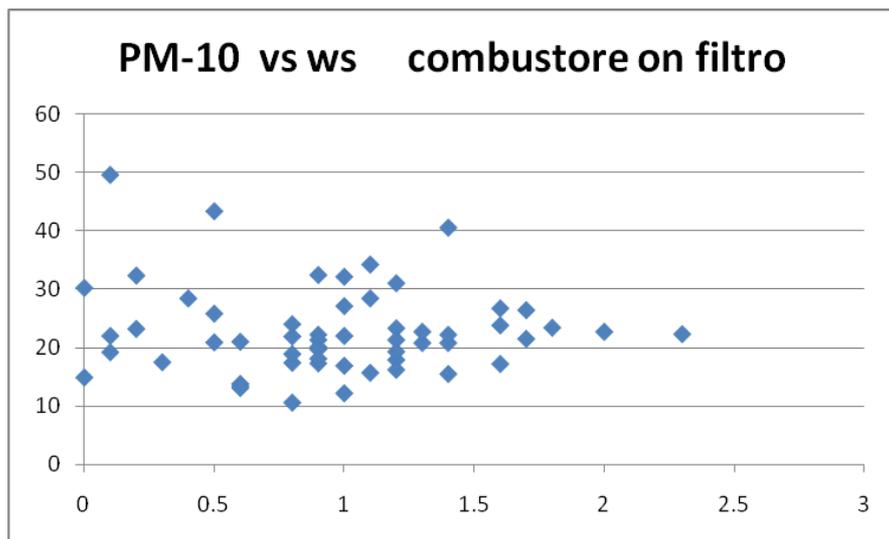
La sperimentazione, che è iniziata l'11 novembre 2009 e che si è conclusa il 31 marzo 2010, ha avuto lo scopo di verificare l'efficacia del filtro elettrostatico antiparticolato applicato al combustore a legna, nella riduzione delle concentrazioni di PM 10, PM 2,5 e PM 1 nell'aria campionata a 3,5 m dal camino del combustore, ad una altezza di 2 metri. Durante la sperimentazione, che veniva sospesa quando le condizioni meteo (pioggia, neve, forte vento) non avrebbero fornito dati significativi per la sperimentazione, sono stati eseguiti campionamenti della durata di 24 ore. Le misurazioni delle concentrazioni di particolato fine nell'aria sono state effettuate sia con il filtro elettrostatico inserito che disinserito.

Il campionamento a 3,5 m dal camino potrebbe risentire della direzione del vento, anche se le giornate scelte erano con venti deboli. Le due figure seguenti mostrano come nel caso del combustore acceso, sia con filtro che senza filtro, non ci sia una dipendenza significativa della concentrazione di PM10 dalla direzione del vento (wd).



# Risultati stagione 2009 - 2010

**Si rileva invece una dipendenza delle concentrazioni rispetto all'intensità del vento (ws).** Le concentrazioni di PM10 misurate con combustore acceso (combustore on) tendano, all'aumentare del vento, verso le concentrazioni di PM10 misurate a combustore spento (off), ovvero di circa  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Quindi per valori del vento superiori ai 2,5 m/s il particolato emesso dal combustore viene diluito velocemente dal vento, rendendo non più evidenziabile l'eventuale effetto del filtro. Questa situazione ha ridotto fortemente il numero di giornate disponibili per i confronti (con filtro, senza filtro).



# Risultati stagione 2009 - 2010

Per effettuare una corretta comparazione tra le concentrazioni di PM 10, PM 2,5 e PM1 rilevate con il filtro inserito e quelle senza filtro, è stato scelto un campione rappresentativo di 16 misure, 8 con filtro ed 8 senza filtro durante le quali le condizioni meteo (temperatura, velocità del vento, umidità relativa e pressione atmosferica) erano comparabili.

I dati meteo medi rilevati negli 8 giorni di misure durante le quali il combustore funzionava senza filtro non differiscono sostanzialmente da quelli rilevati negli 8 giorni in cui il combustore funzionava con filtro elettrostatico.

La variabilità delle condizioni meteorologiche e delle concentrazioni di fondo del particolato supera la variabilità rilevata tra condizioni con filtro e condizioni senza filtro.

La tabella seguente separa le ore in cui il combustore è acceso o spento nelle giornate con filtro e, analogamente, nelle giornate in cui il filtro non è installato. Come si vede, la differenza tra le ore con combustore acceso o spento è inferiore della differenza tra i giorni in cui il filtro era installato o meno. E' inoltre opportuno notare che la variabilità oraria associata alle misure è molto elevata (tra 3 e 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

	PM10	PM2.5	PM1
Combustore acceso giorni con filtro	21.8 $\pm$ 7	19.5 $\pm$ 5	18.4 $\pm$ 4
Combustore spento giorni con filtro	18.8 $\pm$ 5	16.8 $\pm$ 3	16.0 $\pm$ 3
Combustore acceso giorni senza filtro	20.2 $\pm$ 6	15.4 $\pm$ 4	13.8 $\pm$ 3
Combustore spento giorni senza filtro	16.5 $\pm$ 5	14.4 $\pm$ 3	13.3 $\pm$ 3

# Risultati stagione 2009 - 2010

Per effettuare una corretta comparazione tra le concentrazioni di PM 10, PM 2,5 e PM1 rilevate con il filtro inserito e quelle senza filtro, è stato scelto un campione rappresentativo di 16 misure, 8 con filtro ed 8 senza filtro durante le quali le condizioni meteo (temperatura, velocità del vento, umidità relativa e pressione atmosferica) erano comparabili.

I dati meteo medi rilevati negli 8 giorni di misure durante le quali il combustore funzionava senza filtro non differiscono sostanzialmente da quelli rilevati negli 8 giorni in cui il combustore funzionava con filtro elettrostatico.

La variabilità delle condizioni meteorologiche e delle concentrazioni di fondo del particolato supera la variabilità rilevata tra condizioni con filtro e condizioni senza filtro.

La tabella seguente separa le ore in cui il combustore è acceso o spento nelle giornate con filtro e, analogamente, nelle giornate in cui il filtro non è installato. Come si vede, la differenza tra le ore con combustore acceso o spento è inferiore della differenza tra i giorni in cui il filtro era installato o meno. E' inoltre opportuno notare che la variabilità oraria associata alle misure è molto elevata (tra 3 e 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

	PM10	PM2.5	PM1
Combustore acceso giorni con filtro	21.8 $\pm$ 7	19.5 $\pm$ 5	18.4 $\pm$ 4
Combustore spento giorni con filtro	18.8 $\pm$ 5	16.8 $\pm$ 3	16.0 $\pm$ 3
Combustore acceso giorni senza filtro	20.2 $\pm$ 6	15.4 $\pm$ 4	13.8 $\pm$ 3
Combustore spento giorni senza filtro	16.5 $\pm$ 5	14.4 $\pm$ 3	13.3 $\pm$ 3

# Risultati stagione 2009 - 2010

Dalla sperimentazione eseguita presso l'azienda agricola emerge che nell'ambiente circostante al combustore a legna (le misure sono state effettuate a 3,5m dal punto di emissione e ad una altezza di 2 m) *non sia possibile rilevare una riduzione delle emissioni di materiale particolato nelle fasi di utilizzo del filtro antiparticolato.*

Occorre precisare che la finalità della sperimentazione non era verificare l'efficacia diretta del filtro, che richiederebbe un prelievo delle emissioni dirette al camino, ma una valutazione sulla qualità dell'aria in un ambiente esposto alle emissioni di un combustore a legna, e se un sistema di abbattimento potesse incidere su quanto rilevato nell'ambiente.

Nell'intera stagione invernale inoltre le condizioni meteorologiche avverse (frequenza elevata di piogge, nevicata, ventosità elevata) hanno reso possibile avere un numero relativamente basso (16) di giornate utili per le misure. Di converso proprio in quelle giornate le concentrazioni di inquinanti nell'aria risultano basse.

A dimostrazione si evidenzia che con una velocità del vento superiore a 2,5 m/s il particolato emesso dal combustore viene diluito velocemente dal vento, registrando valori di particolato simili al fondo.

In sintesi si è osservato che le variazioni di concentrazione del particolato con/senza filtro sono inferiori alle variazioni delle concentrazioni misurate a combustore spento (ovvero variabilità del fondo). Quindi con i dati a disposizione non si rileva un effetto del filtro antiparticolato.

Di certo si può affermare che la variabilità delle condizioni meteorologiche e delle concentrazioni di fondo del particolato supera la variabilità rilevata tra condizioni con filtro e condizioni senza filtro.

Quanto emerso è da considerarsi valido nelle condizioni di campo riscontrate e per la tipologia di combustore utilizzato.

# Conclusioni

- Lo sfruttamento energetico delle biomasse è oramai una priorità a livello UE e gli stati membri hanno recepito a vario livello le politiche di promozione e incentivazione, sia per grandi impianti che per le piccole utenze.
- Lo studio dimostra come lo sfruttamento di biomassa ai fini energetici presso le aziende agricole sia vantaggioso, a parità di dotazioni impiantistiche, soprattutto quando si dispone di un bosco per l'approvvigionamento della legna; si può inoltre suggerire che la produzione di legna, anche per terzi, possa essere una valida economia per l'azienda.
- Dal punto di vista dell'efficienza si ritiene che l'integrazione con impianti solari termici sia vantaggioso soprattutto per la produzione di a.c.s. durante tutto l'anno.
- Nel caso che la biomassa venga acquistata si ritiene interessante valutare come alternativa il cippato e il pellets; le valutazioni vanno comunque riferite rispetto all'alternativa di combustibile fossile disponibile, alla possibilità di stoccaggio di materiale, alle condizioni di acquisto dei combustibili

# Conclusioni

- Le concentrazioni di PM10, 2,5 e 1 rilevate attestano che la combustione di biomassa contribuiscono all'innalzamento della presenza delle polveri (in particolare PM1), soprattutto in condizioni di stabilità atmosferica (alta pressione, assenza di vento); ciò nonostante i quantitativi rilevati non superano limiti di normativa. Condizione diversa potrebbe presentarsi qualora un elevato numero di caldaie a biomassa si concentrasse in un unico specifico territorio.
- Se da un lato la biomassa è da considerarsi un'energia rinnovabile occorre prestare maggiore attenzione, a livello nazionale e regionale (come del resto oramai percepito da diverse regioni italiane soprattutto del centro – nord), al controllo delle emissioni nocive, in particolare il particolato. Ciò significa definire meglio gli standards della qualità del combustibile, le tecnologie di ottimizzazione della combustione (soprattutto per i piccoli – medi impianti), l'opportunità di integrazione con altre fonti rinnovabili, i possibili sistemi di abbattimento (oramai consolidati per i grandi impianti), ed orientare i finanziamenti verso le soluzioni che maggiormente possano risultare efficaci.

# Conclusioni

- Risulta chiaro come attraverso un'ottimizzazione della combustione (che si ottiene principalmente migliorando il rapporto e la distribuzione di aria e combustibile, garantendo un adeguato tempo di permanenza in camera di combustione e controllando la temperatura), una corretta progettazione dell'impianto, l'utilizzo di biomassa idonea e una corretta gestione e manutenzione degli impianti sia possibile avere buoni rendimenti ed emissioni più contenute.
- Nel caso di caldaie è preferibile utilizzare un opportuno accumulatore di acqua calda collegato direttamente alla mandata della caldaia tramite un'apposita pompa; ciò consente alla caldaia di funzionare in modo regolare, evitando interruzioni dovute a insufficiente richiesta di energia da parte dell'impianto di riscaldamento.
- Riguardo alla tipologia del combustibile occorre valutare attentamente il diverso comportamento dello spaccato di legna e cippato rispetto al pellet: quest'ultimo presenta sicuramente una maggiore resa energetica ma anche minori emissioni d'inquinanti, grazie anche al minor contenuto di umidità, e si presta come possibile soluzione soprattutto per i dispositivi di piccola taglia.
- Un'altra via da percorrere è l'evoluzione tecnologica sui sistemi innovativi di abbattimento delle polveri recentemente introdotte in Europa e che alcune province italiane stanno testando. Riguardo al loro comportamento "sul campo" occorrono maggiori informazioni, come la presente sperimentazione.