



Quaderni TECNICI

N°
4

**“RISPARMIO ENERGETICO
PER LE COLTURE FLORICOLE IN AMBIENTE
PROTETTO ATTRAVERSO L'IMPIEGO DI BIOMASSE”**

DGR n. 1736 del 28/12/07





REGIONE LIGURIA



Quaderni
TECNICI

N°
4

Progetto

“ Risparmio energetico per le colture
floricole in ambiente protetto
attraverso l’impiego di biomasse”

Progetto

RISPARMIO ENERGETICO PER LE COLTURE FLORICOLE IN AMBIENTE PROTETTO ATTRAVERSO L'IMPIEGO DI BIOMASSE

IRF - Istituto Regionale per la Floricoltura, Sanremo

Responsabile:

Margherita Beruto

Collaboratori:

Diego Maccario

Federico Di Battista

Consulenti:

Università di Genova

**Gruppo TPG (Thermochemical Power Group) del
DIME (Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Energetica,
Gestionale e dei Trasporti "Ex DIMSET")
sez. MASE (Macchine e Sistemi Energetici)**

Responsabile:

Prof. Ing. Aristide F. Massardo

Collaboratori:

Ing. Matteo Porta

Si ringraziano i titolari delle Aziende floricole coinvolte nel progetto per la rilevazione e fornitura dei dati di funzionamento degli impianti e le Ditte produttrici di impianti di riscaldamento a biomassa per l'assistenza e il supporto.

1. PREFAZIONE	PAG.4
2. INTRODUZIONE	PAG.6
3. Scelta degli impianti di riscaldamento e delle aziende floricole	PAG.9
3.1. Stato dell'arte della tecnologia presente sul mercato	PAG.10
3.2. Individuazione delle aziende floricole presso cui installare la macchine	PAG.10
3.3. Consegna, posizionamento, accensione e collaudo delle impianti di riscaldamento	PAG.11
4. Descrizione del sistema di monitoraggio	PAG.13
4.1. Schede di monitoraggio	PAG.16
4.1.1. Monitoraggio del combustibile	PAG.16
4.1.2. Monitoraggio ambientale	PAG.17
4.1.3. Monitoraggio soddisfazione	PAG.19
4.2. Sistema di acquisizione dei dati tramite accesso remoto	PAG.19
4.2.1. Sistema Froling	PAG.20
4.2.2. Sistema KWB	PAG.22
5. Monitoraggio delle aziende	PAG.25
5.1. Azienda Giorgio Enrico	PAG.26
5.1.1. Monitoraggio del combustibile	PAG.27
5.1.2. Monitoraggio della caldaia	PAG.28
5.1.3. Monitoraggio della soddisfazione	PAG.29
5.1.4. Monitoraggio del gasolio	PAG.30
5.2. Azienda Andrea Fazio	PAG.31
5.2.1. Monitoraggio del combustibile	PAG.32
5.2.2. Monitoraggio della caldaia	PAG.35
5.2.3. Monitoraggio della soddisfazione	PAG.40
5.2.4. Monitoraggio del gasolio	PAG.44
5.3. Azienda Roberto Borgna	PAG.45
5.4. Azienda Antonello Deidda	PAG.51
6. Conclusioni	PAG.55
6.1. Analisi delle tecnologie a biomassa utilizzate	PAG.57
6.1.1. Prima Tipologia: Caldaia ad acqua	PAG.57
6.1.1.1. Analisi dei consumi e dei costi dei combustibili	PAG.58
6.1.1.2. Linea guida per un confronto tra l'installazione in un'azienda florovivaistica di un riscaldamento a gasolio o a biomassa attraverso un impianto con caldaia ad acqua	PAG.61
6.1.2. Seconda Tipologia: Generatore di aria calda	PAG.66
6.1.2.1. Analisi dei consumi e dei costi dei combustibili	PAG.67
6.1.2.2. Linea guida per un confronto tra l'installazione in un'azienda florovivaistica di un riscaldamento a gasolio o a biomassa attraverso un impianto con caldaia ad aria	PAG.69
6.2. Prospettive future	PAG.72

I. PRAFAZIONE

Il settore florovivaistico è notevolmente mutato negli ultimi decenni.

Per anni, il clima mite e le favorevoli condizioni di luce della nostra Riviera hanno favorito l'ottenimento di prodotti di qualità ed incentivato il conseguente sviluppo di una attiva filiera produttiva.

La globalizzazione dei mercati, la congiuntura economica-finanziaria, i costi energetici incrementati pongono nuove sfide e diventa pressante per la nostra floricoltura poter disporre di nuovi prodotti ad alto valore aggiunto e che possano essere ottenuti con costi contenuti.

Tra i fattori di crisi delle colture florovivaistiche a ciclo invernale in serra, rivestono un ruolo vitale i costi energetici. Negli ultimi anni il gasolio da riscaldamento serre ha mostrato un incremento di prezzo sempre maggiore raggiungendo punte di oltre 0,90 € al litro + iva come mostrato dal grafico sotto riportato.

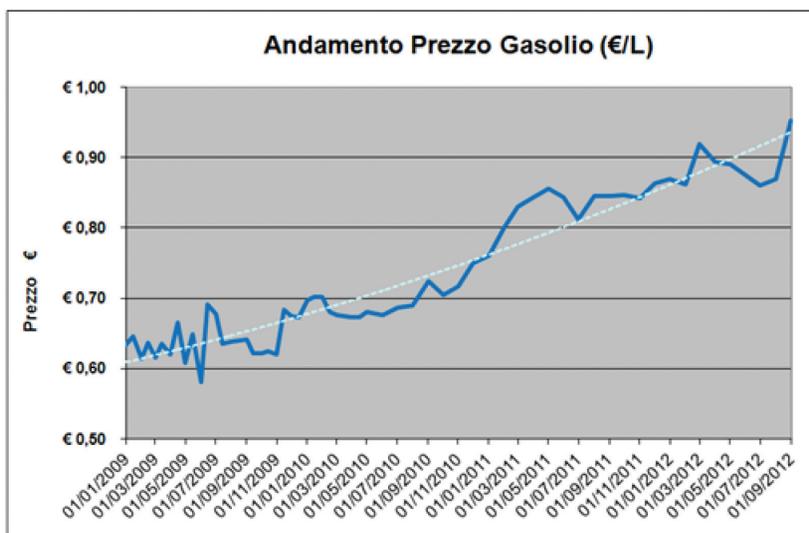


Grafico sull'andamento del prezzo del gasolio agricolo – 2009 - 2012
(fonte Camera di Commercio di Imperia)

Il trend è in costante crescita, anno dopo anno; tali quotazioni impediscono di fatto la produzione di molte delle specie a ciclo forzato con costi sostenibili.

Di particolare interesse sono, quindi, gli interventi rivolti a sviluppare nuovi sistemi di riscaldamento alternativi, più economici ed ecocompatibili.

Con tale intento è stato affidato all'Istituto Regionale per la Floricoltura di Sanremo (IRF) il progetto "Risparmio energetico per le colture floricole in ambiente protetto attraverso l'impiego di biomasse" finanziato dalla Regione Liguria (DGR n°. 1736 del 28/12/2007).

Il presente volume vuole essere la sintesi del lavoro svolto dall'Istituto Regionale per la Floricoltura con la consulenza del gruppo TPG (Thermochemical Power Group) coordinato dal prof. Ing. Massardo del DIME (Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Energetica, Gestionale e dei Trasporti "Ex DIMSET") sez. MASE (Macchine e Sistemi Energetici) dell'Università di Genova (Direttore del Dipartimento prof. Pietro Zunino) nella persona dell'Ing. Matteo Porta come referente tecnico.

Le diverse competenze e professionalità hanno interagito nell'intento di fornire agli operatori del settore un approccio multifunzionale in cui gli aspetti più propriamente tecnologico-strutturali-ingegneristici, potessero integrarsi con approcci agronomici-gestionali peculiari della floricoltura.

Siamo lieti che la sintesi dei lavori condotti sia ospitata nella collana "Quaderni Tecnici IRF" che è stata istituita nel 2013 ed è alla sua quarta pubblicazione.

Ci auguriamo pertanto che, dalle note riportate, gli operatori florovivaistici possano trarre utili informazioni, indicazioni e spunti operativi per lo sviluppo produttivo delle loro aziende.

Il Presidente IRF

Germano Gadina

Il Direttore IRF

Margherita Beruto

2. INTRODUZIONE

La Riviera Ligure di Ponente è nota come la Riviera dei Fiori; tale appellativo è dovuto alla tradizionale e diffusa presenza di produzioni floricole di elevata qualità che da oltre un secolo hanno positivamente sfruttato un ambiente pedoclimatico particolarmente favorevole anche grazie alla realizzazione di apprestamenti protetti di diverso tipo, dai semplici ombrai alle più complesse strutture in ferro e vetro.

Proprio gli apprestamenti protetti oggi sono divenuti una parte integrante e caratteristica del paesaggio della Riviera Ligure di Ponente e in particolare di quelle aree favorite dal potere mitigante del mare. In quest'area, così come nelle altre zone ove il florovivaismo italiano realizza le proprie produzioni di eccellenza, l'uso dell'energia elettrica e termica è uno dei fattori critici di maggiore importanza e peso economico per le aziende floricole. Infatti malgrado le favorevoli condizioni climatiche, molte colture richiedono l'intervento del riscaldamento per ottenere delle produzioni competitive anche nel periodo invernale.

Sono pertanto a rischio tutte quelle specie che necessitano di temperature, che oltre a richiedere un riscaldamento di soccorso al fine di evitare danni da gelate, necessitano di un range termico tra i 12 e i 20 gradi: rose, gerbere, anthurium, liliun orientali, lisanthus, solidago, alstroemeria per citare solo alcuni fiori.

Riducendo l'assortimento classico si mette in crisi anche il settore della distribuzione e, inevitabilmente, l'intera filiera.

In Italia, le coltivazioni protette coprono circa 35.000 ettari, di cui 30.000 sono dedicati alla coltivazione di ortaggi e circa 5.000 rappresentano serre per la produzione florovivaistica. Le serre permanenti si estendono per circa 6.000 ettari e di queste oltre il 50 % sono dedicate alla coltivazione florovivaistica. (Fonte: ENEA ed ENAMA 2013)

Attualmente il costo di riscaldamento incide indicativamente per il **30% sul costo di produzione in serra** (Fonte: ENEA 2013). Le serre riscaldate sono molto diffuse nel Nord Italia, e stanno diventando sempre più frequenti anche nelle regioni del sud.

Dai dati ENAMA risulta che, supponendo che per tutte le serre riscaldate venga utilizzato il gasolio, si ha un **consumo annuo di 350 milioni di litri di gasolio**, ovvero circa 350 milioni di Euro ogni anno di controvalore economico "perso", in termini di potere di acquisto, dalle imprese e dal Paese per la fornitura di questo combustibile fossile.

Inoltre l'uso del gasolio e delle fonti fossili causa un significativo impatto sulle emissioni

di sostanze alteranti per il clima. Sulla base di questi dati è possibile calcolare una quantità di emissioni di gas pari a **1,1 milioni di tonnellate di CO₂-eq/anno** (tale dato considera l'emissione in atmosfera di CO₂ e di altri gas ad effetto serra espressi in forma aggregata dal parametro CO₂ equivalente), al netto degli elevati costi ambientali e sociali che la produzione, il trasporto e la contesa delle fonti fossili comportano. (Fonte: "Risparmio energetico e biomasse agroforestali per il riscaldamento delle serre" – ENAMA 2013)

La maggior parte delle aziende floricole italiane non riesce più, complici i costi crescenti, ad essere competitiva rispetto ai colleghi olandesi che usano impianti a metano o a cogenerazione per riscaldare le serre oppure spostano le produzioni di fiori 'caldi' in Ecuador, Bolivia, Colombia, Kenya. In tale contesto può risultare strategico per le nostre aziende sia la coltivazione di colture che non si prestano alla delocalizzazione (ad es. per problemi legati ai costi di trasporto e resistenza all'imbballaggio) sia l'utilizzo di sistemi di riscaldamento alternativi.

La Regione Liguria è particolarmente attenta alla problematica dell'utilizzo di biomasse per il riscaldamento delle serre del proprio territorio, in quanto tiene in grande considerazione le nuove opportunità di sviluppo che ne deriverebbero a supporto delle produzioni ortoflorovivaistiche e per la possibilità di creazione di una filiera del legno da riscaldamento.

Il **progetto** ha avuto l'**obiettivo** di sperimentare, in **condizioni reali** di produzione presso aziende floricole liguri, la gestione di impianti di diversa tipologia di riscaldamento di serre alimentate a biomassa. Al fine di poter disporre di dati il più possibile legati alla realtà operativa, il progetto ha previsto che le macchine, acquisite dall'IRF, fossero affidate in comodato gratuito alle aziende floricole di modo da poter seguire in situ tutte le fasi ed i parametri di una gestione pratica ed operativa.

Le aziende sono state selezionate in modo da poter reperire informazioni provenienti da diverse aree della Regione considerando diverse tipologie di produzione.

L'IRF si è avvalso della collaborazione del DIME (ex DIMSET Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Energetica, Gestionale e dei Trasporti della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova), che ha una grande esperienza nell'applicazione di sistemi alimentati a biomassa; tale collaborazione è risultata strategica, tenendo conto della necessità di operare in sinergia per affrontare le problematiche gestionali di tipo florovivaistico ed ingegneristico che si sono presentate.

L'operatività del progetto, adeguata in corso d'opera in considerazione delle situazioni operative man mano riscontrate, ha previsto diverse fasi di intervento:

- stato dell'arte della tecnologia di caldaie a biomassa esistenti sul mercato e delle relative aziende produttrici, valutandone le caratteristiche tecniche generali, la potenza ed il costo;
- individuazione, da parte della Regione Liguria, dei criteri per la scelta delle aziende floricole in cui condurre le sperimentazioni;
- gestione delle operazioni che hanno condotto a stilare una graduatoria delle aziende floricole interessate a partecipare al progetto;
- individuazione della tipologia di macchine da posizionare presso le aziende floricole;
- gestione di una gara per l'acquisizione delle macchine;
- posizionamento, accensione e collaudo delle macchine;
- inizio del monitoraggio dei dati relativi alla gestione operativa delle macchine;
- analisi dei dati rilevati e conclusioni.

3. SCELTA DEGLI IMPIANTI DI RISCALDAMENTO E DELLE AZIENDE FLORICOLE



3.1 STATO DELL'ARTE DELLA TECNOLOGIA PRESENTE SUL MERCATO

Questa fase è stata gestita e condotta dal DIME, considerando le esperienze acquisite in tale campo.

Sono state considerate diverse industrie produttrici d'impianti di riscaldamento a biomassa per la produzione sia di acqua che di aria calda esaminando le tecnologie per il riscaldamento a biomassa più adatte, sia dal punto di vista del sistema di combustione, sia della taglia, per la sostituzione dei sistemi tradizionali a gasolio.

Sono state preliminarmente individuate tre tipologie di tecnologia a biomassa con relative taglie di riferimento: caldaie ad acqua calda tra 200 e 500 kW, generatori di aria calda tra 50.000 e 120.000 kcal/h e bruciatori tra 50 e 1.000 kW.

Valutate le diverse tecnologie alimentate a biomassa (cippato/pellet) disponibili sul mercato (caldaie, generatori di aria calda e bruciatori), è stata accantonata la tecnologia dei bruciatori a causa della non comprovata affidabilità dal punto di vista delle emissioni di particolato in atmosfera.

3.2. INDIVIDUAZIONE DELLE AZIENDE FLORICOLE PRESSO CUI INSTALLARE LA MACCHINE

Dal monitoraggio precedente, relativo al panorama delle macchine disponibili sul mercato, si è proceduto ad uno screening preventivo per analizzare le diverse tipologie aziendali e calibrare la scelta del tipo di impianti installabili.

L'IRF, dopo aver stabilito i criteri relativi all'individuazione delle aziende floricole, in concerto con la Regione Liguria ed il DIME, ha provveduto alla divulgazione di un avviso pubblico volto all'individuazione di aziende floricole interessate ad interagire per la valutazione dell'utilizzo di caldaie a biomassa nel comparto florovivaistico. Le aziende hanno compilato una scheda tecnica ove sono stati riportati le caratteristiche dell'impianto di riscaldamento in uso e la possibilità per l'installazione di impianti a biomasse.

È stata quindi costituita una commissione di valutazione, composta dai rappresentanti di ogni ente coinvolto, al fine di stilare una graduatoria di merito delle aziende rispondenti ai requisiti richiesti nel bando.

In questa fase è stata anche individuata la tipologia di macchinari necessari per lo svolgimento delle sperimentazioni, in quanto strettamente collegate alle esigenze delle diverse aziende floricole presso cui sarebbero state installate.

Sulla base di tali considerazioni la commissione, in riunioni successive, ha infine individuato le ditte costruttrici di caldaie a biomassa.

Sono state selezionate la ditta Fröling Italia S.r.l. e la ditta KWB Italia S.r.l. entrambe di Bolzano per la fornitura di impianti di riscaldamento ad acqua, e la ditta Tecnoair S.r.l. di Treviso per la fornitura di impianti ad aria calda.

Le aziende floricole selezionate in qualità di realtà pilota del presente progetto sono state:

- Az. Flor. Andrea Fazio, Via Costa Frati, 4 - Arenzano (GE)
- Az. Flor. Roberto Borgna, Via Percisano, 1 - Campochiesa - Albenga (SV)
- Az. Flor. Giorgio Enrico, Via Paccini, 11 fraz. Bastia - Albenga (SV)
- Az. Flor. Antonello Deidda, Via San Stevi inf., 6 - S. Stefano al mare (IM)

Le aziende floricole e la macchine sono state scelte sulla base delle risorse finanziarie disponibili, dei costi evidenziati dopo lo svolgimento delle gare e considerando la graduatoria della aziende floricole selezionate.

3.3. CONSEGNA, POSIZIONAMENTO, ACCENSIONE E COLLAUDO DELLE IMPIANTI DI RISCALDAMENTO

La consegna è avvenuta in momenti differenti, a partire da settembre 2009, cui hanno fatto seguito il montaggio, l'accensione ed il collaudo.

Per gli impianti con produzione di aria calda l'accensione ed il collaudo sono stati contemporanei e sono avvenuti contestualmente al posizionamento.

Per quanto riguarda gli impianti ad acqua calda è stato necessario completare l'impiantistica per lo smistamento dell'acqua calda in azienda prima di poter effettuare l'accensione ed il collaudo.

I sistemi di riscaldamento forniti, installati e collaudati presso le quattro aziende pilota sono stati nello specifico:

- n°1 caldaia ad acqua Fröling da 220 kW presso l'az. flor. Andrea Fazio
- n°1 caldaia ad acqua KWB da 300 kW presso l'az. flor. Roberto Borgna
- n°1 aerotermo Tecnoair da 190.000 Kcal/h presso l'az. flor. Giorgio Enrico
- n°2 aerotermi Tecnoair da 80.000 kcal/h ciascuno presso l'az. flor. Antonello Deidda

Attualmente risultano regolarmente installate, collaudate e funzionanti le macchine per il riscaldamento affidate in comodato gratuito alle quattro aziende pilota.

Terminata la fase di installazione e collaudo, si è proceduto a recepire i dati che le aziende avevano l'impegno di registrare e trasmettere all'IRF e al DIME (UNIGE) per la messa in opera e la verifica della funzionalità e gestione degli impianti.

Il monitoraggio degli impianti è stato effettuato in maniera continuativa e completa.

4. SISTEMA DI MONITORAGGIO DEGLI IMPIANTI



4. SISTEMA DI MONITORAGGIO DEGLI IMPIANTI

Nei paragrafi seguenti verranno descritti nel dettaglio i sistemi di monitoraggio adottati per la registrazione e l'analisi dei dati provenienti sia dagli impianti che dai loro gestori, nonché titolari, delle aziende floricole corrispondenti.

In particolare per ciascun impianto sono stati condotti, ove possibile e ove la strumentazione lo ha permesso, i seguenti quattro tipi di monitoraggio:

- **energetico:** consumi di biomassa nell'unità di tempo, energia prodotta, efficienze di trasformazione;
- **aziendale:** soddisfazione verso la tecnologia, logistica di approvvigionamento, manutenzione impianto;
- **economico:** costo del combustibile, risparmio rispetto al gasolio, ammortamento impianto;
- **ambientale:** analisi della temperatura interna ed esterna alla serra, fermi macchina, interventi manutentivi, pulizie focolare, ceneri prodotte.

E' stato possibile raccogliere i dati sopra citati attraverso due metodi differenti.

Il primo metodo, utilizzato per tutte le aziende floricole, è consistito nella compilazione settimanale di una scheda preventivamente distribuita ai titolari in cui registrare i dati relativi a:

- consumi e tipo di combustibile utilizzato;
- monitoraggio ambientale;
- soddisfazione nei confronti del nuovo sistema di riscaldamento.

Nella figura seguente viene riportata la scheda di monitoraggio consegnata a tutti i titolari delle aziende floricole.

Scheda di monitoraggio caldaie a biomasse fornita alle aziende

MONITORAGGIO SETTIMANALE IMPIANTO A BIOMASSA		nome impianto
		settimana n.
		mese

Monitoraggio del combustibile					
Tipo di biomassa alimentata	consumo settimanale [kg]	contenuto idrico sul t.q. [%]	costo [€/q t.q.]	reperibilità (*)	costo trasporto [€/q t.q.]
tipo 1					
tipo 2					
tipo 3					
tipo 4					
tipo 5					
TOTALE					

(*) facile / difficoltosa / media

Monitoraggio ambientale							
temperatura esterna media giornaliera [°C]	giorno 1	giorno 2	giorno 3	giorno 4	giorno 5	giorno 6	giorno 7
temperatura interna media giornaliera [°C]							
serra 1							
serra 2							
serra 3							
serra 4							
							media

n° fermi macchina settimanali
n° di interventi manutentivi settimanali
n° caricamenti silos settimanali
n° di pulizie focolare settimanali
totale ceneri prodotte settimanalmente [kg]

Monitoraggio soddisfazione (*)	
soddisfazione verso la biomassa utilizzata	motivi
soddisfazione verso il rendimento della macchina	
soddisfazione verso il funzionamento della macchina	
soddisfazione verso il risparmio economico rispetto al gasolio	
soddisfazione verso il reperimento della biomassa	

(*) scarsa / sufficiente / discreta / buona / ottima

Il secondo metodo di acquisizione dei dati è avvenuto tramite accesso remoto, grazie a sistemi di trasmissione presenti presso gli impianti. L'accesso remoto è stato utilizzato per la registrazione e l'elaborazione di tutti i dati legati al funzionamento delle macchine e che saranno presentati nei paragrafi successivi.

Tale sistema di monitoraggio, più dettagliato e preciso del primo, è stato applicabile solo per gli impianti ad acqua calda delle ditte Froling e KWB installati presso le aziende Fazio e Borgna. Le aziende dotate di aerotermini, pertanto, hanno seguito solo il primo metodo di registrazione manuale dei dati.

4.1. SCHEDE DI MONITORAGGIO

La scheda di monitoraggio riportata nella pagina precedente è stata distribuita a tutti i titolari delle aziende floricole usufruttuari della tecnologia ed è suddivisa in 3 sezioni principali di seguito specificate:

- monitoraggio del combustibile
- monitoraggio ambientale
- monitoraggio soddisfazione

4.1.1. MONITORAGGIO DEL COMBUSTIBILE

In questa sezione dovevano essere riportati i consumi settimanali di biomassa impiegata relativamente ad ogni tipologia di materiale combustibile utilizzato, il contenuto idrico (quando determinabile), il costo comprensivo o meno del trasporto e il tipo di reperibilità in una scala crescente da scarsa a ottima.

Questi dati sono necessari da una parte per controllare i consumi di combustibile e dall'altra per determinare le spese di acquisto sostenute e confrontarle con il costo derivante dall'acquisto della quantità di gasolio energeticamente equivalente.

Per quanto riguarda il cippato, a seconda del tipo e dello stato più o meno legnoso del materiale, si può avere un prodotto non sempre standardizzato, con un contenuto idrico variabile. I fornitori di questo prodotto non garantiscono con precisione il contenuto idrico. Per effettuare una misurazione precisa dell'umidità di questo combustibile, è stato necessario acquistare un "misuratore di umidità" per cippato che è stato consegnato con contratto di uso alla ditta Fazio, affinché fossero effettuati gli opportuni rilevamenti.

4.1.2. MONITORAGGIO AMBIENTALE

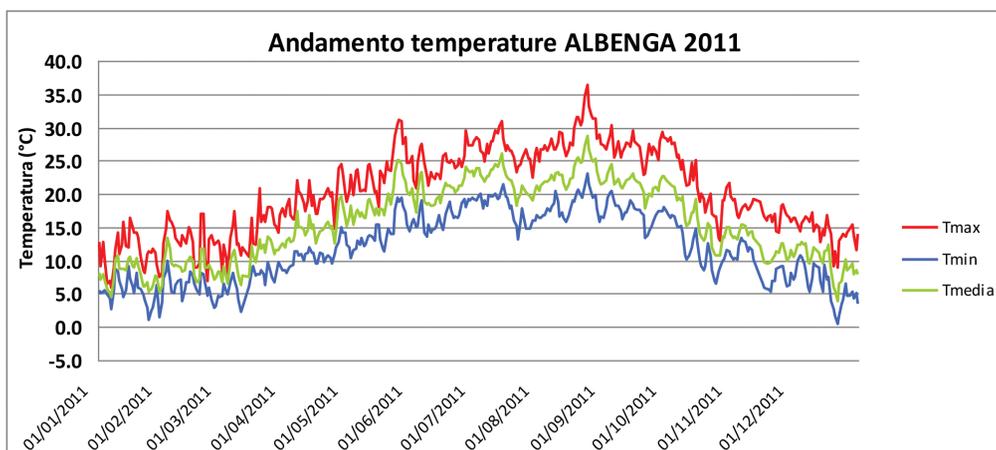
Il monitoraggio ambientale prevede: la registrazione dei dati relativi alle temperature esterne medie giornaliere ed alle temperature interne medie giornaliere di ogni ambiente riscaldato (serra o porzioni di serra); la registrazione del numero di fermi macchina settimanali dovuti a cause non previste o programmate; la registrazione del numero degli interventi manutentivi settimanali programmati o no; la registrazione del numero di caricamenti del silos di biomassa; la registrazione del numero di pulizie settimanali del focolare; il totale delle ceneri prodotte. Tali dati permettono di individuare approssimativamente il calore utilizzato per mantenere le temperature volute all'interno degli ambienti riscaldati in funzione della temperatura media giornaliera.

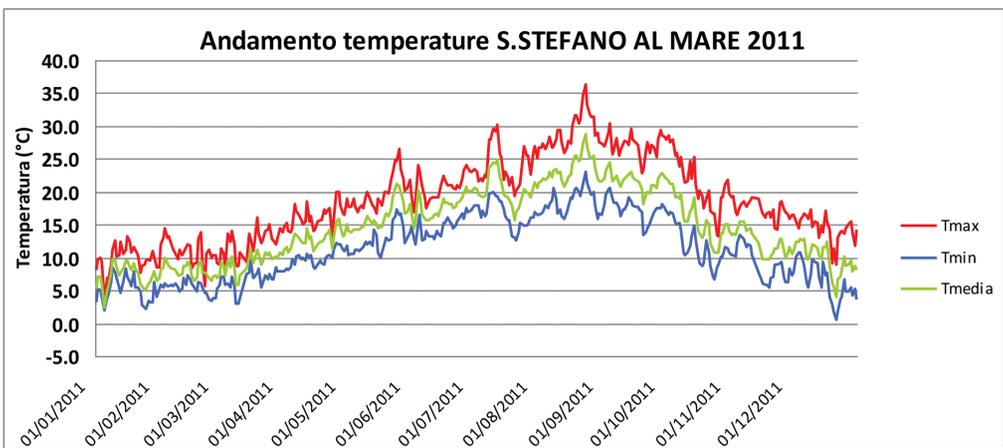
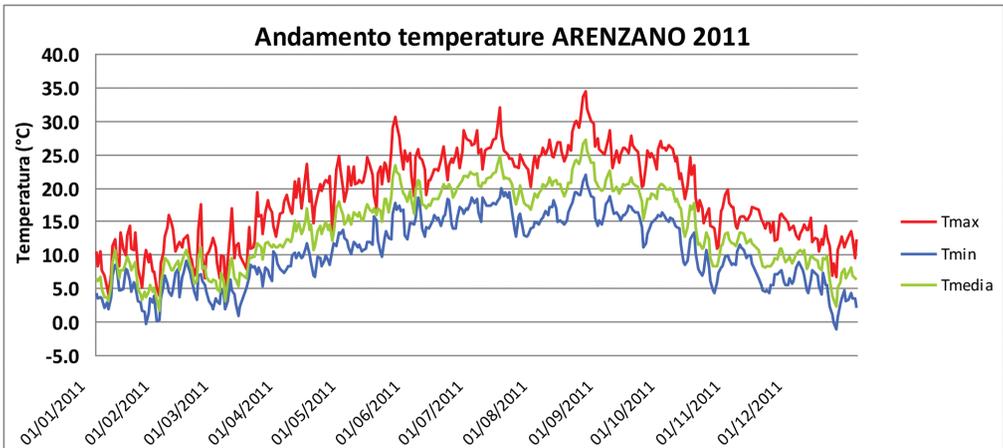
È evidente che diventa necessario valutare accuratamente la necessità di riscaldamento delle serre e curare la coibentazione, per evitare di vanificare o comunque ridurre i vantaggi della trasformazione.

I dati inoltre hanno permesso di avere un'indicazione dell'impegno necessario per la conduzione dell'impianto, della sua affidabilità e del quantitativo di ceneri prodotte al fine di valutarne il loro migliore smaltimento.

Per meglio analizzare il comportamento delle caldaie è stato analizzato l'andamento della temperatura ambientale (max, min, media) rilevata nei diversi comuni in cui sono state installate le caldaie a biomassa.

Andamento delle temperature ambientali presso i comuni delle aziende pilota





FONTE: DATI CAAR (Centro di Agrometeorologia Applicata Regionale – SARZANA)

Come è possibile osservare dai grafici nel mese di gennaio 2011 la temperatura minima non è praticamente mai scesa al di sotto dello zero, in tutti i tre comuni. Il comune di S. Stefano al Mare, seppur con differenze minime, mostra un andamento della temperatura più regolare con minori sbalzi termici nel susseguirsi dei diversi giorni e con divario termico tra massime e minime contenuto; inoltre si può osservare un'evoluzione delle temperature più mite durante i primi mesi dell'anno con minime prossime ai 5°C. Solo nei comuni di Albenga ed Arenzano la temperatura minima rilevata è stata prossima allo zero nel mese di febbraio 2011. Tali temperature sono state comunque al di sopra della media stagionale. Un abbassamento più repentino delle temperature si è avuto durante gli ultimi mesi in cui è stato registrato il picco minimo annuale avvenuto a dicembre.

4.1.3. MONITORAGGIO SODDISFAZIONE

Questo monitoraggio intende verificare il grado di soddisfazione del titolare dell'azienda verso l'impianto in usufrutto. Il passaggio da un impianto alimentato con un combustibile di facile gestione come il gasolio ad un impianto alimentato con un combustibile più impegnativo come la biomassa comporta pro e contro. Sicuramente il vantaggio è rappresentato dal risparmio che il sistema a biomassa può comportare; la gestione e manutenzione dell'impianto, tuttavia, sono onerose in termini di tempo che deve essere devoluto per la coordinazione di una maggiore complessità.

Per raggiungere livelli di resa ottimali sono necessari maggiori interventi di regolazione dei vari parametri di funzionamento anche per minime variazioni delle caratteristiche chimico fisiche della biomassa in ingresso. Soprattutto nelle fasi iniziali è necessario imparare a conoscere la complessità dell'impianto e ad intervenire in maniera corretta sui parametri principali agendo in maniera manuale o utilizzando la logica di automazione in dotazione.

Attraverso la scheda il titolare dell'azienda doveva esprimere il proprio grado di soddisfazione, utilizzando le valutazioni da scarsa a ottima, verso:

- la biomassa utilizzata relativamente alle sue caratteristiche chimico fisiche ed al suo contenuto idrico in quanto parametri influenti sulla qualità della combustione;
- il reperimento della biomassa relativamente alla facilità con la quale è possibile trovarla sul mercato, nonché la facilità con la quale può venire trasportata presso l'impianto e caricata nei silos di stoccaggio;
- il rendimento della macchina inteso come efficienza di conversione a partire dal potere calorifico in ingresso;
- il funzionamento della macchina inteso come funzionamento di tutte le parti meccaniche che gestiscono l'automazione dell'impianto e che possono richiedere frequenti regolazioni o manutenzioni;
- il risparmio economico rispetto al gasolio.

4.2. SISTEMA DI ACQUISIZIONE DEI DATI TRAMITE ACCESSO REMOTO

Relativamente ai soli impianti ad acqua calda e più precisamente all'impianto Froling di Arenzano e quello KWB di Albenga, oltre al monitoraggio descritto nel paragrafo precedente, è stato associato un monitoraggio più accurato in riferimento ai parametri di funzionamento dell'impianto.

Entrambe le caldaie sono infatti dotate di sonde di rilevamento dei parametri principali quali pressioni, temperature, tempi di funzionamento, stati della macchina. Tali valori possono

venire consultati istante per istante, registrati e inviati attraverso una rete internet o GSM ad un terminale remoto. Nei paragrafi seguenti verrà illustrato il funzionamento della tecnologia per il monitoraggio di cui le caldaie sono provviste.

4.2.1. SISTEMA FROLING

L'azienda Froling fornisce un sistema di monitoraggio e controllo dei principali parametri di funzionamento dalla caldaia attraverso l'acquisizione dei dati con sonde di misurazione dislocate in varie zone dell'impianto. Tali valori vengono acquisiti da un software dedicato ed inviati da un sistema di trasmissione dei dati ad un accesso remoto. Il software Froling permette di agire direttamente sulla caldaia andando a modificare stati di funzionamento o aprendo e chiudendo valvole o azionando pompe e motori. Tali operazioni possono essere effettuate anche tramite il comando diretto attraverso l'interfaccia grafica del pannello di controllo posto sulla caldaia. Attraverso l'interfaccia grafica del software Froling si può seguire in tempo reale il funzionamento dell'impianto e verificare il grado di bontà della combustione e dello scambio termico, lo stato di funzionamento, le temperature in camera di combustione e nell'accumulo termico, le temperature di mandate e di ritorno, le temperature dei fumi in uscita lo stato del caricamento della biomassa ed altri parametri di seguito riportati.

La figura seguente mostra la schermata principale del software in cui si possono osservare le varie linee che individuano in tempo reale l'andamento dei parametri controllati.



Schermata del software del sistema Froling

Sul lato destro della schermata è possibile scegliere quale parametro si vuole evidenziare nel grafico i cui valori sono aggiornati ogni 5 secondi; si può inoltre scegliere di vedere l'andamento dei dati su più giorni azionando il tasto zoom. A questa schermata può essere aggiunta una finestra in cui vengono visualizzati per ogni parametro diversi valori: quello corrente, quello selezionato dal cursore, quello massimo e minimo nel giorno corrente, il valore medio nella giornata con gli orari corrispondenti ai quali si riferiscono.

I dati visualizzati vengono anche registrati ad intervalli di tempo regolari e possono essere esportati ed elaborati in un foglio di calcolo per essere utilizzati successivamente.

Altre schermate del programma consentono di visualizzare lo stato di alcuni parametri individuandoli in una rappresentazione schematica della caldaia, di visualizzare l'elenco degli errori che si sono verificati dall'inizio dell'installazione del software, di settare o modificare alcuni parametri quali la temperatura di set-point di caldaia, i tempi di attivazione della coclea di carico, ecc.

Di seguito si riporta l'elenco dei più significativi parametri oggetto di monitoraggio:

- temperatura mandata caldaia: è la temperatura a cui l'acqua esce dallo scambiatore posto in caldaia verso l'accumulo termico
- temperatura ritorno caldaia: è la temperatura alla quale l'acqua ritorna in caldaia dall'accumulo termico
- set-point caldaia: è la temperatura sulla quale si basa la logica di spegnimento della camera di combustione in relazione alle temperature che si hanno all'interno dell'accumulo termico
- temperatura dei fumi in uscita al camino
- caricamento: indica la percentuale di portata trasportata dalla coclea rispetto al pieno carico (100%), si riduce ed aumenta nelle fasi di spegnimento ed accensione
- depressione camera combustione: indica la percentuale di funzionamento rispetto al massimo (100%) del sistema di depressurizzazione della camera di combustione
- aria primaria: indica l'andamento in termini percentuali dell'aria comburente primaria rispetto al massimo in condizioni di erogazione di massima potenza
- ossigeno residuo: indica la percentuale di ossigeno presente nei fumi della combustione
- temperatura camera di combustione
- aria secondaria: indica l'andamento in termini percentuali dell'aria comburente secondaria rispetto al massimo erogabile

- soffiante: indica la percentuale di portata rispetto alla portata massima che viene ricircolata in camera di combustione per aumentare l'efficienza dello scambio termico o per diminuire la temperatura in caso di picchi eccessivi
- temperatura accumulo superiore: registra la temperatura della parte alta dell'accumulo termico
- temperatura accumulo inferiore: registra la temperatura della parte bassa dell'accumulo termico

4.2.2. SISTEMA KWB

Il sistema di trasmissione dati a distanza della caldaia KWB ha previsto l'intervento dell'azienda esterna Computherm di Torino. La caldaia KWB non è dotata di trasmissione dei dati a distanza ed è stato quindi necessario creare un sistema ad hoc in grado di acquisire i dati grezzi della caldaia, elaborarli in formato grafico e trasmetterli ad un accesso remoto.

Dopo un'accurata indagine di mercato ci si è rivolti all'azienda Computherm di Torino, specializzata nella trasmissione a distanza di segnali di ogni tipo e nella creazione di software di interfaccia per la gestione in remoto di impianti per la produzione di energia.

Utilizzando le varie sonde presenti sull'impianto installate direttamente da KWB, la Computherm si è fatta carico di acquisire il segnale e di trasmetterlo a distanza attraverso un modem GSM, creando un software ad hoc ed un sinottico che permette all'operatore collegato di intervenire a distanza sulla caldaia o semplicemente controllarne il funzionamento. Il software utilizzato è costituito da uno schema sinottico (creato dal programma EDITSIN) animato ed interattivo, che rappresenta gli organi controllati dell'impianto, e da una serie di strumenti (attivati tramite pulsanti virtuali) con cui agire su di essi.

Le funzioni eseguibili dall'operatore sono così riassumibili:

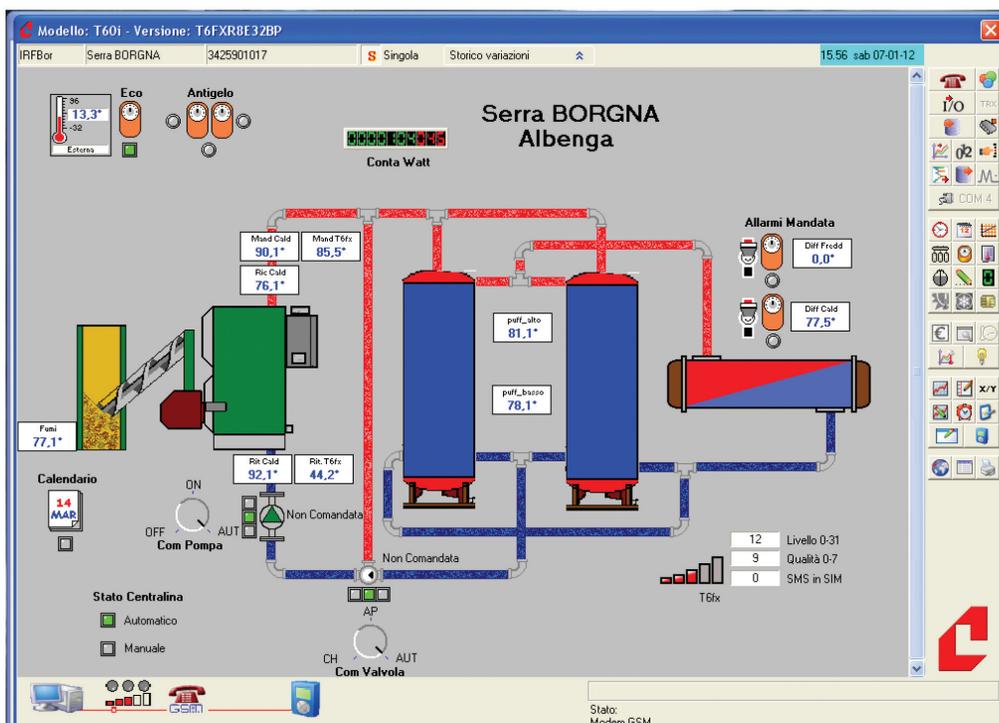
- collegamento in tempo reale ad una periferica con visualizzazione su schema sinottico
- modifica dei parametri funzionali
- esame ed elaborazione dei dati storici raccolti

Sono inoltre possibili operazioni di sistema, quali:

- lettura/scrittura dati tra periferiche ed unità centrale
- tarature ed impostazioni iniziali

- installazione di programmi di regolazione locale delle periferiche (creati col programma FLOW)
- definizione/modifica di schemi sinottici
- definizione/modifica segnalazioni di allarme
- definizione/modifica delle registrazioni storiche dei dati rilevati
- modifica delle password di accesso
- modifica delle modalità di connessione remota

Di seguito si può osservare la schermata principale del quadro di monitoraggio remoto (sinottico).



Schermata del software del sistema Computer

Attraverso il sinottico è possibile seguire in tempo reale l'andamento dei parametri dell'impianto oppure collegarsi sporadicamente per conoscere le condizioni in un dato momento. E anche possibile impostare la registrazione dei dati, ad intervalli di tempo programmati, in un "buffer" che periodicamente deve essere svuotato; è necessario quindi collegarsi per scaricare i dati registrati. Il collegamento in remoto avviene tramite rete GSM con due sim collocate in due modem posti uno in caldaia ed uno presso il computer ricevente i dati.

I parametri monitorati attraverso questo sistema sono:

- temperatura di mandata caldaia
- temperatura di ritorno caldaia
- temperatura superiore dell'accumulo termico
- temperatura inferiore dell'accumulo termico
- temperatura dei fumi
- temperatura della mandata all'utenza
- temperatura del ritorno dall'utenza

5. MONITORAGGIO DELLE
AZIENDE



5.1. AZIENDA GIORGIO ENRICO

Presso l'azienda floricola Giorgio Enrico a Bastia di Albenga è stato installato un aerotermo da 190.000 kcal/h per il riscaldamento di una serra della superficie di circa 1.000 m² in sostituzione di 3 aerotermi a gasolio dislocati in varie zone della stessa. E' stato installato un sistema di distribuzione dell'aria calda generata attraverso una canalizzazione di materiale plastico. L'impianto è dotato di un silos di alimentazione dedicato, del volume di 550 litri. Come successivamente documentato dalle schede di monitoraggio il combustibile utilizzato prevalentemente per l'alimentazione della caldaia è stato il pellet.

La fotografia seguente mostra l'impianto come risultava subito dopo l'installazione ed il suo collaudo avvenuti il 22 novembre 2010. L'impianto è dotato di un sistema di controllo automatico e manuale che gestisce l'accensione e lo spegnimento della macchina in funzione della temperatura voluta in serra, regola automaticamente l'afflusso del combustibile nella camera di combustione e l'estrazione delle ceneri prodotte.

Le specie floricole prevalentemente coltivate all'interno della serra sono state: stelle di Natale, ortensie ed altre specie da vaso.



Bruciatore a biomassa presso l'azienda Giorgio Enrico

5.1.1. MONITORAGGIO DEL COMBUSTIBILE

Le settimane del monitoraggio sono state dalla 42 alla 50 dell'ultima stagione di riscaldamento (dal 17 ottobre al 18 dicembre 2011) per un totale di 63 giorni. L'autunno 2011 si è rivelato particolarmente caldo rispetto allo stesso periodo di anni precedenti il che spiega l'utilizzo del riscaldamento solo a partire dalla metà del mese di novembre.

Il consumo di **pellet** delle nove settimane è stato di 24,8 tonnellate per una **spesa totale** di circa **5.800 €**, considerando una spesa costante di 23,5 €/q pagata settimanalmente.

Mediamente il consumo a settimana avvenuto nel periodo considerato è stato di circa 2,76 tonnellate per una spesa di circa 650 €.

Nel grafico seguente è riportato l'andamento dei consumi di pellet nel corso delle 9 settimane di monitoraggio nei mesi invernali del 2011.

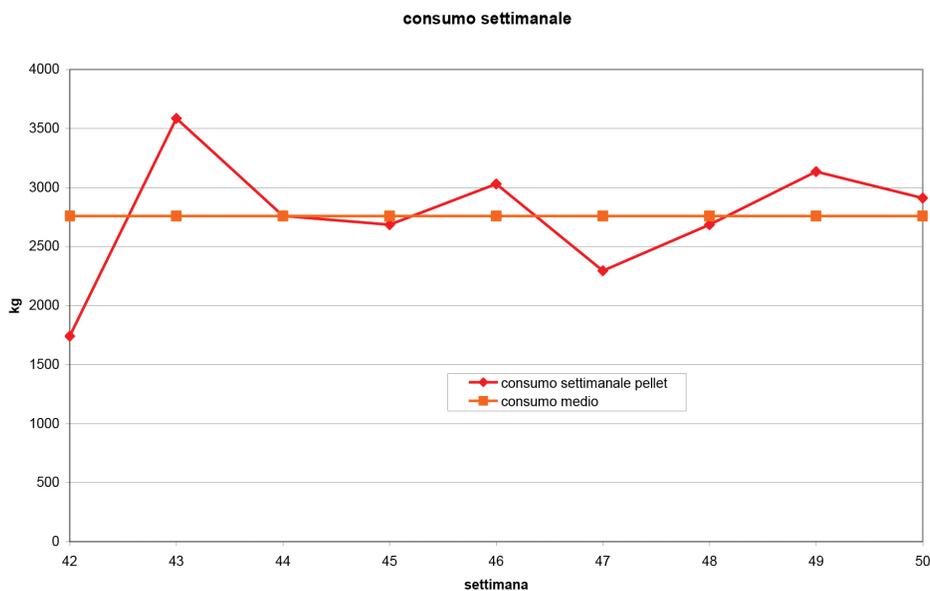


Grafico sul consumo del pellet (kg/settimana) – Anno 2011

Come si può notare, la settimana 43 è stata quella con il maggiore consumo di combustibile (3.585 kg) con un conseguente scostamento dalla media del periodo ed una notevole differenza rispetto alla settimana precedente. Queste differenze sono dovute ad una molteplicità di fattori di cui risulta difficile quantificarne il peso, come le condizioni ambientali esterne, le ore di insolazione, le frequenze e la durata dell'apertura degli sportelli di aerazione.

Considerando il potere calorifico che può produrre il combustibile pellet (4 kWh/kg) si ottiene un valore della energia disponibile in partenza nell'intero periodo di riscaldamento pari a 99.300 kWh. Considerando un rendimento di combustione pari al 90% ed un coefficiente di scambio termico aria/gas pari all'80% si ottiene un rendimento dall'energia chimica contenuta nel combustibile e disponibile per il riscaldamento della serra pari a 69.510 kWh.

Si può quindi calcolare il costo di ciascun kilowattora che effettivamente viene impiegato per il riscaldamento, che risulta pari a **0,083 €/kWh**.

E' stata monitorata anche la reperibilità del combustibile che è sempre stata ritenuta media in una scala che comprendeva anche facile e difficile.

5.1.2. MONITORAGGIO DELLA CALDAIA

Il monitoraggio della caldaia ha previsto il controllo del corretto funzionamento della macchina e del numero degli interventi da parte del conduttore. Si sono monitorati quindi il numero dei caricamenti settimanali del silos, il numero delle pulizie del focolare, il numero di fermi macchina, degli interventi manutentivi ed il quantitativo di ceneri prodotte.

Il dato più significativo è che non si sono verificati fermi macchina dovuti a guasti durante tutto il periodo di monitoraggio. Sono invece stati effettuati due interventi manutentivi alla settimana nei quali sono stati registrati i parametri di funzionamento e controllate le funzionalità del sistema di carico e dello scambio termico. In linea con gli andamenti dei consumi sono stati effettuati i caricamenti del silos e le pulizie del focolare; nel grafico seguente sono riportati gli andamenti settimanali di questi due parametri.

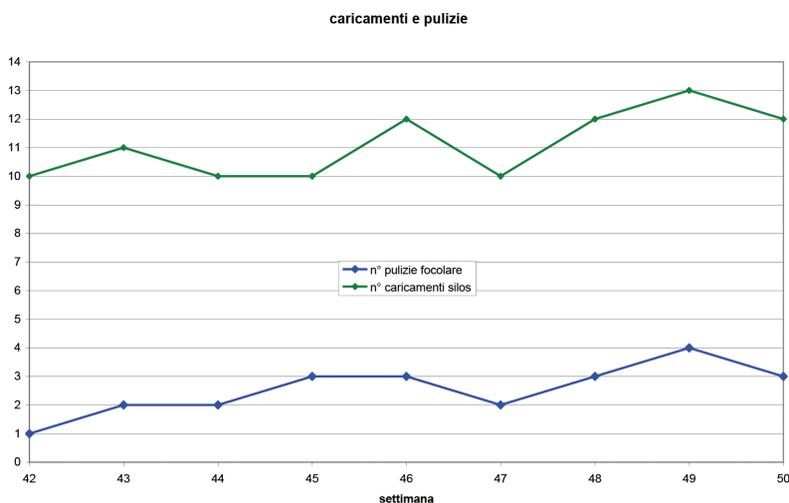


Grafico sul numero di interventi per caricamenti silos e pulizia focolare – Anno 2011

Il numero di caricamenti del silos è strettamente correlato con il consumo di combustibile, con lievi scostamenti rispetto alle settimane di picco di quest'ultimo; il caricamento del pellet si effettua manualmente e può avvenire anche con il silos non completamente vuoto. Anche il consumo di ceneri, presenta lo stesso andamento del consumo di combustibile. Associando questi parametri si può calcolare il contenuto di ceneri, che risulta essere mediamente pari all'1,5% rispetto al peso del pellet.

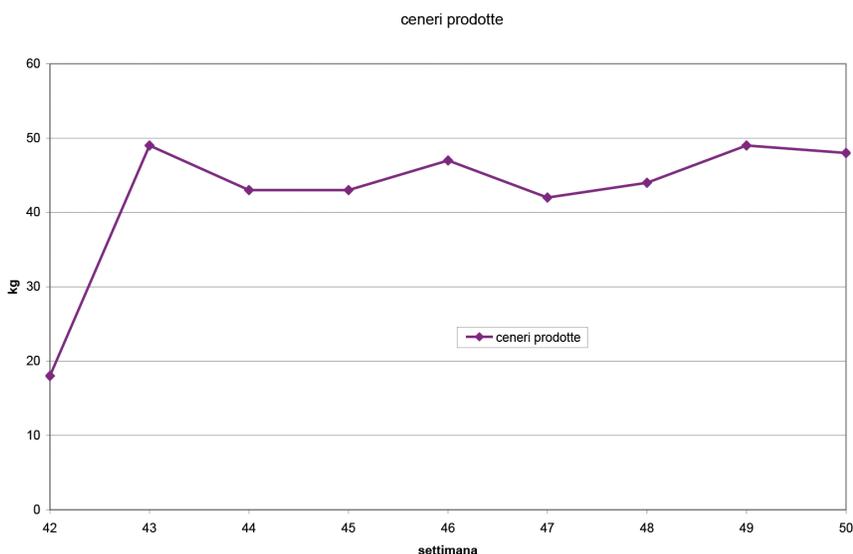


Grafico delle ceneri prodotte durante la combustione (kg/settimana) – Anno 2011

5.1.3. MONITORAGGIO DELLA SODDISFAZIONE

La scheda di monitoraggio soddisfazione come descritto nei paragrafi precedenti aveva lo scopo di registrare il gradimento dell'usufruttuario dell'impianto nei confronti di:

- biomassa utilizzata;
- funzionamento della macchina;
- rendimento della macchina;
- risparmio economico rispetto al gasolio;
- reperimento della biomassa.

Per ciascuna delle voci poteva essere espresso un giudizio tra: scarsa, sufficiente, discreta, buona, ottima. I risultati del monitoraggio mostrano un giudizio buono per tutte le voci riportate, salvo un giudizio discreto per la voce funzionamento della macchina nelle settimane legato alle settimane 42 e 43.

5.1.4. MONITORAGGIO DEL GASOLIO

Attraverso i dati di consumo e di spesa per l'acquisto della biomassa e i dati relativi all'energia impiegata per il riscaldamento della serra è possibile calcolare il risparmio ottenuto rispetto all'uso del gasolio per ottenere un pari quantitativo di energia fornita.

Dal paragrafo 5.1.1 la quantità di energia fornita nelle nove settimane è stata pari a 69.510 kWh. Un pari quantitativo di energia poteva essere fornito attraverso termo convettori alimentati a gasolio. Ipotizzando un rendimento globale dei termoconvettori a gasolio dell'85% rispetto all'energia chimica contenuta nel combustibile si ottiene un valore dell'energia in ingresso pari a 81.776 kWh corrispondente a 294.395 MJ.

Considerando il potere calorifico del gasolio pari a 11,7 kWh/kg possiamo stabilire che sono necessari circa 6.990 kg di gasolio per ottenere la stessa energia della biomassa corrispondenti a 8.421 litri (considerando una densità di 0,83 kg/dm³). Considerando ora un prezzo del **gasolio** per riscaldamento pari a 1,32 €/l si otterrebbe una spesa pari a **11.115 €**.

Data la spesa per l'acquisto del **pellet** di **5.800 €**, il **risparmio** rispetto al gasolio risulta quindi essere **5.315 €** in nove settimane pari a circa 590€ alla settimana. Considerando tale valore si osserva che l'uso del pellet ha permesso di dimezzare il costo del combustibile.

Da questi risultati emerge inoltre che sono necessari quasi tre chili di pellet per eguagliare un litro di gasolio a causa dei diversi poteri calorifici e del più basso rendimento dell'impianto a biomassa.

L'impianto è asservito ad una superficie di serre di circa 1350 m² ed è stato montato in sostituzione di più caldaie a gasolio di potenza complessiva pari a 330.000 kcal/h. E' stata mantenuta come caldaia ausiliaria una caldaia a gasolio che interviene in tutti i casi di fermo della caldaia a biomassa programmati per manutenzione o intervenuti per guasto.

Come precedentemente specificato il monitoraggio del funzionamento dell'impianto è avvenuto attraverso la compilazione manuale delle schede illustrate nel paragrafo 4.1 e attraverso l'acquisizione dei dati dalle sonde presenti attraverso l'hardware ed il software forniti dall'azienda stessa.

La specie coltivata è stata prevalentemente l'orchidea e la superficie interessata è stata suddivisa in tre diverse serre aventi una superficie di 800, 350 e 200 m².

5.2.1. MONITORAGGIO DEL COMBUSTIBILE

La raccolta dati è avvenuta nell'ultima parte della stagione di riscaldamento 2010/2011 e nella prima parte della stagione 2011/2012.

Come materiale combustibile per l'alimentazione dell'impianto sono stati utilizzati: cippato di castagno e gusci di nocciola. L'utilizzo di questi due materiali ha permesso di comparare il comportamento della macchina in diverse condizioni di alimentazione.

Le settimane in cui è stato utilizzato cippato di castagno sono state dalla 6 alla 12 del 2011 e (dal 7 febbraio al 27 marzo 2011), mentre le settimane in cui sono stati utilizzati i gusci di nocciola sono state dalla 43 alla 52 (dal 24 ottobre al 31 dicembre 2011).

Il grafico seguente mostra i consumi di **cippato di castagno** avvenuti nella prima parte della stagione di riscaldamento. La media dei consumi è stata di circa 4.150 kg per sette settimane per un consumo globale pari a 29 tonnellate.

Il costo per l'acquisto del combustibile compreso di trasporto e IVA si è mantenuto costante e pari a 12,5 €/q; la spesa totale sostenuta per l'acquisto del combustibile è stata quindi di 3.625 € pari a circa 518€ a settimana.

Il contenuto idrico del cippato utilizzato è stato mediamente intorno al 35%; questo comporta un potere calorifico del combustibile pari a circa 11.500 kJ/kg equivalenti a 3,2 kWh/kg.

L'energia disponibile in partenza nel combustibile è quindi risultato essere 92.800 kWh per il periodo delle sette settimane. Applicando a questo valore il rendimento di combustione tipico della caldaia che considera la presenza di incombusti, la dispersione del calore attraverso le pareti, la temperatura dei fumi in uscita e l'efficienza dello scambiatore termico fumi/acqua, si può assumere indicativamente una resa pari all'80%.

Si ottiene quindi un valore del calore disponibile trasferito all'utenza di circa 74.240 kWh corrispondenti a 10.605 kWh a settimana. La spesa sostenuta quindi, per ogni kilowattora trasmesso all'utenza, può essere valutata intorno a **0,048 €/ kWh**.

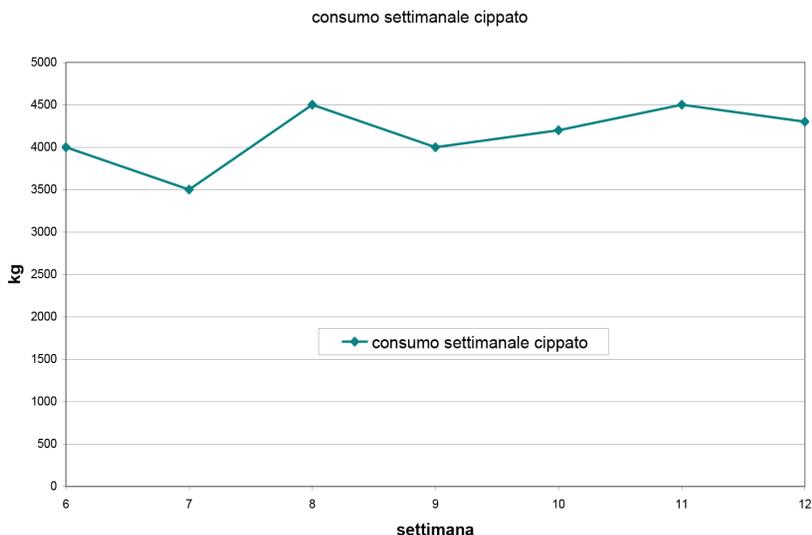


Grafico sul consumo del cippato (kg/settimana) - Anno 2011

Il grafico seguente mostra invece i consumi di **gusci di nocciola** avvenuti nella prima parte della stagione in corso. Sono stati consumati 22.000 kg di materiale combustibile in dieci settimane, con una media di 2.200 kg alla settimana.

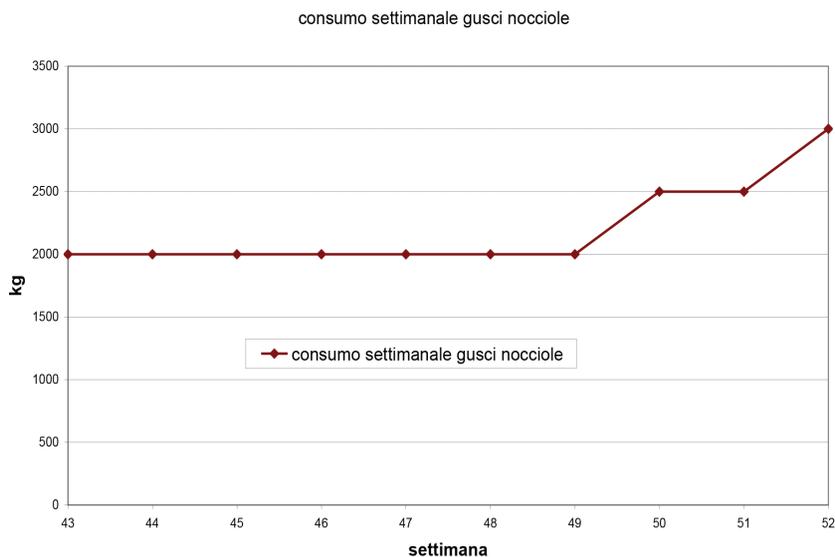


Grafico sul consumo di gusci di nocciola (kg/settimana) - Anno 2011

Il costo per l'acquisto del materiale, comprensivo di trasporto ed IVA, si è mantenuto costante e pari a 17€/q; la **spesa totale** per l'acquisto di tale quantità di combustibile è stata quindi pari a **3.740 €** pari a 374 € a settimana. Il contenuto idrico del materiale utilizzato è stato mediamente del 13%, corrispondente ad un potere calorifico inferiore stimabile intorno ai 17.000 kJ/kg, equivalenti a 4,72 kWh/kg. In totale, quindi, la quantità di energia presente in partenza nel materiale consumato, nelle dieci settimane, è stata di 103.840 kWh. Applicando, come nel caso precedente, un rendimento globale di conversione dell'80%, si ottiene un valore dell'energia trasmessa all'utenza pari a 83.072 kWh, corrispondenti a 8.307 kWh a settimana.

La spesa sostenuta quindi, per ogni kilowattora erogato all'utenza, è risultata essere pari a **0,045 €/ kWh**.

Confrontando i consumi settimanali dei due periodi si può facilmente notare il maggior consumo specifico del cippato rispetto ai gusci di nocciole; questo è dovuto da un lato ad un periodo invernale leggermente più rigido, e dall'altro ad un potere calorifico dei gusci di nocciole nettamente superiore.

Nel mese di ottobre è stata aumentata la richiesta di calore per l'aggiunta una nuova utenza corrispondente ad una serra con superficie di 200 m². Si può quindi calcolare il consumo settimanale al m² che si è avuto nei due periodi di riscaldamento. Per ciascuna delle sette settimane di utilizzo del **cippato** la superficie riscaldata è stata di circa 1.150 m², con un **consumo** di 13.260 kWh a settimana (considerando l'energia chimica in ingresso), corrispondenti a **11,53 kWh/m²**. Per ciascuna delle dieci settimane di utilizzo dei **gusci di nocciola**, la superficie riscaldata è stata invece di circa 1.350 m², con un **consumo** di 10.384 kWh a settimana (considerando l'energia chimica in ingresso), corrispondenti a **7,69 kWh/m²**.

Risulta chiaro come il maggiore potere calorifico dei gusci di nocciole incida notevolmente sui consumi, e quindi sulla spesa, nonostante il costo più elevato per unità di peso. Inoltre, come verrà meglio specificato più avanti, si possono avere ulteriori margini di miglioramento, utilizzando i gusci di nocciole, con una regolazione migliore della macchina che consenta di sfruttare al meglio l'energia ceduta (es. abbassando la temperatura dei fumi in uscita). Per contro questo materiale più secco e polverulento, ha creato maggiori problematiche dal punto di vista manutentivo, richiedendo più frequenti pulizie della camera di combustione. Nel complesso delle 17 settimane di funzionamento sono state consumate 51 tonnellate di biomassa corrispondenti ad una spesa di circa 7.365 € e ad una spesa settimanale di quasi 435€.

5.2.2. MONITORAGGIO DELLA CALDAIA

E' possibile avere un monitoraggio della caldaia più accurato rispetto al solo utilizzo dei dati provenienti dalle schede di monitoraggio, attraverso la consultazione dei dati provenienti dal sistema di gestione e controllo della Froling.

Da quanto si evince dalle schede di monitoraggio, durante le 17 settimane di funzionamento, l'impianto ha subito solo un arresto, nella settimana 7, dovuto ad un intervento di pulizia straordinario. Sempre nello stesso periodo si è avuto un solo intervento manutentivo all'inizio della stagione; tale intervento, realizzato dai tecnici Froling, è stato uno dei due interventi di manutenzione inclusi nel contratto di vendita e locazione.

Si è proceduto allo svuotamento dell'impianto lato caldaia, alla pulizia della camera di combustione e dello scambiatore a tubi di fumo, al controllo di tutte le parti meccaniche e dei motori associati a quelle in movimento, al controllo delle pompe di circolazione e di anticondensa, delle valvole, delle sonde di temperatura, del sistema antincendio e del sistema di regolazione della quantità di ossigeno nei fumi della combustione. In particolare, è stata sostituita la sonda lambda con un modello più recente ed è stato sostituito il motorino di movimentazione dei turbolatori per la pulizia dei tubi di fumo, per un problema che era stato riscontrato in precedenza.

In previsione della sostituzione del materiale combustibile (dal cippato di castagno ai gusci di nocciole) sono stati sostituiti i barotti della griglia mobile e sono stati apportati cambiamenti alla velocità della coclea di approvvigionamento del materiale e alla quantità di aria comburente in camera di combustione. In particolare è stata sostituita la griglia mobile in ghisa, adatta per un combustibile ad alto contenuto idrico, con una griglia mobile in lega resistente alle maggiori temperature sviluppate dai gusci di nocciola con basso contenuto idrico.

Durante tutto il periodo di funzionamento (17 settimane) sono state effettuate 11 pulizie del focolare: 2 durante il periodo di funzionamento a cippato e 9 durante il periodo di funzionamento con gusci di nocciole. La maggior frequenza degli interventi di pulizia relativamente al secondo periodo, è da attribuire alla formazione di residui solidi incrostanti formati dalla miscela solidificata tra ceneri ed incombusti che si sono depositati sulle pareti della camera di combustione. Inoltre, la porzione polverulenta del materiale, può provocare rammollimento

delle ceneri e loro successiva solidificazione, causando la non completa combustione dei gusci. Sono stati effettuati 14 caricamenti del silos, utilizzando il cippato di castagno e solo 3 durante il funzionamento con gusci di nocciole.

Ogni carico di cippato approvvigionava infatti al max 6 m³ (circa 20 quintali) di materiale, per un totale di 290 quintali; ogni carico di gusci di nocciole ha approvvigionato invece circa 80 quintali al viaggio per un totale di 240 quintali. Per diverse problematiche tecniche, legate a difficoltà incontrate nell'attrezzare il sistema di trasmissione a distanza dei dati, si è potuto utilizzare il sistema di monitoraggio telematico della ditta Froling solo alla fine del 2011.

Questo ha permesso di ricevere i dati a distanza attraverso un software. È stato possibile leggere e monitorare le temperature più significative della parte dell'impianto comprendente caldaia ed accumulo termico.

Nei momenti in cui l'utenza richiede calore, questo viene fornito dall'accumulo termico (puffer), oppure direttamente dalla caldaia, nel caso in cui l'accumulo termico sia troppo freddo e non possieda l'energia richiesta. L'impianto è programmato per fare in modo che l'accumulo termico abbia sempre l'energia pronta per essere utilizzata, al fine di ridurre al minimo le accensione e spegnimenti della caldaia.

In questo modo la caldaia ha tre stati di funzionamento:

- l'accumulo è carico di energia e l'utenza non richiede calore o lo sta prelevando dall'accumulo, la caldaia è spenta;
- quando l'accumulo è freddo e l'utenza non necessita calore, la caldaia si accende per riscaldare l'accumulo;
- quando l'accumulo è freddo e l'utenza richiede energia, la caldaia è accesa per riscaldare l'accumulo e oltre che l'utenza.

A differenza del monitoraggio avvenuto attraverso le schede consegnate, la registrazione dei dati si è protratta fino ai primi giorni di gennaio.

Nei grafici successivi sono riportati a titolo di esempio, per alcuni giorni dell'anno, gli andamenti delle temperature nell'arco delle 24 ore di funzionamento dei seguenti parametri:

- temperatura della camera di combustione
- temperatura fumi in uscita

- temperatura mandata caldaia
- temperatura ritorno caldaia
- temperatura accumulo superiore
- temperatura accumulo inferiore

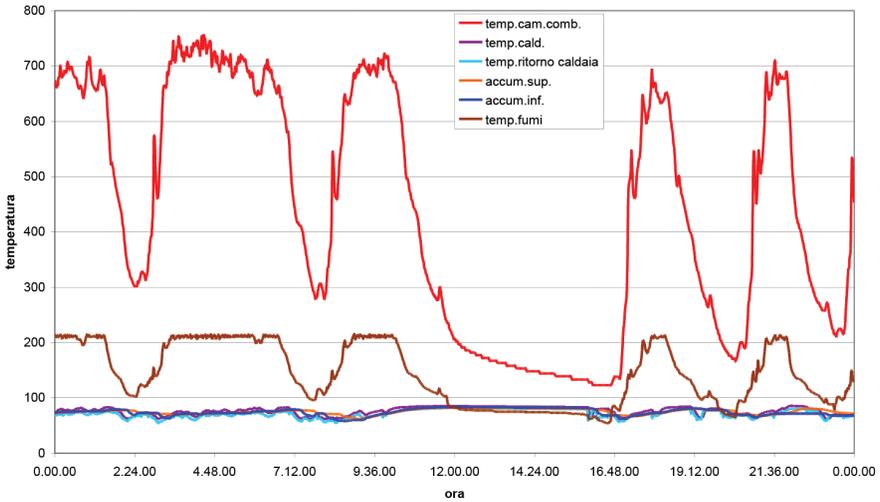
Nelle pagine successive, nei grafici in alto vengono rappresentate tutte le curve contemporaneamente; si può, ben notare la stretta correlazione tra la temperatura della camera di combustione e la temperatura dei fumi in uscita dal camino. In basso invece vengono rappresentate le curve relative al circuito dell'acqua: la temperatura di mandata e ritorno in caldaia, e la temperatura delle parti superiore ed inferiore dell'accumulo termico; viene inoltre riportata la temperatura esterna ambientale.

Nel corso di ciascuna giornata, la caldaia ha diverse accensioni e spegnimenti, in funzione delle temperature da mantenere all'interno delle serre e della temperatura esterna. È possibile osservare come nelle ore più calde della giornata la caldaia risulta spenta. In queste ore le temperature di mandata e ritorno in caldaia e della parte alta e bassa del puffer, risultano particolarmente alte e tutte livellate intorno agli **80 °C**.

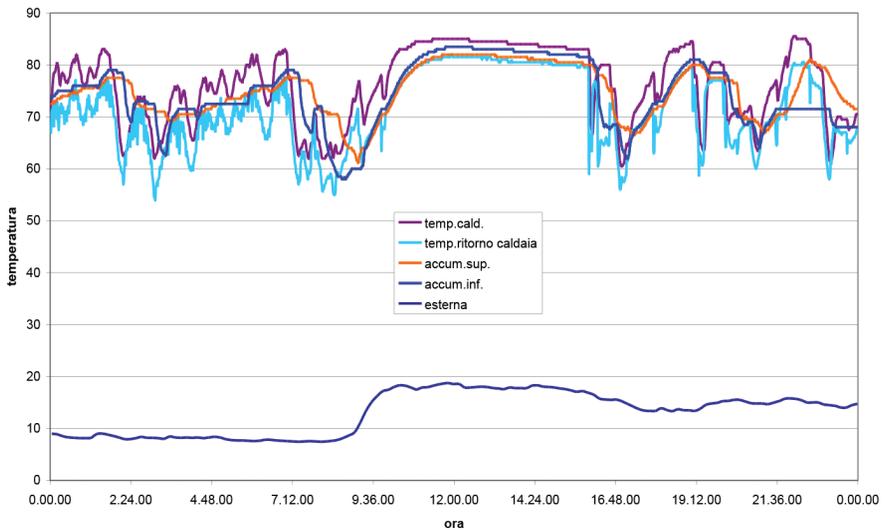
Dai grafici si nota inoltre che nei momenti di funzionamento a regime, in cui la temperatura della camera di combustione raggiunge i valori più alti, i fumi al camino raggiungono una temperatura che supera i 200°C. Questa temperatura è eccessiva alta e indica un non perfetto ed efficiente scambio termico tra i fumi e l'acqua di riscaldamento; sarebbe quindi necessario effettuare opportune regolazioni all'impianto per favorire il rendimento della macchina.

In tutti i grafici si può notare come, nella parte centrale della giornata, tutte le temperature tocchino il massimo in corrispondenza delle ore più calde; in questo momento l'apporto termico richiesto dalle utenze è minimo e la caldaia è spenta o in fase di spegnimento. L'eventuale calore richiesto verrebbe fornito direttamente dall'accumulo termico. Quando l'utenza inizia a richiedere calore, le temperature di mandata e di ritorno scendono e il calore viene prelevato dalla parte inferiore dell'accumulo; al diminuire della temperatura avviene il comando di accensione della caldaia. La caldaia rimane accesa fino a riportare le temperature all'interno dell'accumulo al loro livello iniziale, cedendo contemporaneamente parte del calore direttamente alle utenze, essendo posta in parallelo con l'accumulo termico.

23/12/11



23/12/11

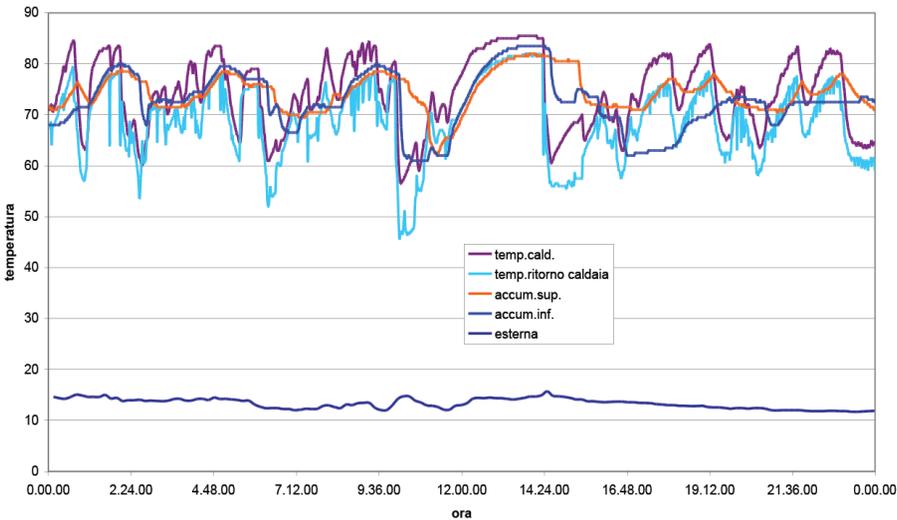
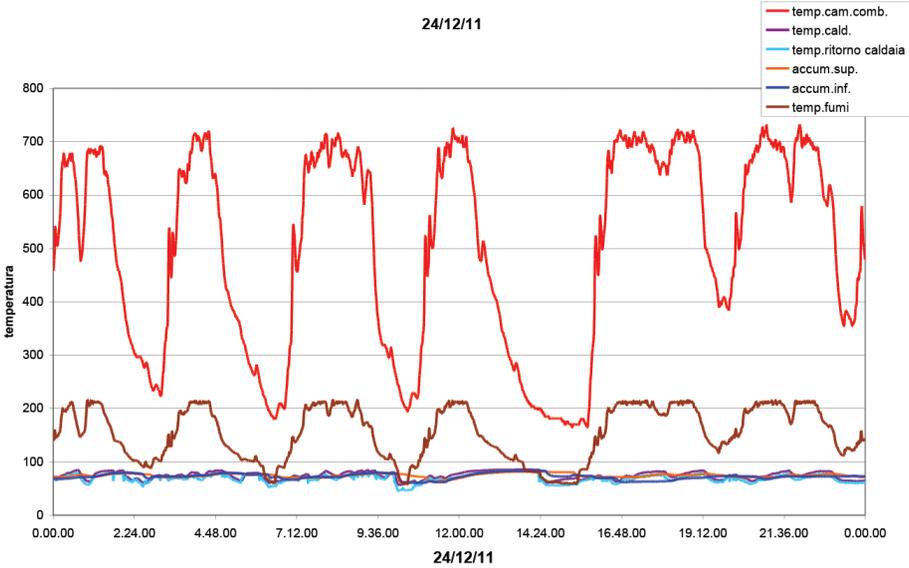


Grafici sull'andamento delle temperature di funzionamento dell'impianto – 23/12/2011

Nella giornata del 23/12/2012, come è possibile osservare dal grafico in alto, la temperatura della camera di combustione presenta dei picchi che sono legati ai periodi di accensione della caldaia. Le linee sottostanti rappresentano l'andamento della temperatura dell'acqua nell'impianto durante l'arco della giornata. Per meglio comprendere tale andamento, comparando i due grafici, è possibile osservare che l'accensione è legata alla temperatura dell'ambiente esterno. Quando questa aumenta, la caldaia si arresta e così anche la distribuzione dell'acqua calda all'utenza. La temperatura dell'acqua nell'impianto si mantiene quindi decisamente calda

all'interno dell'accumulatore e della caldaia. L'andamento altalenante delle linee nel grafico in basso rappresenta la variazione della temperatura in seguito alla distribuzione dell'acqua calda nell'impianto; l'acqua tende a raffreddarsi in seguito alla cessione del calore all'interno delle serre.

Nella successiva giornata del 24/12/2012, viste le temperature ambientali mediamente più ridotte, la richiesta di acqua calda per il riscaldamento è più frequente, ed ha comportato un accensione/spengimento della caldaia più frequente durante l'arco della giornata.



Grafici sull'andamento delle temperature di funzionamento dell'impianto – 24/12/2011

5.2.3. MONITORAGGIO DELLA SODDISFAZIONE

La scheda di monitoraggio della soddisfazione, come descritto nei paragrafi precedenti, aveva lo scopo di registrare il gradimento dell'usufruttuario dell'impianto riguardo a:

- biomassa utilizzata;
- funzionamento della macchina;
- rendimento della macchina;
- risparmio economico rispetto al gasolio;
- reperimento della biomassa.

Rispetto a ciascuna delle voci poteva essere espresso un giudizio tra: scarso, sufficiente, discreto, buono, ottimo. Nei grafici seguenti vengono riportati gli andamenti di tali giudizi di gradimento per ciascuna delle voci sopra riportate, associando a ciascun giudizio da scarso a ottimo un numero crescente da 1 a 5.

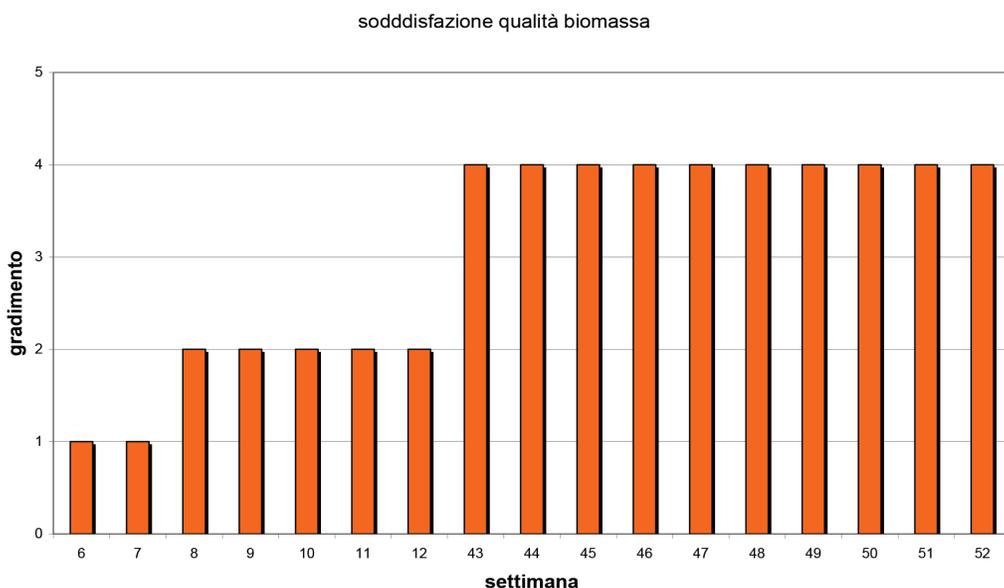


Grafico riferito alla soddisfazione sulla qualità della biomassa utilizzata – Anno 2011

Nel grafico precedente si vede come sia aumentato, in generale, nel tempo il gradimento verso il nuovo combustibile utilizzato, forse anche per una iniziale diffidenza o cautela ed una progressiva dimestichezza con il materiale e con il funzionamento della macchina; una volta superati i primi dubbi e le iniziali perplessità, il gradimento verso l'impianto, in generale, tende

a salire. Si nota, comunque, il maggiore gradimento verso i gusci di nocciola rispetto al cippato di castagno che compensano il prezzo più alto con un maggior potere calorifico e facilità di trasporto e stoccaggio, nonostante la resa non sia ancora ottimale.

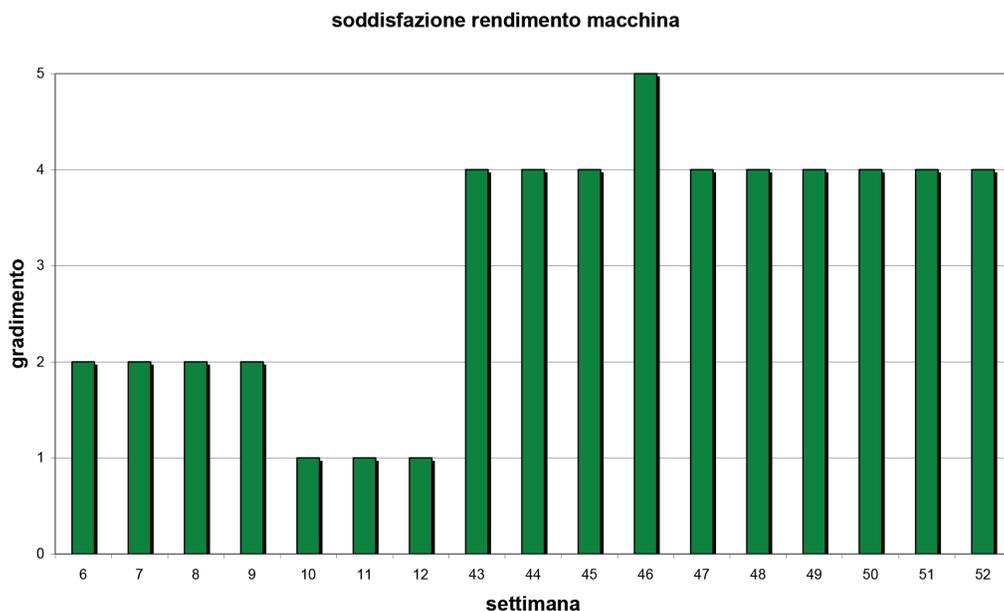


Grafico riferito alla soddisfazione sul rendimento della caldaia – Anno 2011

Anche la soddisfazione nei confronti del rendimento della macchina è stata altalenante nel tempo mantenendosi ad un basso livello per quanto riguarda l'utilizzo del cippato ma crescendo decisamente con l'utilizzo dei gusci di nocciole. In generale, è stata riportata una difficoltà iniziale nella taratura della macchina e nel momento del cambio di combustibile.

Il livello di soddisfazione verso il funzionamento generale dell'impianto, mostrato nel grafico successivo, si è mantenuto sempre piuttosto alto.

Anche in questo caso si può notare come, in entrambi i periodi di monitoraggio, dopo un primo momento iniziale di settaggio e regolazione, si è passati ad un giudizio ottimo nei confronti del funzionamento della macchina.

soddisfazione funzionamento macchina

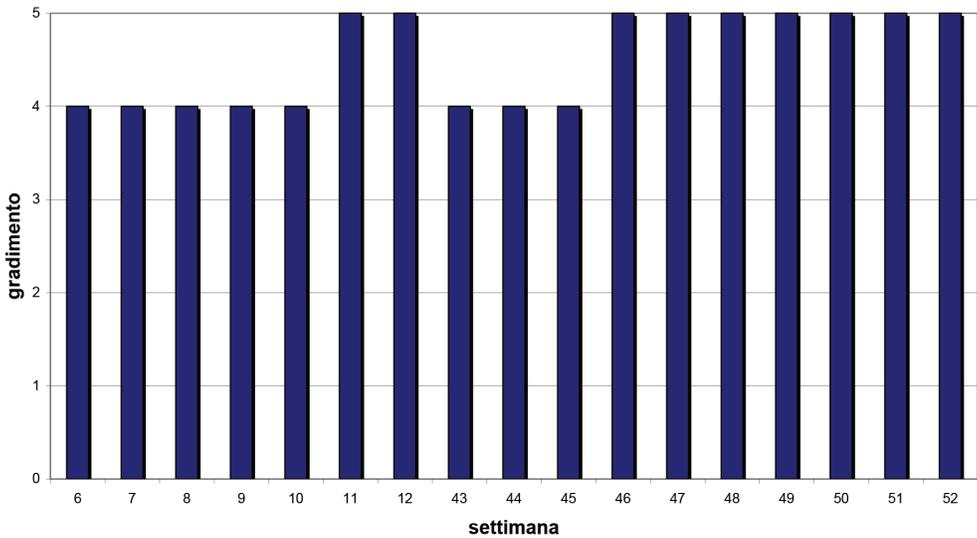


Grafico riferito alla soddisfazione globale del funzionamento della caldaia – Anno 2011

Riguardo al reperimento del combustibile, la scheda dimostra come sia stato più semplice il recupero dei gusci di nocciole piuttosto che quello del cippato di castagno. Il motivo è legato principalmente ad una maggiore sicurezza e costanza di approvvigionamento da parte dell'azienda fornitrice di gusci rispetto a quella fornitrice del cippato.

soddisfazione reperimento biomassa

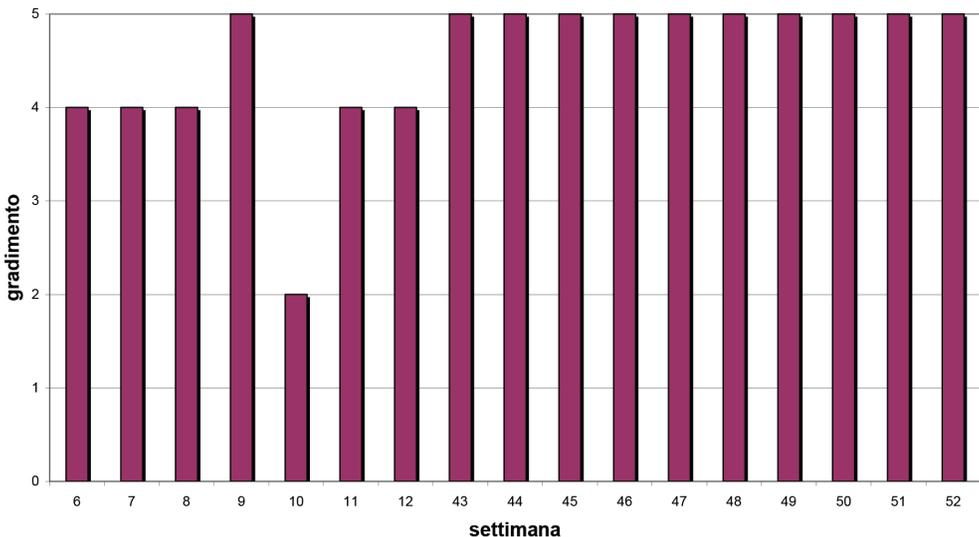


Grafico riferito alla soddisfazione per il reperimento della biomassa impiegata – Anno 2011

soddisfazione risparmio gasolio

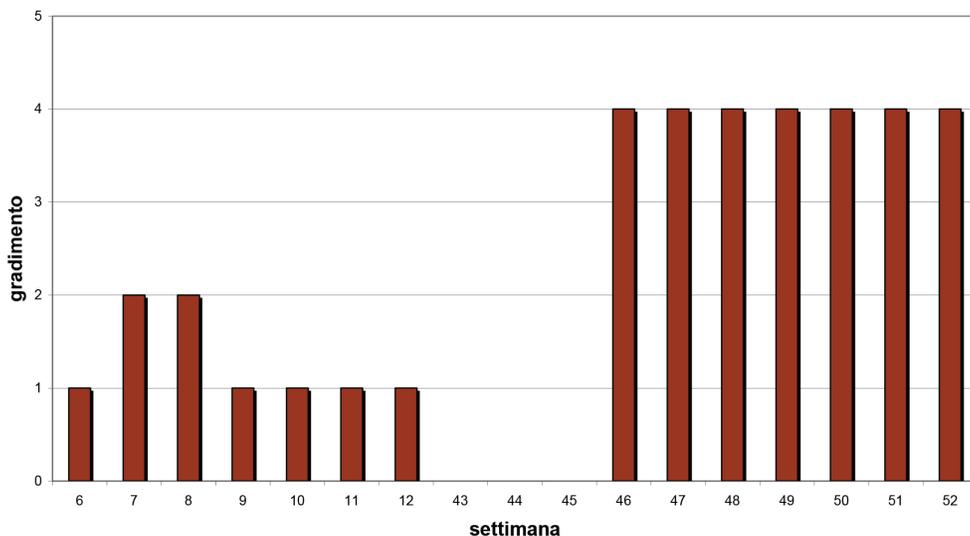


Grafico riferito alla soddisfazione sul risparmio percepito rispetto al gasolio – Anno 2011

La percezione del risparmio economico utilizzando la biomassa rispetto al gasolio è stata in un primo momento scarsa. Tale considerazione è da imputarsi al tipo di biomassa utilizzata: il cippato di castagno. In seguito, la soddisfazione riguardo il risparmio è aumentata drasticamente grazie all'utilizzo dei gusci di nocciola. Nel prossimo paragrafo verrà affrontato questo confronto, valutando l'effettivo risparmio in entrambi i casi.

Nel complesso, da questa attività di monitoraggio, risulta un complessivo buon giudizio da parte dell'usufruttuario rispetto all'impianto; vengono altresì evidenziate delle problematiche che implicano la necessità di ulteriori miglioramenti del suo funzionamento, soprattutto per quanto riguarda la reperibilità del materiale e i settaggi della macchina, per aumentare i rendimenti e la prestazione e, di conseguenza, il risparmio economico.

La macchina, nel complesso, lavora al massimo delle sue prestazioni quando riesce ad erogare la massima potenza evitando frequenti accensioni e spegnimenti, momenti nei quali viene consumato un quantitativo di combustibile maggiore a parità di energia erogata. Questo risultato è ottenibile scegliendo una caldaia a biomassa dimensionata sulle reali necessità di riscaldamento delle serre ed effettuando una regolazione ottima dei parametri di funzionamento.

5.2.4. MONITORAGGIO DEL GASOLIO

Attraverso i dati di consumo e di spesa per l'acquisto della biomassa e i dati relativi all'energia impiegata per il riscaldamento della serra, è possibile calcolare il **risparmio ottenuto rispetto all'uso del gasolio** per ottenere un pari quantitativo di energia fornita. Dal paragrafo 5.2.1 il quantitativo di energia fornita dalla combustione del **cippato** (che ha consentito di trasferire all'utenza 74.240 kWh) e dei **gusci di nocciola** (che ha consentito di trasferire all'utenza 83.072 kWh) nelle 17 settimane è risultato essere pari a **157.312 kWh**.

Un pari quantitativo di energia poteva essere fornito attraverso una caldaia alimentata a gasolio. Ipotizzando un rendimento globale della caldaia a **gasolio** dell'90% rispetto all'energia chimica contenuta nel combustibile si ottiene un valore dell'energia in ingresso pari a **174.791 kWh** corrispondente a 629.248 MJ.

Considerando il potere calorifico del gasolio pari a 11,7 kWh/kg possiamo stabilire che sono necessari circa 14.940 kg di gasolio per ottenere la stessa energia della biomassa corrispondenti a 18.000 litri (considerando una densità di 0,83 kg/dm³).

Considerando ora un prezzo del **gasolio** per riscaldamento pari a 1,32 €/l si otterrebbe una spesa pari a **23.760 €**.

Data la **spesa totale** sostenuta per l'acquisto della **biomassa** pari a **7.365 €** (3.625 € per i cippato e 3.740 € per i gusci di nocciola), il **risparmio** dell'uso della biomassa utilizzata rispetto al gasolio risulta quindi essere pari a **16.395 €** in 17 settimane e cioè circa 665 € alla settimana. In percentuale il risparmio è stato del 70%.

È possibile calcolare inoltre che sono necessari quasi **4 kg di biomassa per eguagliare 1 litro di gasolio** a causa dei diversi poteri calorifici e del più basso rendimento dell'impianto a biomassa rispetto a quello a gasolio.

5.3. AZIENDA ROBERTO BORGNA

Presso questa azienda, a causa di alcune problematiche tecniche unite a temperature ambientali al di sopra delle medie stagionali, a dicembre 2011 la caldaia, pur perfettamente installata ed in grado di erogare la sua massima potenza, non è stata impiegata per riscaldare in maniera totale le coltivazioni presenti in serra, ma è stata mantenuta in funzione al minimo regime.

Il sistema di monitoraggio installato dall'azienda Computherm, funzionante al momento dell'installazione e del collaudo, ha dovuto inoltre subire un necessario periodo di regolazione, per rendere efficiente la trasmissione dei dati con computer remoto; ritardando ulteriormente la completa funzionalità del sistema.



Visione di insieme di una coltivazione servita dagli aerotermini alimentati dalla caldaia

Come riportato nei grafici seguenti, sono stati acquisiti dati di funzionamento dalle sonde installate nei vari punti dell'impianto.

I risultati ottenuti presso l'azienda Borgna sono quindi limitati, e hanno permesso di effettuare una analisi parziale del funzionamento della caldaia e dei suoi consumi.

Di seguito vengono riportate le foto dell'impianto così come installato e collaudato, gli schemi dell'impianto e le pagine del sinottico Computherm per il monitoraggio in loco ed in remoto.

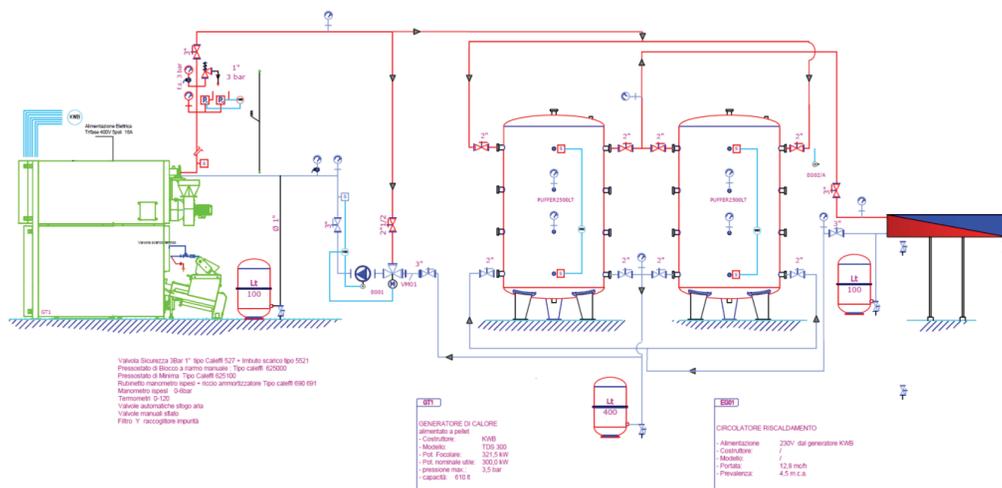
Nella prima foto si nota la caldaia montata sulla sinistra, i due serbatoi di accumulo termico al centro, ed il quadro elettrico sulla destra; nella seconda foto è raffigurato il serbatoio di accumulo del combustibile nel vano alle spalle della caldaia.



Installazione presso l'azienda Borgna e collegamenti con sistema di trasmissione dei dati a distanza.



Silo a fondo inclinato con tramoggia presso l'azienda Borgna



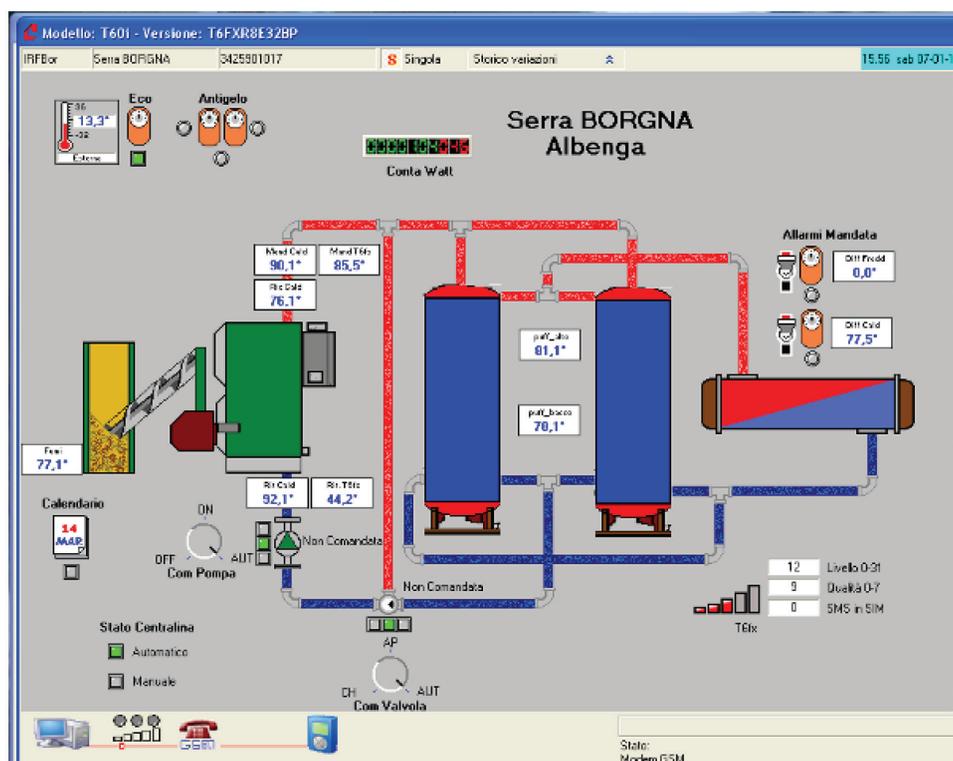
Schema del circuito idraulico che definisce l'impianto

Come si evince dallo schema d'impianto, la caldaia della massima potenza di 300 kW è direttamente collegata a due accumulatori termici da 2.500 litri ciascuno; la caldaia ha, quindi, solo il compito di riscaldare l'acqua all'interno degli accumulatori, che sono quelli che si interfacciano direttamente con l'utenza. Gli accumulatori hanno, pertanto, la funzione di

volano termico nei confronti della caldaia che, in questo modo, non risente delle variazioni di temperatura che si registrano nel corso della giornata, ma semplicemente ripristina al livello voluto la temperatura dell'acqua all'interno degli accumuli, che diminuisce a seconda della richiesta delle utenze.

Nei grafici che seguono sono riportati gli andamenti delle principali temperature monitorate dal sistema di gestione e controllo fornito dall'azienda Computerm.

Tale gestione avviene agevolmente attraverso un software, che permette di interagire con la caldaia grazie ad un sinottico, la cui schermata principale è rappresentata nella figura seguente.



Schermata del software del sistema Computerm

Attraverso tale sinottico è possibile telecontrollare semplicemente i dati rilevati e trasmessi e intervenire direttamente comandando la caldaia a distanza.

In particolare, i principali dati monitorati e di cui si sono studiati gli andamenti nel periodo di monitoraggio sono stati:

- temperatura dei fumi della combustione;
- temperatura della mandata caldaia;
- temperatura di ritorno in caldaia;
- temperatura della parte alta dell'accumulo termico;
- temperatura della parte bassa dell'accumulo termico;
- temperatura della mandata all'utenza;
- temperatura del ritorno dall'utenza;
- temperatura ambiente.

I seguenti grafici degli andamenti della temperatura all'interno dei diversi componenti dell'impianto sono riportati, a titolo di esempio, per meglio comprendere il comportamento della caldaia durante il suo funzionamento. Durante tali giornate veniva fatta circolare acqua calda nelle tubature senza mettere in funzione gli scambiatori ad aria. Tale periodo, in attesa della coltivazione di basilico, cominciata a partire dal gennaio 2012, è servito per una prima taratura dei parametri di funzionamento della macchina. La macchina ha funzionato al minimo, avendo la sola funzione del mantenimento di una temperatura costante (entro valori minimi) all'interno delle serre, con un quantitativo di energia, assorbita in funzione della temperatura esterna.

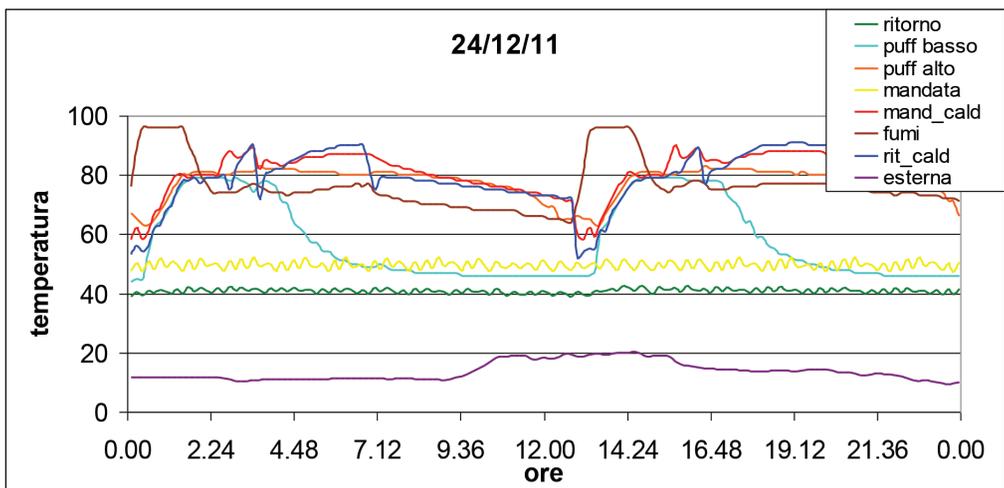


Grafico sull'andamento delle temperature di funzionamento dell'impianto – 24/12/2011

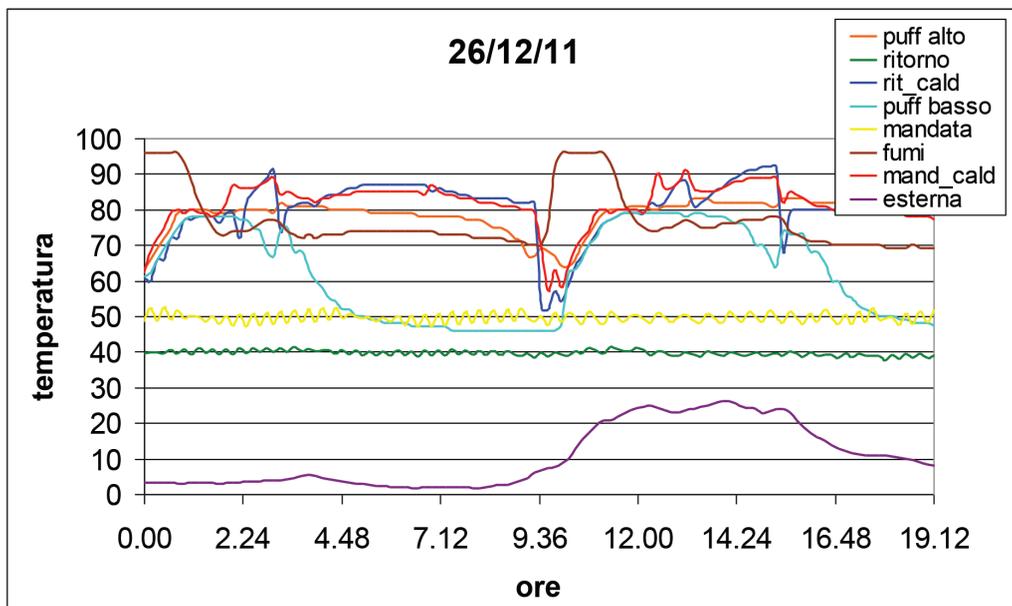


Grafico sull'andamento delle temperature di funzionamento dell'impianto – 26/12/2011

Dai grafici è possibile comprendere il funzionamento della macchina, che si accende quando la temperatura della parte alta degli accumuli scende al di sotto di un certo valore prefissato.

Si può notare un periodo in cui è maggiore il divario tra parte alta e parte bassa degli accumuli, che sono direttamente collegati alla mandata ed al ritorno dell'utenza; in questo momento, essi stanno cedendo l'energia termica che hanno accumulato.

Man mano che questa energia si esaurisce, la temperatura della parte alta diminuisce al di sotto di una certa soglia superata la quale è necessario dell'apporto della caldaia; a questo punto, la mandata e ritorno subiscono un brusco calo per sopperire all'abbassamento degli accumuli, per poi risalire una volta che la caldaia funziona a regime. I picchi della temperatura dei fumi corrispondono ai periodi in cui la caldaia risulta accesa e funzionante per riscaldare l'acqua degli accumuli.

5.4. AZIENDA ANTONELLO DEIDDA

Di seguito riportiamo l'unico riscontro ottenuto dal funzionamento dei due aerotermini da 90.000 kcal/h ciascuno installati presso l'azienda di Antonello Deidda e funzionanti, a quanto comunicato, solo nell'ultima parte della scorsa stagione, tra febbraio e marzo 2011.

Le informazioni ottenute dall'azienda sono state piuttosto ridotte, pertanto, l'analisi, realizzata sulla base dei dati raccolti, permette di effettuare una considerazione poco approfondita circa il funzionamento e l'efficienza delle macchine e sul risparmio in termini monetari determinato dall'utilizzo della biomassa (in questo caso pellet), in sostituzione al gasolio.

Le schede consegnate dall'azienda, di seguito riportate, forniscono indicazioni relative alle settimane dalla 6 alla 9, nel mese di febbraio 2011, e dalla 11 alla 14, nel mese di marzo 2011, per un totale di 8 settimane di funzionamento della caldaia.

CALDAIA 1

MONITORAGGIO SETTIMANALE IMPIANTO A BIOMASSA					nome impianto	DEIDDA Antonello
					settimana n.	dalla 6 alla 9
					mezzo	Febbraio
Monitoraggio del combustibile						
Tipo di biomassa alimentata		consumo settimanale [kg]	contenuto idrico sul t.q. [%]	costo [€/q t.q.]	reperibilità (*)	costo trasporto [€/q t.q.]
tipo 1	Pellet	195	bassa	20		
tipo 2						
tipo 3						
tipo 4						
tipo 5						
TOTALE		195				

(*) facile / difficoltosa / media

Monitoraggio ambientale		giorno 1	giorno 2	giorno 3	giorno 4	giorno 5	giorno 6	giorno 7	media
temperatura esterna media giornaliera [°C]		10	10	10	10	10	10	10	10,00
temperatura interna media giornaliera [°C]		serra 1	15	15	15	15	15	15	15,00
		serra 2							
		serra 3							
		serra 4							

n° fermi macchina settimanali	N.P.
n° di interventi manutentivi settimanali	N.P.
n° caricamenti silos settimanali	N.P.
n° di pulizie focolare settimanali	N.P.
totale ceneri prodotte settimanalmente [kg]	N.P.

Monitoraggio soddisfazione (*)		
soddisfazione verso la biomassa utilizzata	N.P.	motivi
soddisfazione verso il rendimento della macchina	N.P.	
soddisfazione verso il funzionamento della macchina	N.P.	
soddisfazione verso il risparmio economico rispetto al gasolio	N.P.	
soddisfazione verso il reperimento della biomassa	N.P.	

(*) scarsa / sufficiente / discreta / buona / ottima

MONITORAGGIO SETTIMANALE IMPIANTO A BIOMASSA					nome impianto	DEIDDA Antonello
					settimana n.	dalla 11 alla 14
					me	Marzo
Monitoraggio del combustibile						
Tipo di biomassa alimentata		consumo settimanale [kg]	contenuto idrico sul t.q. [%]	costo [€/q t.q.]	reperibilità (*)	costo trasporto [€/q t.q.]
tipo 1	Pellet	150		20		
tipo 2						
tipo 3						
tipo 4						
tipo 5						
TOTALE		150				

(*) facile / difficoltosa / media

Monitoraggio ambientale		giorno 1	giorno 2	giorno 3	giorno 4	giorno 5	giorno 6	giorno 7	media
temperatura esterna media giornaliera [°C]		10	10	10	10	12	12	12	10,86
temperatura interna media giornaliera [°C]		serra 1	15	15	15	15	15	15	15,00
		serra 2							
		serra 3							
		serra 4							

n° fermi macchina settimanali	N.P.
n° di interventi manutentivi settimanali	N.P.
n° caricamenti silos settimanali	N.P.
n° di pulizie focolare settimanali	N.P.
totale ceneri prodotte settimanalmente [kg]	N.P.

Monitoraggio soddisfazione (*)		
soddisfazione verso la biomassa utilizzata	N.P.	motivi
soddisfazione verso il rendimento della macchina	N.P.	
soddisfazione verso il funzionamento della macchina	N.P.	
soddisfazione verso il risparmio economico rispetto al gasolio	N.P.	
soddisfazione verso il reperimento della biomassa	N.P.	

(*) scarsa / sufficiente / discreta / buona / ottima

CALDAIA 2

MONITORAGGIO SETTIMANALE IMPIANTO A BIOMASSA					nome impianto	DEIDDA Antonello
					settimana n.	dalla 6 alla 9
					me	Febbraio
Monitoraggio del combustibile						
Tipo di biomassa alimentata		consumo settimanale [kg]	contenuto idrico sul t.q. [%]	costo [€/q t.q.]	reperibilità (*)	costo trasporto [€/q t.q.]
tipo 1	Pellet	100	alta	20		
tipo 2						
tipo 3						
tipo 4						
tipo 5						
TOTALE		100				

(*) facile / difficoltosa / media

Monitoraggio ambientale		giorno 1	giorno 2	giorno 3	giorno 4	giorno 6	giorno 7	media
temperatura esterna media giornaliera [°C]		10	10	10	10	10	10	10,00
temperatura interna media giornaliera [°C]		serra 1	15	15	15	15	15	15,00
		serra 2						
		serra 3						
		serra 4						

n° fermi macchina settimanali	N.P.
n° di interventi manutentivi settimanali	N.P.
n° caricamenti silos settimanali	N.P.
n° di pulizie focolare settimanali	N.P.
totale ceneri prodotte settimanalmente [kg]	N.P.

Monitoraggio soddisfazione (*)		
soddisfazione verso la biomassa utilizzata	N.P.	motivi
soddisfazione verso il rendimento della macchina	N.P.	
soddisfazione verso il funzionamento della macchina	N.P.	
soddisfazione verso il risparmio economico rispetto al gasolio	N.P.	
soddisfazione verso il reperimento della biomassa	N.P.	

(*) scarsa / sufficiente / discreta / buona / ottima

MONITORAGGIO SETTIMANALE IMPIANTO A BIOMASSA					nome impianto settimana n.	DEIDDA Antonello dalla 11 alla 14
					mese	Marzo
Monitoraggio del combustibile						
Tipo di biomassa alimentata	consumo settimanale [kg]	contenuto idrico sul t.q. [%]	costo [€/q t.q.]	reperibilità (*)	costo trasporto [€/q t.q.]	
tipo 1	Pellet	225	20			
tipo 2						
tipo 3						
tipo 4						
tipo 5						
TOTALE		225				

(*) facile / difficoltosa / media

Monitoraggio ambientale		giorno 1	giorno 2	giorno 3	giorno 4	giorno 5	giorno 6	giorno 7	media
temperatura esterna media giornaliera [°C]		10	10	10	10	12	12	12	10,86
temperatura interna media giornaliera [°C]		serra 1	15	15	15	15	15	15	15,00
		serra 2							
		serra 3							
		serra 4							

n° fermi macchina settimanali	N.P.
n° di interventi manutentivi settimanali	N.P.
n° caricamenti silos settimanali	N.P.
n° di pulizie focolare settimanali	N.P.
totale ceneri prodotte settimanalmente [kg]	N.P.

Monitoraggio soddisfazione (*)			motivi
soddisfazione verso la biomassa utilizzata		N.P.	
soddisfazione verso il rendimento della macchina		N.P.	
soddisfazione verso il funzionamento della macchina		N.P.	
soddisfazione verso il risparmio economico rispetto al gasolio		N.P.	
soddisfazione verso il reperimento della biomassa		N.P.	

(*) scarsa / sufficiente / discreta / buona / ottima

Schede di monitoraggio caldaie a biomasse – Az. Deidda

Nelle 8 settimane considerate sono stati consumati 2.680 kg di pellet che, considerando il costo indicato di 20 €/q, corrispondono ad una **spesa di 536 €**. Considerando il potere calorifico contenuto nel combustibile **pellet** (4 kWh/kg) si ottiene un valore della energia disponibile in partenza, nell'intero periodo di riscaldamento, pari a 10.720 kWh.

Considerando un rendimento di combustione pari al 90%, ed un coefficiente di scambio termico aria/gas di combustione pari al 80%, si ottiene un rendimento dall'energia chimica contenuta nel combustibile a quella effettivamente disponibile per il riscaldamento della serra pari al 72%, corrispondente ad **un'energia effettivamente utilizzata di 7.718 kWh**.

Si può quindi calcolare il **costo di ciascun kilowattora** effettivamente impiegato per il riscaldamento, che risulta di **0,069 €**. Un pari quantitativo di energia poteva essere fornito attraverso termo-convettori alimentati a gasolio. Ipotizzando un rendimento globale dei termoconvettori a gasolio dell'85% rispetto all'energia chimica contenuta nel combustibile si ottiene un valore dell'energia in ingresso pari a 9.080 kWh.

Considerando il potere calorifico del gasolio pari a 11,7 kWh/kg possiamo stabilire che

sono necessari circa 776 kg di gasolio per ottenere la stessa energia, corrispondenti a 935 litri (considerando una densità di 0,83 kg/dm³). Considerando un prezzo del **gasolio** per riscaldamento pari a 1,32 €/l si otterrebbe una spesa di **1.234 €**. Il **risparmio** dell'uso del **pellet** rispetto al gasolio risulta quindi essere pari a **698 €** in 8 settimane e cioè circa 87 € alla settimana. In percentuale il risparmio è stato maggiore del 55%.



6. CONCLUSIONI

6. CONCLUSIONI

In questo ultimo paragrafo, si vogliono delineare alcune note riassuntive e riflessioni sul lavoro condotto nel corso del progetto.

Attraverso il monitoraggio degli impianti, effettuato nel corso della presente progettualità, sono state ottenute importanti informazioni circa i combustibili, il funzionamento delle tecnologie ed il grado di soddisfazione delle aziende rispetto alle installazioni. Sono state utilizzate biomasse differenti (cippato di legna, pellet e gusci di nocchie) e questo ha permesso di effettuare valutazioni tecnico-economiche circa l'utilizzo di materiale di caratteristiche chimico-fisiche differenti e con costi di acquisto diversi. E' stato, inoltre, possibile conoscere gli importi di spesa per la realizzazione degli interventi, l'impegno economico necessario per sostenerli ed i risparmi che nel breve periodo si sono verificati operando la sostituzione degli impianti a combustibile fossile.

Di seguito vengono riportate alcune riflessioni riassuntive circa i dettagli tecnico-gestionali delle due tipologie di riscaldamento a biomassa valutate. Tali analisi sono state dedotte dai dati raccolti da due delle aziende pilota (Azienda Andrea Fazio di Arenzano e Azienda Enrico Giorgio di Albenga) che, grazie alla loro fattiva collaborazione e tempestività, hanno permesso un'elaborazione sufficientemente completa. Si vuole, comunque, sottolineare che sarebbe opportuno proseguire nelle sperimentazioni anche in considerazione del fatto che le tempistiche calendarizzate nel presente progetto hanno coperto per buona parte la fase preparatoria e propedeutica al piano sperimentale vero e proprio (definizione delle caratteristiche degli impianti, puntualizzazione delle caratteristiche aziendali, allestimento della selezione pubblica per il conferimento degli impianti, acquisto degli impianti, installazione degli stessi e prime prove di funzionamento). Sicuramente il progetto ha rappresentato una buona base conoscitiva e di capitalizzazione di impianti innovativi che sarà di supporto all'intero comparto florovivaistico territoriale.

Il progetto ha preso in esame due tipologie di sistemi di riscaldamento alimentati con prodotti rinnovabili che presentano caratteristiche sostanzialmente differenti tra loro.

Una tipologia riguarda una **caldaia alimentata a biomassa per la produzione di acqua calda**. All'interno di tale caldaia è possibile utilizzare diverse tipologie di biomasse (cippato di

legna, pellet, gusci di nocciole, sansa, ecc.) a condizione che vengano effettuate le opportune modifiche e tarature della macchina. Tali caldaie, piuttosto complesse e costose, sono state installate presso le aziende Andrea Fazio ad Arenzano (GE) e Roberto Borgna ad Albenga (SV). In entrambi gli impianti, il livello di automazione delle caldaie è molto elevato e sono presenti sistemi di controllo, acquisizione dati e gestione della caldaia attraverso software dedicati che permettono di intervenire sul settaggio di alcuni parametri anche attraverso un accesso remoto.

L'altra tipologia di impianto ha riguardato dei **generatori ad aria calda** che, posizionati direttamente all'interno delle serre, forniscono il calore necessario alle colture. In questo tipo di caldaia il combustibile più utilizzato è il pellet. L'impiego del cippato, che si presenta in dimensioni piuttosto grossolane ed irregolari, non è considerabile per questo tipo di generatore in quanto il sistema di caricamento del bruciatore permette il passaggio solo di parti piuttosto minute ed uniformi. L'impiego dei gusci di nocciola potrebbe essere considerato ma occorre effettuare delle ulteriori tarature della caldaia. Pertanto, i generatori installati presso l'azienda Giorgio Enrico in Albenga (SV) e Antonello Deidda a Santo Stefano al Mare (IM) sono stati alimentati esclusivamente a pellet. Questa seconda tipologia di caldaie, più semplice e meno costosa delle precedenti, ha richiesto investimenti e spese di gestione minori rispetto alle caldaie ad acqua, ma evidenzia un minor rendimento del sistema di trasferimento del calore dalla biomassa, dovuto al fatto che, come convettore di calore, è utilizzata aria anziché acqua.

6.1. ANALISI DELLE TECNOLOGIE A BIOMASSA UTILIZZATE

6.1.1. PRIMA TIPOLOGIA: CALDAIA AD ACQUA

In questa analisi è stata presa a riferimento l' Azienda Andrea Fazio di Arenzano (GE) per la quale, nella tabella seguente, vengono riportate le caratteristiche aziendali e le caratteristiche della caldaia.

AZIENDA FLORICOLA ANDREA FAZIO COMUNE DI ARENZANO (GE)	
caldaia	Froling
potenza nominale caldaia	220 kW
tipologia	acqua calda
sup. interessata serre	2500 mq
specie coltivate	orchidee
accumulo termico	5000 l
volume di stoccaggio	50 mc



Impianto ultimato e funzionante dai primi mesi dell'anno 2011

6.1.1.1. ANALISI DEI CONSUMI E DEI COSTI DEI COMBUSTIBILI

Nelle tabelle seguenti vengono riassunti i principali risultati ottenuti attraverso il monitoraggio dei consumi e delle spese, riferiti ai combustibili a biomassa utilizzati. Di seguito verranno presentati i singoli parametri presi in considerazione.

Il periodo in esame ha coperto complessive 17 settimane in cui sono stati utilizzati, come combustibile, per 7 settimane cippato di castagno (da febbraio a marzo 2011) e per 10 settimane gusci di nocciola (da ottobre a dicembre 2011).

Nella tabella è indicato il consumo totale della biomassa utilizzata, espresso in peso, ed il relativo consumo medio settimanale.

Per entrambi i tipi di biomassa saggiati si è determinato il contenuto idrico (35% e 13% rispettivamente per il cippato di castagno ed i gusci di nocciole) in quanto tale parametro risulta importante ai fini del costo di acquisto (ad un maggior contenuto idrico corrisponde un minore peso effettivo del materiale) e del rendimento (ad un maggiore contenuto idrico corrisponde un minor rendimento in termini di calore prodotto).

La specifica del potere calorifico medio, che identifica ogni tipologia di combustibile, ha permesso il calcolo dell'energia disponibile in kWh durante il periodo di utilizzo della caldaia.

I dati raccolti hanno evidenziato come la risposta della caldaia sia stata la medesima al variare della biomassa utilizzata; infatti, è stato mantenuto un valore del rendimento intorno all'80%, calcolato tra l'energia disponibile in ingresso ed il calore effettivamente trasferito alle utenze.

AZIENDA FLORICOLA ANDREA FAZIO			
scheda combustibili			
	cippato di castagno	gusci di nocciole	TOTALE Biomassa
periodo di utilizzo	7 febr - 27 mar 2011	24 ott - 31 dic 2011	Feb-Mar e Ott-Dic
settimane di utilizzo	7	10	17
consumo totale nel periodo	29 t	22 t	51 t
consumo medio settimanale	4.150 kg	2.200 kg	3.000 kg
contenuto idrico medio	35%	13%	
potere calorifico medio	11.500 kJ/kg	17.000 kJ/kg	14.250 kJ/kg
energia disponibile nel periodo	92.800 kWh	103.840 kWh	196.640 kWh
rendimento impianto	80%	80%	80%
calore trasferito all'utenza nel periodo	74.240 kWh	83.072 kWh	157.312 kWh
calore trasferito all'utenza settimanale	10.605 kWh	8.307,2 kWh	9.254 kWh
consumo settimanale per kWh trasferito all'utenza	0,39 kg/kWh	0,26 kg/kWh	0,32 kg/kWh
costo totale	12,5 €/q	17 €/q	29,5 €/q
spesa nel periodo	3625 €	3740 €	7365 €
spesa settimanale	518 €	374 €	433 €
spesa per ogni kWh prodotto	0,049 €/kWh	0,045 €/kWh	0,047 €/kWh

I valori sono legati ai dati raccolti presso l'azienda durante l'annata agraria 2011 e riferiti alle date di accensione della macchina sopra riportate.

Suddividendo il calore trasferito all'utenza per le settimane di utilizzo di ogni combustibile è stato possibile calcolare la quantità di calore trasferito all'utenza settimanalmente; inoltre è stato calcolato il consumo per kWh trasferito all'utenza ogni settimana.

Nella tabella riportata è poi specificato il costo della biomassa per quintale di prodotto e calcolata la spesa sostenuta per l'acquisto del combustibile necessario per il periodo di riferimento e per ogni settimana. Infine, da tali dati, è stata calcolata la spesa per ogni kWh prodotto come rapporto tra la spesa nel periodo di riferimento ed il calore effettivamente trasferito all'utenza.

Al fine di poter effettuare una valutazione comparativa dei consumi e costi che si potrebbero avere con l'utilizzo di una caldaia a gasolio di caratteristiche termiche equivalenti, si sono delineati i valori riportati nella seguente tabella che considerano un tempo di utilizzo di 17 settimane, corrispondenti all'intero periodo di utilizzo delle due tipologie di biomasse presso l'azienda pilota:

Confronto tra consumo di gasolio e biomassa

periodo di riferimento	17 settimane
energia in ingresso con gasolio	174.791 kWh
rendimento caldaia gasolio	90%
energia totale fornita nel periodo	157.312 kWh
consumo gasolio	14.940 kg (18.000 l)
prezzo gasolio considerato	1,32 €/l
spesa gasolio	23'760 €
consumo tot biomassa (cippato + gusci)	51 t
spesa tot biomassa (cippato + gusci)	7'365 €
risparmio rispetto al gasolio	16'395 €
risparmio settimanale	965 €

Per effettuare una comparazione efficace è stata sommata la quantità di energia trasferita all'utenza attraverso l'uso delle due diverse tipologie di biomassa (pari a 74.240 kWh del cippato di castagno + 83.072 kWh dei gusci di nocciola), ottenendo complessivi 157.312 kWh per il periodo di riferimento.

Il rendimento della caldaia a gasolio è stimato attorno al 90% e, pertanto, nella tabella viene riportato la corrispondente energia in ingresso fornita dal combustibile tradizionale e la quantità di gasolio (in Kg e in l) necessaria a fornire la stessa quantità di calore ottenuta con le biomasse.

Assumendo un prezzo al litro del gasolio pari a 1,32 €, si è calcolata la spesa che si sarebbe dovuto sostenere per fornire l'energia paragonabile all'energia prodotta con le due tipologie di biomassa, che è risultata essere di 23.760 €. Il confronto con la corrispondente spesa sostenuta per acquistate le biomasse (cippato di castagno e gusci di nocciole pari a 7.375 €) porta ad evidenziare un risparmio di 16.395 € per l'intero anno, che, riferito alle settimane di utilizzo, comporta un risparmio settimanale di 965 €.

Il confronto tra le diverse biomasse utilizzate evidenzia un consumo specifico di biomassa maggiore per il cippato di castagno (0,39 kg/kWh per il cippato di castagno vs 0,26 kg/kWh per gusci di nocciole) che è giustificato dal minore potere calorifico di questo tipo di biomassa rispetto ai gusci di nocciole.

La spesa per ogni kWh prodotto risulta essere 0,049 €/kWh per il cippato di castagno e 0,046 €/kWh per i gusci di nocciole che risultano, pertanto, leggermente più convenienti. Il costo riferito al gasolio risulta invece essere, come già specificato, molto superiore rispetto ai due tipi di biomassa e pari a 0,135 €/kWh.

Il calcolo della spesa sostenuta in funzione della superficie di coltivazione, evidenzia valori di circa 0,20 €/m² per settimana nel periodo in cui è stato utilizzato il cippato di castagno ed una spesa di circa 0,15 €/m² per settimana nel periodo in cui sono stati utilizzati gusci di nocciola. Mediamente si può stimare una spesa di riscaldamento di circa 0,17 €/m² per settimana se vengono impiegate biomasse; tale spesa risulta decisamente inferiore a quanto stimato per un riscaldamento a gasolio stimato di 0,56 €/m² per settimana.

Per poter apprezzare il significato di tale risparmio nel contesto della produzione florovivaistica, potrebbe risultare interessante riportare tali valori al fabbisogno energetico delle colture. Tale analisi, tuttavia, non è stata attuata nell'azienda pilota in oggetto in quanto nell'azienda stessa sono presenti diversi generi e specie di orchidee che necessitano di condizioni ambientali estremamente differenti (da un semplice "antigelo" a 12°C per alcune specie di *Cypripedium* o 18°C per alcune tipologie di *Cymbidium*) e la caldaia fornisce acqua calda a tutte le serre in cui sono presenti le diverse tipologie di colture con termostati regolati secondo le esigenze specifiche, rendendo impossibile imputare le spese per il riscaldamento alle singole serre e colture.

6.1.1.2. LINEA GUIDA PER UN CONFRONTO TRA L'INSTALLAZIONE IN UN'AZIENDA FLOROVIVAISTICA DI UN RISCALDAMENTO A GASOLIO O A BIOMASSA ATTRAVERSO UN IMPIANTO CON CALDAIA AD ACQUA.

Nella tabella seguente sono state riassunte le caratteristiche tecniche della caldaia installata già presentate precedentemente, la quantità e il prezzo della biomassa utilizzata (sommando la spesa sostenuta per acquistare il cippato e i gusci di nocciola) in relazione al periodo di funzionamento. È stata inoltre effettuata un'analisi dei costi sostenuti per l'installazione della caldaia a biomassa in questione ed è stato stimato il costo per la messa in opera di una caldaia equivalente di ultima tecnologia alimentata a gasolio. Tali considerazioni sono state necessarie per effettuare una successiva analisi economica e comparare i costi derivanti dalle due tipologie di riscaldamento.

AZIENDA FLORICOLA ANDREA FAZIO		
ANALISI ECONOMICA		
potenza nominale caldaia a cippato	220	kW
settimane di funzionamento stagionali	17	sett
consumo di biomassa	51'000	kg
costo medio biomassa	14.4	€/q
spesa acquisto biomassa	7'365	€
consumo stagionale equivalente di gasolio	18'000	l
costo equivalente di gasolio	1.32	€/l
spesa per l'acquisto del gasolio equivalente	23'760	€
CALDAIA A BIOMASSA		
costo caldaia	45'000	€
costo locale di stoccaggio	26'000	€
costo accumulo termico	10'000	€
costi impiantistica	25'000	€
manodopera	7'000	€
costo totale impianto biomassa	113'000	€
CALDAIA A GASOLIO		
costo stimato per l'acquisto, l'installazione e la messa in esercizio caldaia a gasolio di nuova generazione	25'000	€

Nota: I costi indicati rappresentano le spese sostenute dall'azienda per l'acquisto della caldaia, la sua messa in funzione, la creazione del locale per lo stoccaggio della biomassa, l'accumulatore termico e la creazione di una parte dell'impiantistica per la distribuzione dell'acqua calda in serra. Non sono stati considerati i costi sostenuti dall'azienda per la realizzazione del nuovo sistema di distribuzione del calore nelle serre in quanto tale spesa non è associabile direttamente all'impiego di una nuova caldaia a biomassa o di un ammodernamento con una caldaia a gasolio di ultima generazione.

L'analisi proposta vuole considerare un'azienda intenzionata ad effettuare un ammodernamento del proprio sistema di riscaldamento, cambiando il proprio parco macchine. Per questo sono stati considerati:

- i costi sostenuti per l'acquisto, l'installazione e la messa in esercizio della caldaia;
- i costi legati al combustibile impiegato;
- i costi legati alla manutenzione ordinaria della macchina. All'interno di quest'ultimo parametro è stata stimata la spesa necessaria alla manutenzione continua richiesta dalla caldaia per mantenerla in un buono stato di efficienza. Non è possibile, in questa fase, calcolare e prevedere eventuali spese straordinarie per particolari esigenze legate a malfunzionamenti.

Biomassa

ANNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quota ammort caldaia	22'600	22'600	22'600	22'600	22'600					
Combustibile	7'365	7'512	7'663	7'816	7'972	8'132	8'294	8'460	8'629	8'802
Manutenzione	2'000	2'040	2'081	2'122	2'165	2'208	2'252	2'297	2'343	2'390
Costo ANNUO	31'965	32'152	32'343	32'538	32'737	10'340	10'547	10'757	10'973	11'192

ANNO	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Quota ammort caldaia										
Combustibile	8'978	9'157	9'341	9'527	9'718	9'912	10'111	10'313	10'519	10'729
Manutenzione	2'438	2'487	2'536	2'587	2'639	2'692	2'746	2'800	2'856	2'914
Costo ANNUO	11'416	11'644	11'877	12'115	12'357	12'604	12'856	13'113	13'376	13'643

Gasolio

ANNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quota ammort caldaia	5'000	5'000	5'000	5'000	5'000					
Combustibile	23'760	24'235	24'720	25'214	25'719	26'233	26'758	27'293	27'839	28'395
Manutenzione	500	510	520	531	541	552	563	574	586	598
Costo ANNUO	29'260	29'745	30'240	30'745	31'260	26'785	27'321	27'867	28'424	28'993

ANNO	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Quota ammort caldaia										
Combustibile	28'963	29'543	30'133	30'736	31'351	31'978	32'617	33'270	33'935	34'614
Manutenzione	609	622	634	647	660	673	686	700	714	728
Costo ANNUO	29'573	30'164	30'768	31'383	32'011	32'651	33'304	33'970	34'649	35'342

La quota di ammortamento si riferisce al valore a nuovo del macchinario, suddiviso nei primi 5 anni di vita. Per quanto riguarda il combustibile è stato considerato, come valore ideale e puramente teorico, il costo effettivamente sostenuto dall'azienda nell'annata 2011 per la biomassa e calcolato secondo i parametri riportati nel paragrafo 5.2.4 per il gasolio. Tale valore è stato considerato come dato medio e protratto per i vent'anni considerati per l'analisi. Lo stesso tipo di ragionamento è stato effettuato nel valutare la spesa relativa alla manutenzione delle caldaie. È stato inoltre considerato un aumento di prezzi per il combustibile e per la manutenzione, utilizzando un tasso di inflazione del 2%.

Per meglio evidenziare le differenze tra i due tipi di impianti è stata considerata la sommatoria delle spese per anni successivi, messe a confronto nei seguenti grafici:

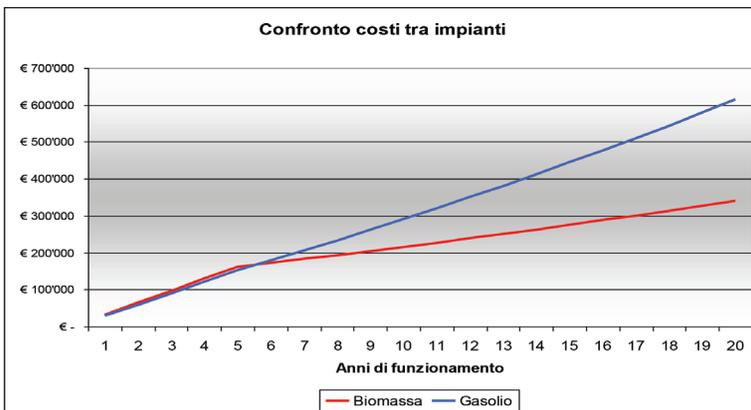


Grafico relativo all'andamento dei costi di una caldaia a biomassa ed una caldaia a gasolio
Stima per 20 anni

Dal grafico è possibile osservare che, durante i primi anni di funzionamento, il costo è pressoché il medesimo e la scelta tra le due tipologie non sembra rilevante. Più precisamente, nei primi cinque anni la caldaia a biomassa presenta un costo leggermente maggiore a causa di un importante investimento iniziale per il macchinario che deve essere ammortizzato. L'impiego economico viene poi ripagato a partire dal 6° anno in cui la caldaia a biomassa consente un risparmio sempre maggiore in termini di costi.

È da considerare, inoltre, che tale analisi non tiene in considerazione il continuo e sempre maggiore aumento dei prezzi dei combustibili fossili (es. gasolio, gas); la differenza tra i costi sostenuti da un imprenditore agricolo, che utilizzerà una caldaia a biomassa piuttosto che un impianto a gasolio, potrebbero, pertanto, essere ancora maggiori.

A sottolineare quanto finora esposto, nel grafico sotto riportato viene rappresentato il confronto dell'incidenza economica di un impianto a gasolio ed un impianto a biomassa per una durata di vent'anni. È possibile ancora una volta osservare come il maggior costo di investimento sia poi estremamente ripagato dalla minor spesa derivante dall'impiego delle biomasse.

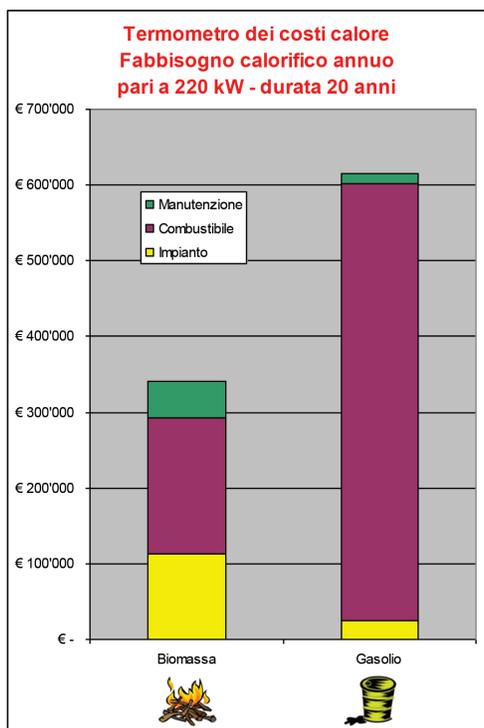


Grafico relativo alla sommatoria dei costi di una caldaia a biomassa ed una caldaia a gasolio

Stima per 20 anni

Tali risultati potrebbero non essere in linea con i tempi di ritorno medi registrati nel Nord Italia (intorno ai tre/quattro anni) ma sono assolutamente tipici per realtà floricole liguri. La Liguria è, infatti, caratterizzata da un clima sempre piuttosto mite rispetto al resto delle altre regioni del Nord, per cui la potenzialità della caldaia da noi installata risulta non sfruttata al massimo, seppure sia necessario prevedere riscaldamenti per soddisfare i picchi di freddo e scaldare nei momenti di maggiore bisogno.

Le serre presenti sul nostro territorio, soprattutto quelle di vecchia fattura e a causa della loro forma, disperdono facilmente il calore. Al momento dell'acquisto della caldaia, occorre, effettuare una valutazione della potenza della macchina adatta. In seguito a tali valutazioni si scegliere una caldaia mediamente sovradimensionata al fine di compensare le dispersioni energetiche. La conseguenza tipica è quella di avere caldaie con potenza adatta alle richieste di calore nei momenti di maggior freddo, ma che nel lungo periodo comportano consumi medi maggiori.

Questo comporta una spesa iniziale maggiore per l'impianto di riscaldamento che non garantisce un rientro dell'investimento in tempi brevi (stimati tre/quattro anni), in base al risparmio del prezzo della biomassa rispetto al gasolio.

Una possibile soluzione a questo problema potrebbe consistere nel dimensionamento della potenza della caldaia in modo che sia in grado di fornire l'energia termica annuale media richiesta, permettendo di contenere maggiormente i costi.

La caldaia a biomassa potrebbe soddisfare così il 70-80% della richiesta di calore mentre il restante 30-20% potrebbe essere soddisfatto da una caldaia a gasolio (o a gas naturale) che funzioni in parallelo e che copra i picchi di richiesta termica oltre che funzionare da caldaia di soccorso in caso di emergenza.

Questa soluzione, tuttavia, prevede un attento e preventivo monitoraggio dei consumi e dell'andamento della richiesta termica durante la stagione di riscaldamento; inoltre tale analisi, per essere esaustiva, deve essere effettuata su un lungo periodo per comprendere al meglio la variabilità delle condizioni meteo stagionali variabili di anno in anno.

6.1.2. SECONDA TIPOLOGIA: GENERATORE DI ARIA CALDA

In questo paragrafo viene presentato un prospetto riassuntivo relativo all'impianto realizzato presso l'azienda Enrico Giorgio ad Albenga (SV).

Nella tabella seguente vengono riportate le caratteristiche dell'azienda e della caldaia installata.

AZIENDA FLORICOLA GIORGIO ENRICO	
COMUNE DI ALBENGA (SV)	

caldaia	TECNOAIR
potenza nominale caldaia	190.000 Kcal/h
tipologia	aria calda

sup. interessata serre	1.000 mq
specie coltivate	stelle di Natale
accumulo termico	non presente
volume di stoccaggio	0,55 mc

Nella figura seguente si può vedere l'impianto ultimato e funzionante dall'ottobre del 2011.



Bruciatore a biomassa presso l'azienda Giorgio Enrico

6.1.2.1. ANALISI DEI CONSUMI E DEI COSTI DEI COMBUSTIBILI

Nella tabella seguente vengono riassunti i principali risultati ottenuti attraverso il monitoraggio dei consumi e delle spese riferiti al combustibile utilizzato: il pellet. Dai dati del monitoraggio si nota come, rispetto al caso precedente, il rendimento complessivo dell'impianto sia inferiore (pari al 72 % in confronto all' 80% delle caldaie ad acqua calda) ed il costo specifico del pellet sia superiore rispetto al cippato o ai gusci di nocciole che, come ricordato sono poco o nulla utilizzabili con questo tipo di generatori.

AZIENDA FLORICOLA GIORGIO ENRICO	
scheda combustibili	
pellet	
periodo di utilizzo	17 ott - 18 dic 2011
settimane di utilizzo	9
consumo totale nel periodo	24,8 t
consumo medio settimanale	2.760 kg
contenuto idrico medio	35%
potere calorifico medio	14.400 kJ/kg
energia disponibile nel periodo	99.300 kWh
rendimento impianto	72%
calore trasferito all'utenza nel periodo	69.510 kWh
calore trasferito all'utenza settimanale	7.723 kWh
consumo per kWh trasferito all'utenza	0,36 kg/kWh
costo medio pellet	23,5 €/q
spesa nel periodo	5'800 €
spesa settimanale	645 €
spesa per ogni kWh prodotto	0,083 €/kWh

** Tali valori sono legati ai dati raccolti presso l'azienda durante l'annata agraria 2011 e riferita alle date di accensione della macchina sopra riportate.*

Ad una osservazione superficiale, si evidenzia che l'impianto di Savona presenta dei risultati meno soddisfacenti in termini di spesa per ogni kWh prodotto, essendo il costo sostenuto circa il doppio rispetto al dato di Arenzano. Tuttavia, è doveroso notare che le due tecnologie sono molto differenti l'una dall'altra e non è quindi possibile effettuare un paragone così semplificato.

Il consumo specifico di pellet è stato pari a 0,36 kg/kWh, mentre il costo per ogni kWh raggiunge un valore di 0,083 €/kWh. Tale valore seppur più elevato rispetto ai costi rilevati presso la

caldaia di Arenzano, risultano, tuttavia, ancora inferiori a quelli del gasolio che raggiunge, con questo tipo di impianto gli 0,159 €/kWh.

confronto tra consumo di gasolio e biomassa	
periodo di riferimento	9 settimane
energia in ingresso con gasolio	69.510 kWh
rendimento caldaia gasolio	85%
energia totale fornita nel periodo	81.776 kWh
consumo gasolio	6.990 kg (8.421 l)
prezzo gasolio considerato	1,32 €/l
spesa gasolio	11'115 €
consumo tot pellet	24,8 t
spesa tot pellet	5'800 €
risparmio rispetto al gasolio	5'315 €
risparmio settimanale	590 €

Volendo analizzare la spesa in funzione della superficie, si può calcolare un costo approssimativo di circa 0,65 €/m² per settimana in caso di utilizzo di un generatore di calore alimentato a pellet, quale quello dell'azienda pilota. Nel caso dell'azienda selezionata è stato altresì possibile analizzare il costo in termini economici per l'energia fornita ad ogni singola pianta. L'azienda Enrico coltiva stelle di natale e, stimando una densità media pari a 5 piante/m² (vaso Ø 16 cm), si ottiene una spesa pari a 0,13 €/pianta per settimana.

Per comparare la spesa totale sostenuta impiegando il pellet con l'ipotetica spesa necessaria per fornire la medesima quantità di energia utilizzando il gasolio è stato considerato il quantitativo di calore effettivamente trasferito all'utenza (pari a 69.510 kWh).

Si può osservare che la spesa per l'acquisto del pellet è stata pari a 5.800 € contro una spesa per il gasolio calcolata pari a 11.115 €, che ha permesso di realizzare un risparmio di 5.315 €; il ricorso al pellet ha perciò permesso di dimezzare la spesa per il combustibile.

A conclusione di questo paragrafo possiamo quindi dire che, nonostante il costo maggiore rispetto al cippato e la tecnologia a minore efficienza rispetto a quella ad acqua calda, l'azienda Giorgio Enrico ha registrato un risparmio settimanale sulle spese di combustibile pari a 590€.

6.1.2.2. LINEA GUIDA PER UN CONFRONTO TRA L'INSTALLAZIONE IN UN'AZIENDA FLOROVIVAISTICA DI UN RISCALDAMENTO A GASOLIO O A BIOMASSA ATTRAVERSO UN IMPIANTO CON CALDAIA AD ARIA

Nella successiva tabella si riportano le caratteristiche tecniche dell'aerotermo installato e la quantità e il prezzo reale della biomassa utilizzata nel periodo di funzionamento. Grazie a tali dati è stato possibile effettuare valutazioni circa la spesa che sarebbe stata necessaria affrontare se, nelle stesse condizioni, fosse stato utilizzato il riscaldamento a gasolio. Nell'analisi sono stati presi in considerazione i costi sostenuti per l'installazione del termoconvettore a biomassa posti a confronto con una caldaia equivalente di ultima generazione a gasolio.

AZIENDA FLORICOLA GIORGIO ENRICO		
CONTO ECONOMICO		
potenza nominale caldaia a pellet	190'000	kcal/h
settimane di funzionamento stagionali	9	sett
consumo di biomassa	24'800	kg
costo medio biomassa	23.5	€/q
spesa acquisto biomassa	5'800	€
consumo stagionale equivalente di gasolio	8'421	l
costo equivalente di gasolio	1.32	€/l
spesa per l'acquisto del gasolio equivalente	11'115	€
costo caldaia	20'500	€
costi impiantistica	4'000	€
manodopera	2'000	€
costo totale impianto biomassa	26'500	€
costo stimato per acquisto, installazione e messa in esercizio caldaia a gasolio di nuova generazione	12'000	€

Nota: i costi indicati rappresentano la spesa per il posizionamento del nuovo sistema di distribuzione del calore nella serra. Questa tecnologia non richiede ulteriori investimenti per il corretto funzionamento.

Volendo considerare un'azienda intenzionata ad effettuare un ammodernamento del proprio sistema di riscaldamento, cambiando il parco macchine necessario, sono stati considerati:

- i costi sostenuti per l'acquisto, l'installazione e la messa in esercizio della caldaia;
- i costi legati al combustibile impiegato;
- i costi legati alla manutenzione ordinaria della macchina. All'interno di quest'ultimo parametro è stata stimata la spesa necessaria alla manutenzione continua richiesta dalla caldaia per mantenerla in un buono stato di efficienza. Non è possibile, in questa fase, calcolare e prevedere eventuali spese straordinarie per particolari esigenze legate a malfunzionamenti.

La quota di ammortamento si riferisce al valore a nuovo del macchinario, suddiviso nei primi 5 anni di vita. Per quanto riguarda il combustibile è stato considerato, come valore ideale

e puramente teorico, il costo effettivamente sostenuto dall'azienda nell'annata 2011 per la biomassa e calcolato secondo i parametri riportati nel paragrafo 5.1.4 per il gasolio. Tale valore è stato considerato come dato medio e protratto per i vent'anni considerati per l'analisi.

Biomassa										
ANNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quota ammort caldaia	5'300	5'300	5'300	5'300	5'300					
Combustibile	5'800	5'916	6'034	6'155	6'278	6'404	6'532	6'662	6'796	6'932
Manutenzione	1'500	1'530	1'561	1'592	1'624	1'656	1'689	1'723	1'757	1'793
Costo ANNUO	12'600	12'746	12'895	13'047	13'202	8'060	8'221	8'385	8'553	8'724

Biomassa										
ANNO	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Quota ammort caldaia										
Combustibile	7'070	7'212	7'356	7'503	7'653	7'806	7'962	8'121	8'284	8'450
Manutenzione	1'828	1'865	1'902	1'940	1'979	2'019	2'059	2'100	2'142	2'185
Costo ANNUO	8'899	9'077	9'258	9'443	9'632	9'825	10'021	10'222	10'426	10'635

Gasolio										
ANNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quota ammort caldaia	2'400	2'400	2'400	2'400	2'400					
Combustibile	11'115	11'337	11'564	11'795	12'031	12'272	12'517	12'768	13'023	13'283
Manutenzione	500	510	520	531	541	552	563	574	586	598
Costo ANNUO	14'015	14'247	14'484	14'726	14'972	12'824	13'080	13'342	13'609	13'881

Gasolio										
ANNO	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Quota ammort caldaia										
Combustibile	13'549	13'820	14'097	14'378	14'666	14'959	15'259	15'564	15'875	16'192
Manutenzione	609	622	634	647	660	673	686	700	714	728
Costo ANNUO	14'159	14'442	14'731	15'025	15'326	15'632	15'945	16'264	16'589	16'921

Lo stesso tipo di ragionamento è stato effettuato nel valutare la spesa relativa alla manutenzione delle caldaie. È stato inoltre considerato un aumento di prezzi per il combustibile e per la manutenzione, utilizzando un tasso di inflazione del 2%. Per meglio evidenziare le differenze tra i due tipi di impianti è stata considerata la sommatoria delle spese per anni successivi, messe a confronto nei seguenti grafici:

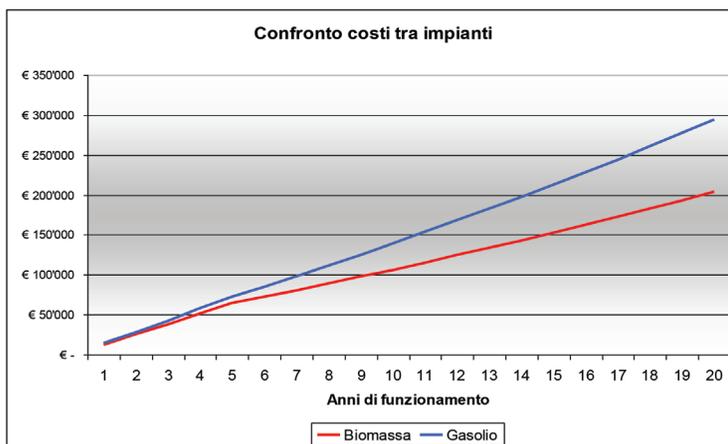


Grafico relativo all'andamento dei costi di un bruciatore a biomassa ed un bruciatore a gasolio
Stima per 20 anni

Dal grafico è possibile osservare che, già a partire dal primo anno, il costo legato all'impiego di un generatore di aria calda alimentato con biomasse consente di mantenere i costi al di sotto

della spesa che si sarebbe sostenuta utilizzando una caldaia a gasolio. Alla fine del quinto anno, quando il costo di investimento è stato ammortizzato, la differenza di spesa diventa sempre maggiore. Occorre sottolineare, ancora una volta, che tale analisi non considera l'incremento del prezzo dei combustibili fossili (es. gasolio, gas); la differenza tra l'impiego di una tecnologia a biomassa potrebbe, quindi, in futuro rivelarsi sempre più conveniente.

A sottolineare quanto finora esposto, nel grafico sotto riportato viene rappresentato il confronto tra l'incidenza economica di un impianto a gasolio ed un impianto a biomassa per una durata di vent'anni.

Anche in questo caso la differenza maggiore si osserva nel costo del combustibile. Di una certa importanza, in questo caso, risulta essere il costo della manutenzione necessaria per mantenere efficiente la caldaia a biomassa. Al termine del periodo considerato, vent'anni, la spesa per la manutenzione risulta essere addirittura superiore al costo di investimento iniziale.

A conclusione di queste note, è importante sottolineare che tutti e quattro gli impianti, monitorati per alcuni mesi di funzionamento dopo l'installazione e il collaudo, necessitano di una manutenzione e di una gestione più complessa rispetto alle caldaie a gasolio; soprattutto nei primi periodi di funzionamento, l'operatore deve trovare la dimestichezza e la misura rispetto ai parametri di funzionamento cercando le regolazioni migliori rispetto sia al carico termico da fornire, sia al tipo di combustibile utilizzato.

Oltre al caricamento del silos o del serbatoio di stoccaggio, con una frequenza dipendente dalle sue dimensioni, le operazioni più importanti sono quelle relative alla pulizia dei vari comparti dell'impianto (camera di combustione, tubi di fumo, zona di raccolta delle ceneri) e al settaggio dei vari parametri per il corretto funzionamento della caldaia (temperatura dell'acqua o dell'aria in uscita dalla caldaia, le temperature all'interno dell'accumulo termico e la temperatura dei fumi in uscita al camino).

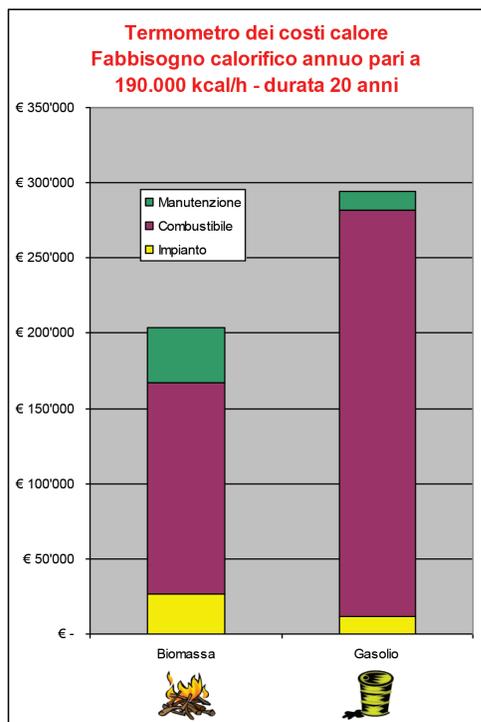


Grafico relativo alla sommatoria dei costi di un bruciatore a biomassa ed un bruciatore a gasolio. Stima per 20 anni

6.2. PROSPETTIVE FUTURE

Il progetto ha avuto una buona riuscita in quanto, nella durata di poco più di tre anni, si sono installati quattro impianti a biomassa in altrettante aziende floricole sparse nel territorio ligure. Gli impianti sono attualmente perfettamente funzionanti, dotati di sistemi di monitoraggio e trasmissione dei dati a distanza all'avanguardia. I proprietari delle aziende agricole si sono dichiarati soddisfatti, avendo visto più che dimezzate le spese sostenute per il riscaldamento delle loro produzioni in serra.

I sistemi di monitoraggio installati presso le aziende devono, pertanto, essere punto di partenza per fare delle aziende in questione dei centri di sperimentazione regionale da cui acquisire dati fondamentali per determinare le migliori scelte impiantistiche, logistiche, economiche e colturali che siano utili alle aziende stesse e ripetibili su tutto il territorio ligure nell'interesse dell'intera filiera florovivaistica.

Tali risultati potrebbero spingere all'incentivazione di tali iniziative presso altre aziende e quindi alla maggiore diffusione di queste tecnologie in ambito regionale nonché all'incentivazione della filiera legno-energia, che potrebbe incrementare l'offerta di biomassa a seguito di una maggiore domanda, con il risultato di avere sempre maggiore fonti di approvvigionamento, maggiore qualità del prodotto, prezzi concorrenziali e maggiori strumenti dal lato dei consumatori per scegliere i prodotti che meglio si adattano alla loro realtà in funzione di qualità e prezzo.

Ad oggi, molte colture legate all'impiego del riscaldamento sono state abbandonate a causa dell'aumentare di costi energetici, non ripagato dal prezzo sempre costante del prodotto venduto. Con sistemi che permettano di contenere i costi per il riscaldamento molte delle coltivazioni sia da reciso che da vaso, coltivate in passato sul nostro territorio con ottimi risultati, potrebbero essere rivalutate e recuperare un interessante posizione sul mercato, così come si potrebbe considerare di sviluppare anche colture innovative fino ad oggi non considerate proprio per questioni di risparmio energetico. In questo modo, si potrebbe garantire una maggiore varietà di prodotti disponibili sul mercato ligure al fine di mantenere vivo l'interesse da parte dei commercianti che operano sul nostro territorio.

In un contesto legislativo e tecnico europeo in cui viene data ampia risonanza e spinta alla realizzazione di smart grid, reti intelligenti in cui vengono gestite le domande e le offerte di energia elettrica e calore a livello locale, appunto, attraverso sistemi avanzati di monitoraggio e trasmissione dei dati, tali aziende potrebbero, inoltre, diventare le aziende campione in cui applicare tali concetti in quanto già dotate degli strumenti base per realizzarli. L'IRF, Ente strumentale della Regione Liguria, potrebbe, in tale ambito, essere il collante delle realtà imprenditoriali e supporto per l'introduzione di innovazione nelle aziende florovivaistiche territoriali.



Istituto Regionale per la Floricoltura

Via Carducci, 12 – 18038 Sanremo

Tel 0184 535149 Fax 0184 542111

E mail irf@regflor.it

Impaginazione e Stampa:

Impronta Digitale

Via Vittorio Emanuele, 485 Bordighera (IM)