



ENEA

ENTE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E L'AMBIENTE



COMBUSTIBILI LEGNOSI

CALORE SOSTENIBILE PER

GLI EDIFICI RESIDENZIALI



LA LEGNA COME FONTE ENERGETICA RINNOVABILE

I NUOVI COMBUSTIBILI LEGNOSI

I moderni sistemi di riscaldamento a legna, molto differenti dai vecchi camini o stufe, utilizzano nuovi combustibili legnosi come i "pellets", pastiglie di segatura compressa piuttosto omogenee e standardizzate, e il cippato, costituito da piccole scaglie di legno che possono differire molto per l'origine, la dimensione e l'umidità. Questi combustibili possono essere trasferiti pneumaticamente in appositi serbatoi, in modo analogo a quanto avviene per il gasolio e costituiscono una fonte di energia rinnovabile, economica ed ambientalmente compatibile. I pellets hanno una densità energetica maggiore rispetto

Pellets di legno



al cippato di legna e quindi necessitano di un volume di accumulo minore; di contro hanno un prezzo maggiore.

LE NUOVE CALDAIE A LEGNA: PULITE, EFFICIENTI E COMODE

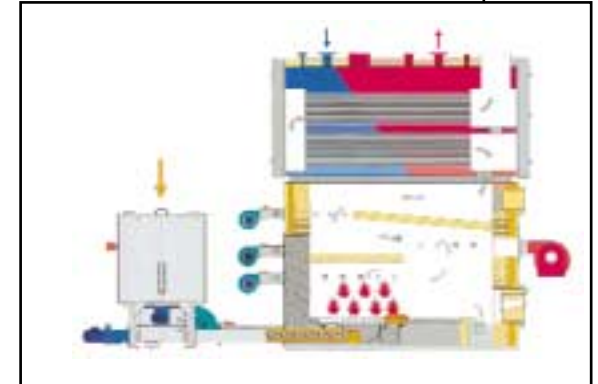
Le moderne caldaie a pellets e a cippato sono dotate di sistemi di alimentazione automatici che prelevano il combustibile dal serbatoio di accumulo e lo bruciano rispettando i più alti standard ambientali. Le migliori caldaie hanno efficienze che possono raggiungere il 90%, paragonabili a quelle di buone caldaie a gasolio e a metano.

Nei disegni sono rappresentati gli schemi di funzionamento di due modelli di caldaie della società Uniconfort (www.uniconfort.com) con bruciatore sottoalimentato o con griglia mobile.

Le attuali caldaie a legna sono dotate di accensione automatica e di sistemi per la pulizia degli scambiatori di calore, per la rimozione automatica delle ceneri in modo da limitare e facilitare il più possibile gli interventi manuali di pulizia.

Alcuni produttori offrono anche un servizio di controllo e monitoraggio remoto del funzionamento delle caldaie.

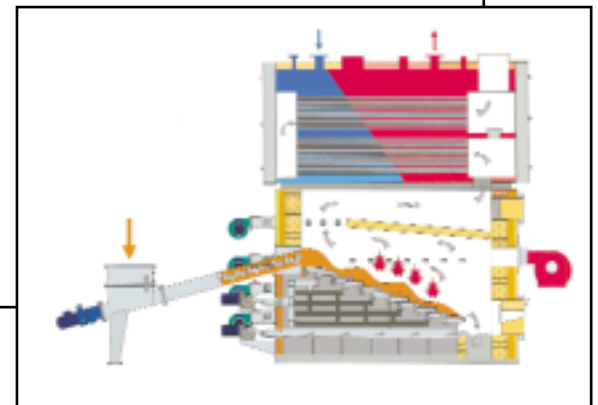
Caldaia con bruciatore alimentato da sotto

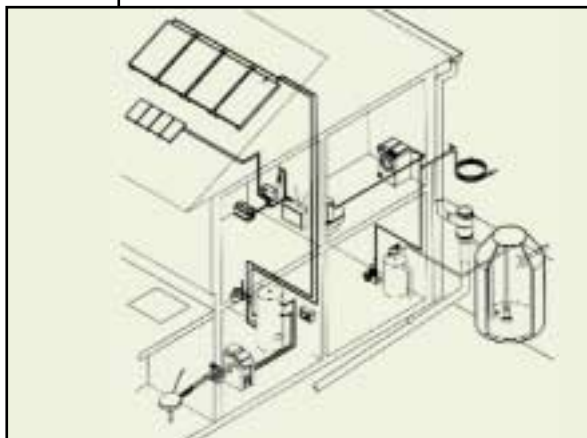


UNA NUOVA GENERAZIONE DI EDILIZIA SOSTENIBILE

Con la saturazione del mercato edilizio residenziale, sta aumentando di importanza nel mercato immobiliare l'attenzione alla qualità e allo sviluppo di nuove soluzioni eco-compatibili.

Caldaia con griglia mobile





Schema di impianto ibrido biomassa/solare

Una nuova generazione di progetti edilizi eco-sostenibili, oltre ad offrire ambienti piacevoli e salubri, consente di ottenere una più ampia e duratura sicurezza nella diversificazione dell'approvvigionamento energetico.

Questi progetti associano soluzioni architettoniche ad alta efficienza energetica con sistemi energetici avanzati, spesso costituiti da sistemi di riscaldamento a biomassa integrati con collettori solari.

Come si può osservare nella figura 1, riferita alla realtà austriaca, il mercato per questo tipo di progetti è ancora limitato, ma cresce rapidamente di anno in anno. Simili andamenti sono riscontrabili nel resto d'Europa.

In alcune paesi queste soluzioni edilizie ad alto risparmio energetico stanno diventando lo standard di riferimento. Nel 2001 più del 50% dei nuovi appartamenti costruiti nella provincia di Salisburgo sono stati dotati di sistemi di riscaldamento a legna ed il 67% di collettori solari. Anche in Italia, soprattutto nelle regioni del Nord, negli ultimi anni sono stati realizzati un numero sempre crescente di impianti a biomasse. Il successo di questa tecnologia nel nostro paese è legato, oltre che alla crescente sensibilità alle tematiche ambientali, alla loro indubbia convenienza economica.

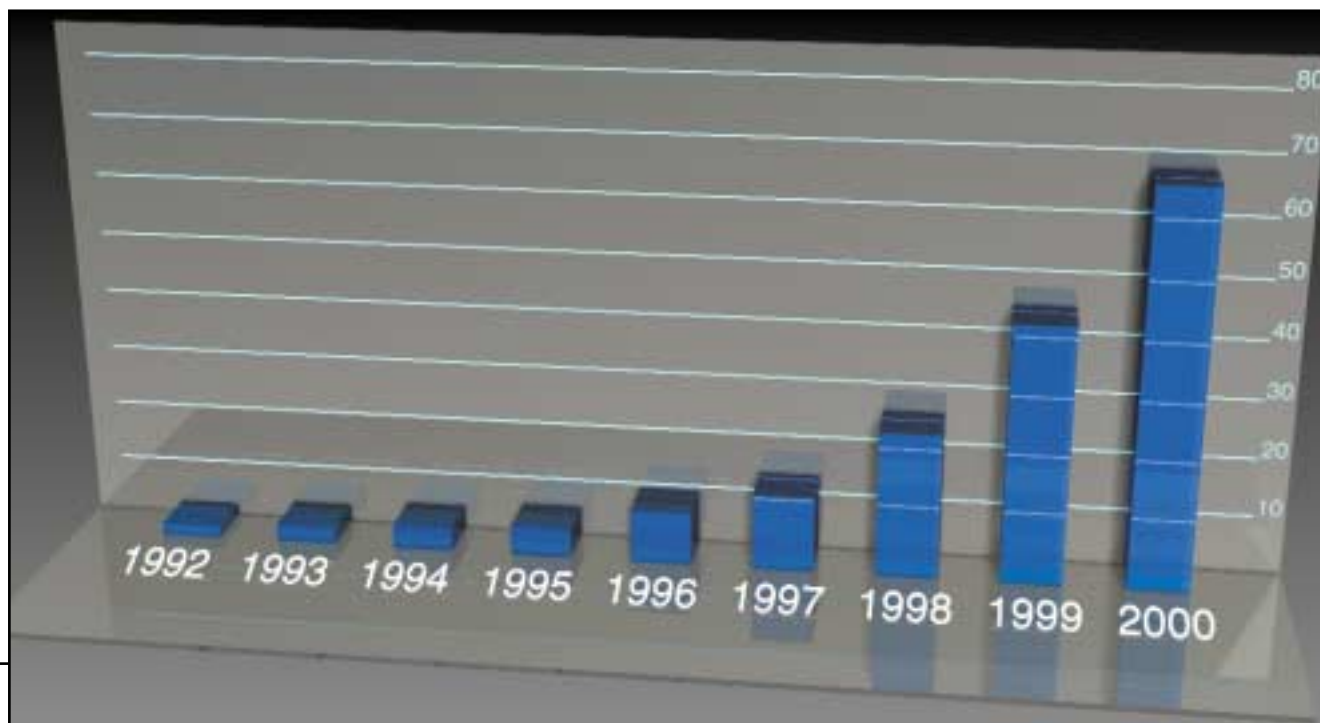


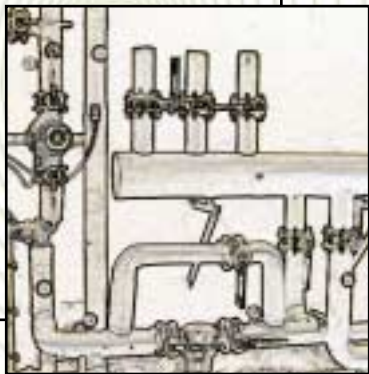
Figura 1. Numero dei progetti di riscaldamento a legna in edifici plurifamiliari in Austria (anni 1992-2000)



ALCUNI ESEMPI DI SUCCESSO

L'AZIENDA AGRICOLA COME AUTOPRODUTTORE DI CALORE

EcoEnergie Srl (www.ecoenergie.it) è una società molto attiva nel Nord-Est del paese che fornisce soluzioni tecnologiche innovative per lo sviluppo sostenibile nel campo energetico e offre diversi servizi, tra cui la progettazione e realizzazione di impianti di riscaldamento a biomassa. Questa società ha curato, tra l'altro, la realizzazione di un impianto a ciocchi di legna per il riscaldamento e la produzione di acqua sanitaria nei 4 appartamenti di un'azienda agricola di Lupia, nel vicentino, in sostituzione di una vecchia caldaia a metano, per un volume complessivo di 2400 m³.



È stata scelta una caldaia PYROMAT-ÖKO a fiamma rovescia da 75 kW ad alimentazione manuale della KÖB (www.koeb-schaefer.com).

L'impianto prevede due serbatoi di accumulo dell'acqua calda di 1500 litri cadauno, che permette di ottimizzare il processo di combustione e di garantire una autonomia di nove ore di approvvigionamento in inverno e di cinque giorni in estate.

Prevedere in fase di progetto un accumulatore di calore è sempre auspicabile perché:

- permette di regolare l'attività della caldaia, accumulando il calore prodotto in eccesso anche quando l'impianto termico non lo prevede;
- evita frequenti fermate ed avviamenti della caldaia, riducendo le emissioni di inquinanti e di condensate acide che si verificano nelle fasi di transizione;
- assicura il riscaldamento fin dalle prime ore del mattino anche a caldaia spenta.

Il costo di investimento totale per l'impianto è stato di circa 15.000 €, dei quali 9.000 € per la sola caldaia.

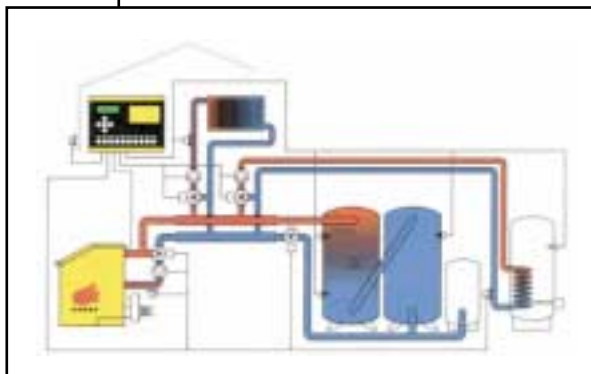
Nonostante i costi d'investimento necessari siano maggiori di quelli per una caldaia tradizionale a metano o gasolio, i costi di esercizio risultano essere molto contenuti anche perché la legna

Caldaia a fiamma rovescia a tronchetti di legno



consumata, circa 25 tonnellate/anno, viene per circa il 50% autoprodotta. Il tempo di ritorno dell'investimento risulta essere di circa 3 anni, senza ricorrere a nessun incentivo o sussidio. Questa soluzione può essere adottata in altre aziende agricole che possono facilmente reperire notevoli quantità di combustibili legnosi a basso costo e soddisfare così autonomamente i propri fabbisogni energetici.

Schema d'impianto con accumulo termico



L'AZIENDA AGRITURISTICA COME PRODUTTORE DI BIOENERGIA

Le aziende agrituristiche possono provvedere al proprio fabbisogno energetico autoproducendo combustibile legnoso da utilizzare per il riscaldamento.

Un esempio di questo tipo di intervento è fornito dall'Azienda Agriturbistica Monterosello (www.monterosello.it) di Città di Castello, in provin-

Azienda agriturbistica di Monterosello (Perugia)



cia di Perugia, che ha sviluppato un progetto di gestione dei boschi con tecniche innovative ed eco-compatibili per la produzione di combustibili rinnovabili per il riscaldamento mediante cippato di legno. La superficie dell'azienda, di circa 125 ha, è costituita per circa 70 ha da boschi di conifere messe a dimora circa 30 anni fa.

L'impianto è stato realizzato dalla Società di progettazione Politecnica Italiana e fornisce l'energia termica per il riscaldamento di un casale avente una volumetria di 2200 m³.

È stata scelta una caldaia serie Aurora a cippato di legna della ditta CMD Termomeccanica Snc (www.cmdcaldaie.it), con una potenza utile di 115 kW, dotata di sistemi di gestione, regolazione e sicurezza e del sistema di estrazione e pulizia delle ceneri; un quadro elettrico di comando permette la gestione completamente automatizzata di tutto il sistema di alimentazione e combustione.

Il funzionamento dell'impianto è previsto per 120 giorni all'anno con un consumo medio giornaliero di 400 kg e un consumo totale annuo di 48 tonnellate, corrispondenti a circa 15.900 litri di gasolio.

Il sistema di estrazione del cippato dal silo, con una capacità di 10 m³ ed un'autonomia di circa 8 giorni, è costituito da un sistema di coclee disposte in parallelo, che automaticamente estrae il cippato, regolando



La caldaia e il silo di accumulo

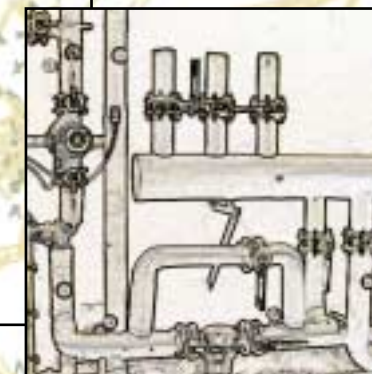
la portata in funzione della potenza richiesta alla caldaia.

La rete di distribuzione del calore di circa 100 metri è stata realizzata con tubazioni interrate in acciaio e coibentate.

L'investimento totale per la realizzazione è stato di circa 25.800 €, di cui 5.150 € per la caldaia, 9.300 € per la rete di collegamento, 9.800 € per le opere civili, l'area di stoccaggio e gli ausiliari, 1.550 € per la progettazione e la direzione dei lavori.

Il costo del cippato auto-prodotto è stato calcolato in circa 70 €/t, la spesa annua per il riscaldamento

Sistema di coclee per l'estrazione del cippato dal silo



risulta essere pari a 3.400 €, circa un terzo di quello che si sarebbe speso con una caldaia a gasolio.

Nel caso specifico l'impianto ha usufruito di alcuni incentivi regionali: un contributo in conto capitale del 40% per l'acquisto della caldaia ed un finanziamento quinquennale al tasso agevolato del 5,5% per il restante 60%.

Le aziende agrituristiche sono così in grado di restituire il finanziamento

con circa un terzo di quello che spendono attualmente per il riscaldamento a gasolio e GPL, risparmiando ancora un terzo rispetto alla spesa attuale.

Forte dell'esperienza acquisita con la realizzazione e la gestione del sistema di riscaldamento messo a punto nella propria azienda e nell'ottica di diversificare le propria attività imprenditoriale, l'azienda agrituristica si porrà anche come fornitore di cippa-

to.

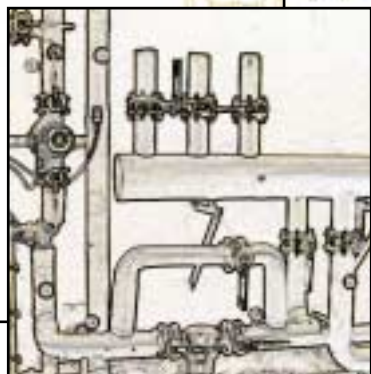
RISCALDAMENTO SOSTENIBILE DI UN ALBERGO

La società Ecoenergie (www.ecoenergie.it) ha anche sviluppato e realizzato il sistema di riscaldamento di un albergo sito sull'altopiano di Asiago, dove la vecchia caldaia a gasolio è stata sostituita con un moderno sistema a biomassa, con un notevole risparmio economico d'esercizio.

Per fornire il calore all'intero complesso (4 piani più mansarda, per una volumetria di circa 7.500 m³) è stata scelta una caldaia modello PYROT da 220 kW della KÖB a caricamento automatico del cippato. Il bruciatore, dotato di un dispositivo per l'accensione automatica, è costituito da un doppio sistema: focolare sottoalimentato e griglia mobile. Il combustibile legnoso proviene dagli scarti di una segheria locale che fornisce un materiale con un'umidità massima del 30% e garantisce con buoni margini di sicurezza la fornitura durante tutta la stagione.

La caldaia è posta in un vano ricavato nello scantinato dell'edificio e il cippato accumulato in una fossa adiacente da 32 m³, accessibile da una botola con apertura a pistoni oleodinamici, in grado di soddisfare il fabbisogno per 3-4 giorni. Il materiale combustibile viene alimentato attraverso un sistema a doppia coclea ed è pre-

Albergo riscaldato a biomassa



sente un sistema di sicurezza antincendio con innaffiamento e con una paratia tagliafuoco per impedire un eventuale ritorno di fiamma.

La caldaia scelta garantisce un rendimento nominale superiore al 90% ed è controllata attraverso un sistema elettronico che gestisce anche l'accensione automatica. La realizzazione di questo progetto è costato nel

Caldaia da 220 kW con estrazione automatica delle ceneri



complesso 36.000 €, di cui 26.000 € per la caldaia.

NUOVE OPPORTUNITÀ PER LE SOCIETÀ DI SERVIZI ENERGETICI

Ecotermica Piemontese (www.ecotermica.com) è una azienda che si occupa di progettazione, realizzazione, vendita e gestione di impianti termici a biomassa. Diversi sono gli impianti che sono stati installati per soddisfare la domanda termica di utenze pubbliche e private: abitazioni, uffici, alberghi, palestre comunali, scuole e piscine.

Di seguito vengono presentate brevemente alcune iniziative realizzate negli ultimi anni.

- A Fossano (Cuneo), è stato realizzato un impianto per il riscaldamento di una palestra pubblica con una domanda annuale di energia pari a 190 MWh. Stata installata una caldaia austriaca da 100 kW alimentata con 120 t/anno di cippato di legno. La centrale termica è stata ricavata da una porzione di immobile con annesso un silo interrato di stoccaggio del combustibile da 50 m³. Questo impianto ha richiesto un investimento totale di circa 50.000 €.

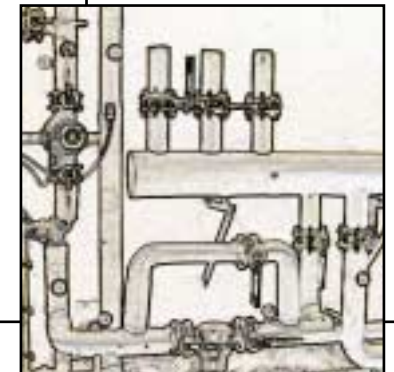
- A Tavigliano (Biella), per il riscaldamento di alcuni locali comunali, asilo nido con annessa scuola elementare e municipio, è stata installata una caldaia a cippato della Tiba Müller da 230 kW per soddisfare una domanda

di 200 MWh. La centrale termica semi interrata è stata ricavata all'interno di una porzione dell'asilo; il silo di stoccaggio è interrato ed adiacente alla centrale stessa.

- Per il riscaldamento di diverse utenze pubbliche (asilo, scuola elementare, scuola media e casa di riposo) a Valduggia (Vicenza) è stata realizzata una breve rete di teleriscaldamento alimentata da una caldaia della ditta austriaca Mawera (www.mawera.com) da 550 kW, che fornisce 800 MWh all'anno.

- A Lombriasco (Torino), una scuola privata ad indirizzo agrario è riscaldata con una caldaia a cippato da 850 kW che soddisfa una domanda termica di 1.300 MWh. La centrale termica è collegata ai diversi edifici che compongono l'istituto attraverso una breve rete di teleriscaldamento e il silo di stoccaggio del combustibile di 122 m³

Caldaia di potenza elevata con ricircolo dei fumi



è interrato ed annesso alla centrale termica. Il costo d'investimento totale è stato pari a 240.000 €.

UTILIZZO DEI PELLETS PER UN MODERNO RISCALDAMENTO RESIDENZIALE

L'Amga Energia Srl (www.amgaenergia.it) di San Muro Pascoli, in provincia di Cesena, è un'azienda di servizi che opera in diversi settori d'intervento: gestione illuminazione, servizio di verifica degli impianti, fornitura servizio calore e utilizzo delle biomasse per la produzione e combustione di pellets.

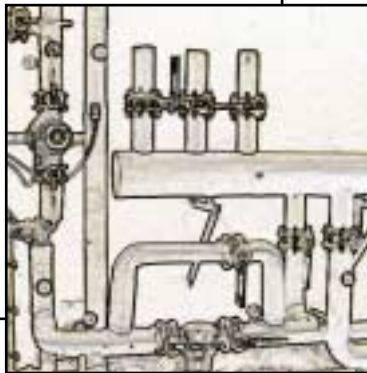
Il servizio calore offerto consiste nella progettazione, realizzazione e gestione degli impianti di riscaldamento a biomassa. L'utente paga tale servizio a seconda delle ore di riscaldamento di cui usufruisce. Questa attività ha portato alla realizzazione di oltre 30 impianti a pellets in pochi anni e sono in fase di concretizzazione molte altre iniziative. Il successo di questa attività è da ricercare nella convenienza e comodità del servizio offerto: all'utente viene sostituita la vecchia caldaia a combustibile tradizionale con una caldaia a pellets, con un notevole risparmio finale sulla bolletta energetica. Spesso è la stessa società ad investire nella realizzazione degli impianti per poi recuperare l'investimento con la vendita del calore. L'utilizzo dei pellets rende gli spazi di accumulo del combustibile ridotti,



Caldaia a combustibile sfuso

aumenta i tempi di autonomia degli impianti e rende più facili e veloci le operazioni di movimentazione. Questa società produce in parte i pellets che utilizza negli impianti, minimizzando il loro costo di produzione, e, controllando l'intera filiera energetica, riesce ad ottimizzare l'intero processo, massimizzandone il vantaggio economico.

Gli stessi uffici dell'Amga Energia sono riscaldati con una caldaia modello CS 500 da 580 kW della società D'Alessandro Termomeccanica (www.caldaedalessandro.it) alimentata a pellets. Tale caldaia ha il focolare in ghisa sottoalimentato ed è dotata di camera di combustione e di scambiatore a fascio tubiero in acciaio a 3 giri di fumo, con portelli per l'ispezione e la



pulitura della caldaia, coclea d'alimentazione a velocità variabile, tramoggia per il carico del combustibile e dispositivi per il suo controllo.

STATOIL - UNA COMPAGNIA PETROLIFERA PER I SERVIZI ENERGETICI RINNOVABILI

A sottolineare il crescente interesse verso l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili in generale, e dei biocombustibili in particolare, anche operatori tradizionalmente interessati al settore petrolifero, quali la Mobil, la BP e l'ENI, hanno attivato progetti sulle fonti rinnovabili.

Un ulteriore esempio è costituito dalla Statoil, la principale compagnia petrolifera norvegese, che offre un servizio di fornitura calore per il riscaldamento di edifici residenziali con energia rinnovabile o pompe di calore.

La Statoil progetta, costruisce e gestisce l'intero sistema di riscaldamento e vende ai clienti il calore. Inoltre offre un servizio di monitoraggio in remoto e di certificazione ambientale.

I clienti ricevono quindi un'unica bolletta per il riscaldamento che comprende una quota di rateizzazione dell'investimento, i costi d'esercizio e di manutenzione delle caldaie. Questa tipologia di servizio si basa su contratti a lungo termine (10-15 anni), con prezzi competitivi rispetto alle soluzioni tradizionali. I clienti tipici sono le scuole, le case di riposo o i grandi condomini che passano dal riscaldamento

a gasolio o elettrico a quello a biomassa. Questa attività commerciale è iniziata in Svezia e Norvegia a partire dal 1999 e si sta diffondendo molto velocemente nei paesi del Nord Europa.

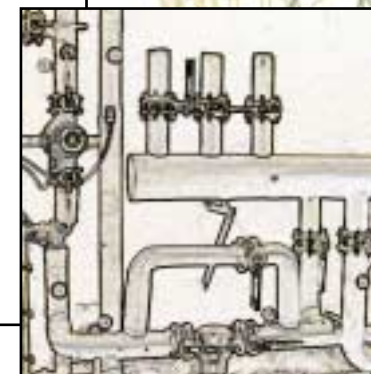
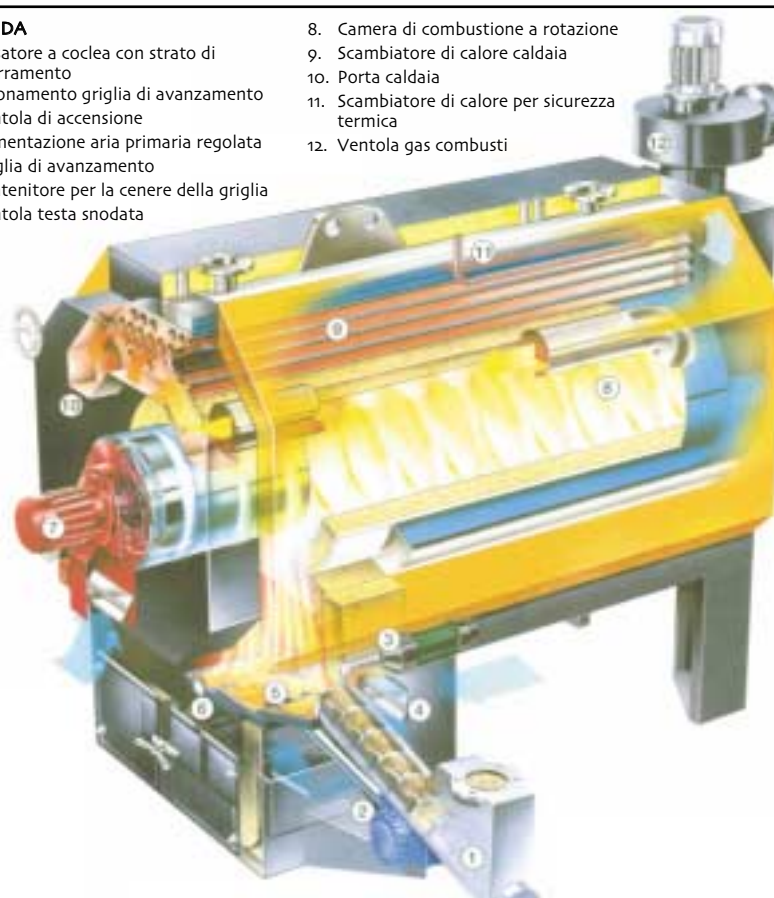
Uno dei progetti più importanti sviluppati da Statoil è quello relativo al centro di esposizione fieristico Expo-rama nei dintorni di Oslo. Per soddisfare la domanda energetica dei 6.000 m² dell'edificio, è stata installata una caldaia a pellets da 860 kW e una a gas propano da 1.120 kW. La

caldaia a pellets fornisce la gran parte del carico energetico di base richiesto durante l'inverno, mentre quella a gas copre i picchi di domanda e agisce come dispositivo di sicurezza.

Per aumentare la flessibilità del sistema è possibile utilizzare anche il gasolio in modo da poter scegliere il combustibile convenzionale più economico a seconda delle condizioni di mercato contingenti. È stato previsto anche lo spazio per l'installazione di una terza caldaia a pellets per coprire l'aumento

LEGENDA

1. Dosatore a coclea con strato di sbarramento
2. Azionamento griglia di avanzamento
3. Ventola di accensione
4. Alimentazione aria primaria regolata
5. Griglia di avanzamento
6. Contenitore per la cenere della griglia
7. Ventola testa snodata
8. Camera di combustione a rotazione
9. Scambiatore di calore caldaia
10. Porta caldaia
11. Scambiatore di calore per sicurezza termica
12. Ventola gas combusti



Caldaia con caricamento automatico del combustibile e scarico delle ceneri

Le valutazioni economiche relative a sistemi di riscaldamento a combustibile legnoso si basano sui costi d'investimento, che sono generalmente più alti di quelli per impianti a combustibile tradizionale, e sui costi d'esercizio, che risultano essere più bassi (figura 2).

I costi presentati nella tabella 1 sono stati calcolati secondo la metodologia tedesca VDI 2067 che è in linea con la norma europea EN 832 e sono relativi ad un impianto da 100 kW che opera per circa 1.500 ore/anno; per la copertura di tali costi è stato ipotizzato un contributo pubblico in conto capitale del 30%.

I dati sono il risultato di una elaborazione effettuata con un programma che opera in ambiente Excel.

Questo foglio di calcolo elettronico può essere scaricato dal sito www.bio-heat.info ed utilizzato per determinare i costi relativi a qualsiasi sistema di riscaldamento.

In Italia il regime fiscale prevede una aliquota IVA agevolata (10% invece del 20%) per gli interventi di risparmio energetico e di utilizzo delle fonti rinnovabili per il settore civile, mentre per gli impianti di tipo industriale, come sono considerati quelli collegati alle reti di teleriscaldamento, sono previste agevolazioni in conto eserci-

Figura 2. Confronto tra i costi totali annui del calore utilizzando diversi combustibili

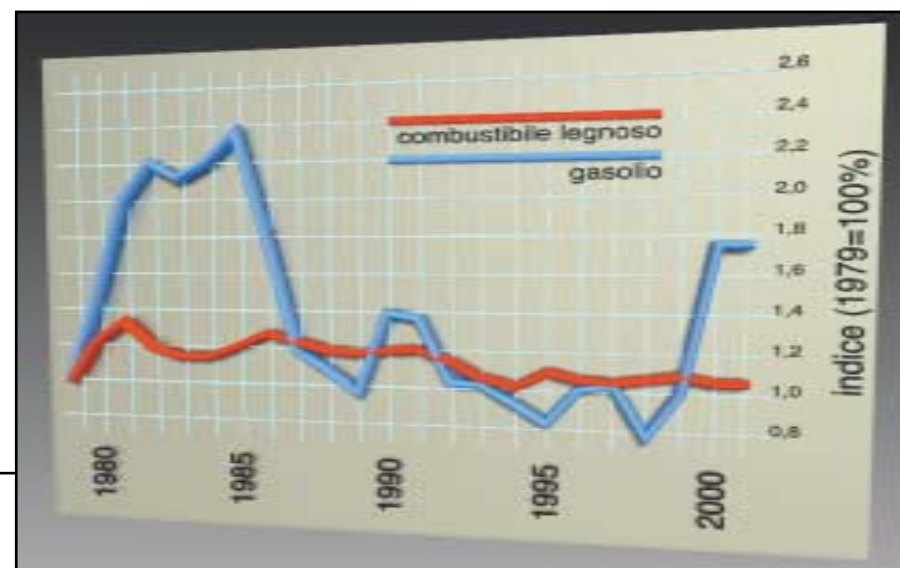
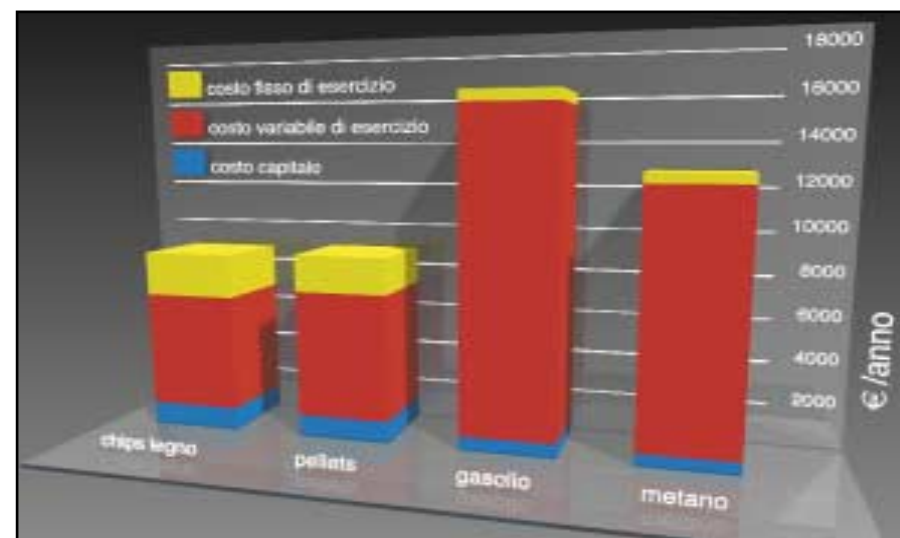


Figura 3. Variazione dei prezzi del gasolio e dei combustibili legnosi in Austria (anni 1979-2001)



Tabella 1. Esempio di confronto tra costi di impianti a biomassa e a combustibile tradizionale per una caldaia da 100 kW operante 1500 ore/anno

	Unità	Chips legno	Pellets	Gasolio	Metano
Costo caldaia	€	10.000	10.000	4.000	3.000
Costo installazione	€	2.500	2.500	1.500	1.500
Opere civili	€	10.000	8.500	4.500	4.000
Totale investimento	€	22.500	21.000	10.000	8.500
Contributo conto capitale	%	30	30	0	0
Investimento meno sussidio	€	15.750	14.700	10.000	8.500
Costo del capitale	€/anno	1.110	1.049	704	594
Costo combustibile	€/anno	5.000	6.000	15.000	12.000
Costo elettricità esercizio caldaia	€/anno	120	80	60	50
Costo riparazioni	€/anno	180	160	80	70
Costo personale	€/anno	1.000	750	0	0
Pulizia camino	€/anno	250	200	150	80
Contratti di servizio	€/anno	400	400	200	200
Assicurazioni ed altri costi	€/anno	250	200	100	100
Costi di esercizio totali	€/anno	8.310	8.839	16.294	13.094
Costo totale per MWh	€/MWh	55	59	109	87

zio per gli utenti finali nel caso di installazioni in aree climaticamente difficili (Comuni ubicati in zona E ed F in base al DPR 412/93). Spesso è possibile usufruire di contributi regionali in conto capitale in percentuale varia-

bile dal 30 al 60% a seconda della Regione.

I prezzi dei combustibili legnosi sono generalmente più stabili e prevedibili di quelli del gasolio, come si può osservare nella figura 3 che confronta

l'andamento dei prezzi dei due combustibili dal 1979 ad oggi in Austria.

Inoltre i combustibili legnosi sono, a parità di contenuto energetico, significativamente più economici di quelli tradizionali.



IMPATTO AMBIENTALE DELLA COMBUSTIONE DELLA LEGNA

È convinzione comune che la combustione della legna sia molto inquinante: questo è vero solo per le vecchie caldaie tradizionali, dove la combustione non è ottimizzata, come si può osservare nel grafico in cui sono indicate le emissioni in mg/MJ.

Questo non vale per le moderne caldaie ad alta tecnologia, progettate per ottenere una combustione quasi perfetta della legna e con emissioni comparabili a quelle delle caldaie a combustibile convenzionale.

Bisogna sottolineare inoltre come nella combustione della biomassa si può non conteggiare la CO₂ emessa perché questa è quasi uguale a quella che è stata sottratta all'atmosfera durante la sua crescita.

In realtà questo è vero solo se si trascurano le spese energetiche relative al taglio, al trattamento e al trasporto del combustibile legnoso, per cui una valutazione più puntuale richiede un'analisi sull'intero ciclo di vita del combustibile.

Nella tabella 2 vengono confrontate le emissioni prodotte da una moderna caldaia a *chips* o *pellets* di legno con quelle alimentate con gasolio o con gas naturale.

Da questi dati (figura 4) è possibile rilevare che le caldaie a legna hanno

Figura 4. Emissioni di inquinanti derivanti dalla combustione della legna (in mg/MJ)

Fonte: Rapporto sull'energia 1990 del Governo austriaco

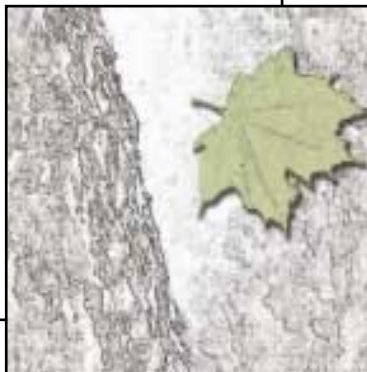
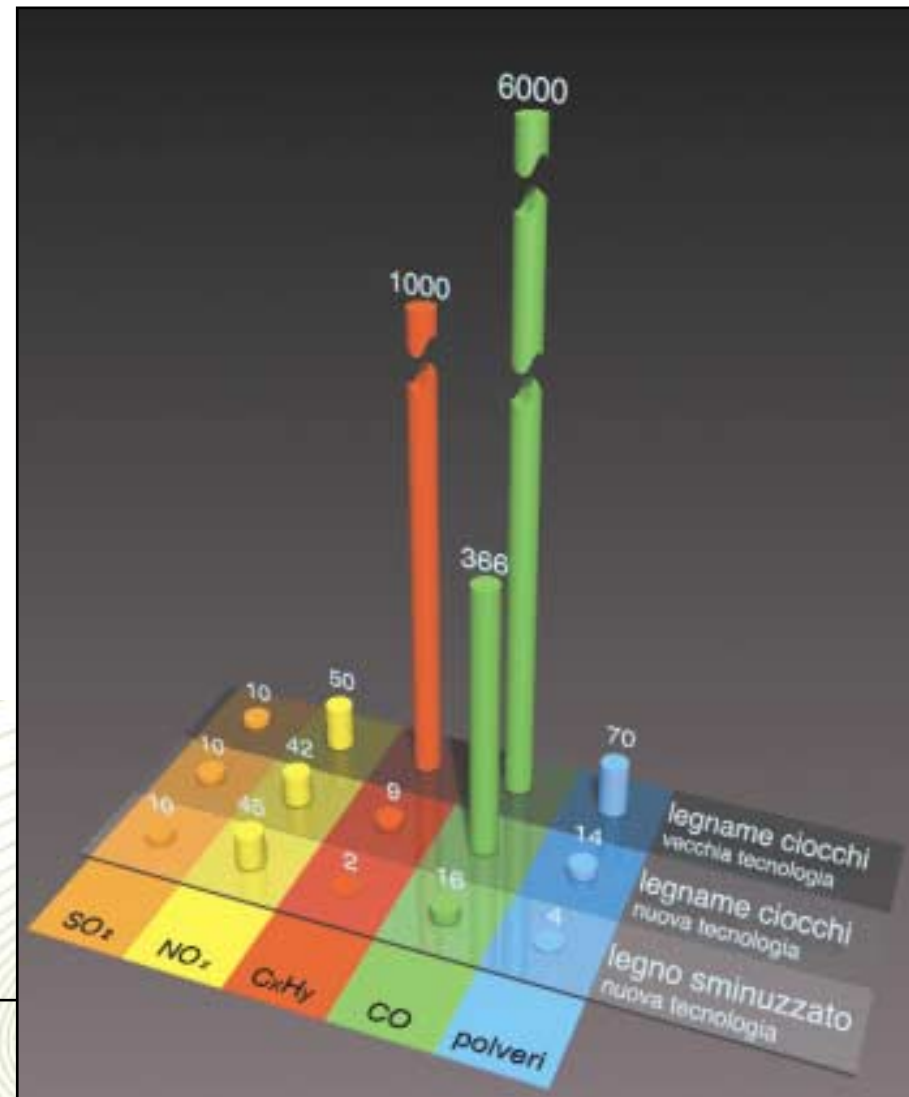
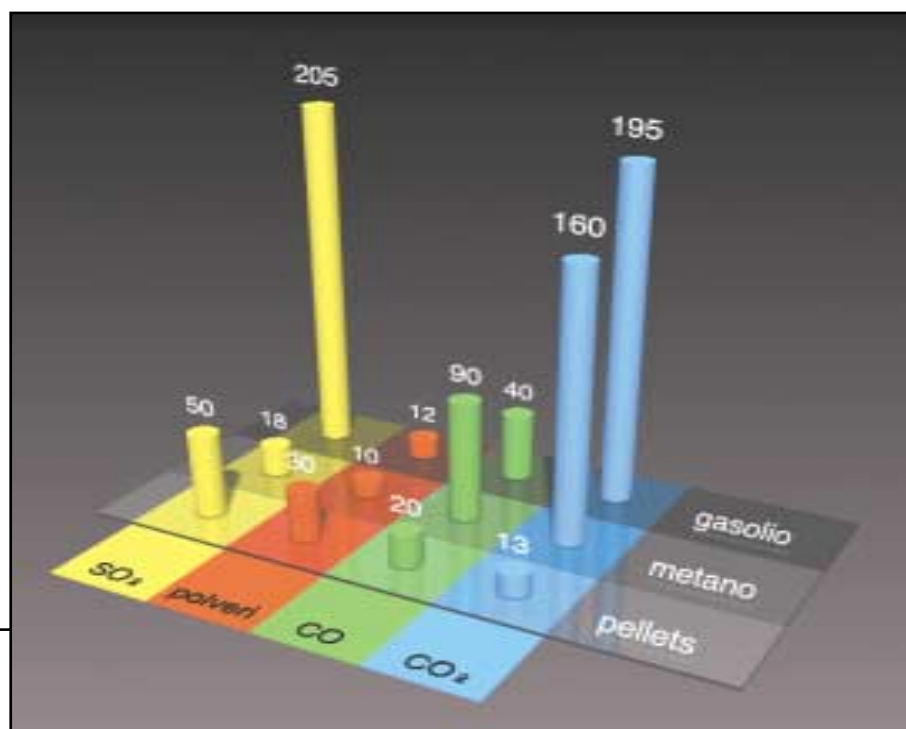


Tabella 2. Emissioni prodotte da caldaie a gasolio, a gas naturale ed a pellets o cippato, in mg/kWh

	Gasolio	Gas naturale	Chips/Pellets
CO	10	150	250
SO ₂	350	20	20
NO _x	350	150	350
Polveri	20	0	150
COV	5	2	10

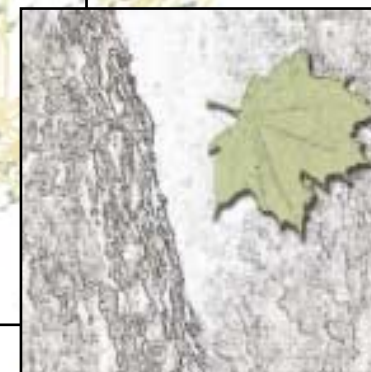
Figura 5. Confronto delle emissioni considerando l'intero ciclo di vita del sistema caldaia/combustibile



emissioni di SO₂ simili o inferiori ai sistemi convenzionali, leggermente maggiori per quanto riguarda NO_x e CO, mentre sono più alte, ma comunque accettabili, le emissioni di polveri. Le emissioni atmosferiche non sono gli unici impatti ambientali che devono essere considerati. La produzione del combustibile e il suo trasporto aumenta considerevolmente l'inquinamento complessivo che deve essere conteggiato in un bilancio ambientale complessivo.

Le emissioni atmosferiche relative all'intero ciclo di vita dei combustibili rappresentate nella figura 5 sono state calcolate utilizzando GEMIS, un modello sviluppato dall'istituto tedesco di ecologia applicata Öko Institut (www.oeko.de).

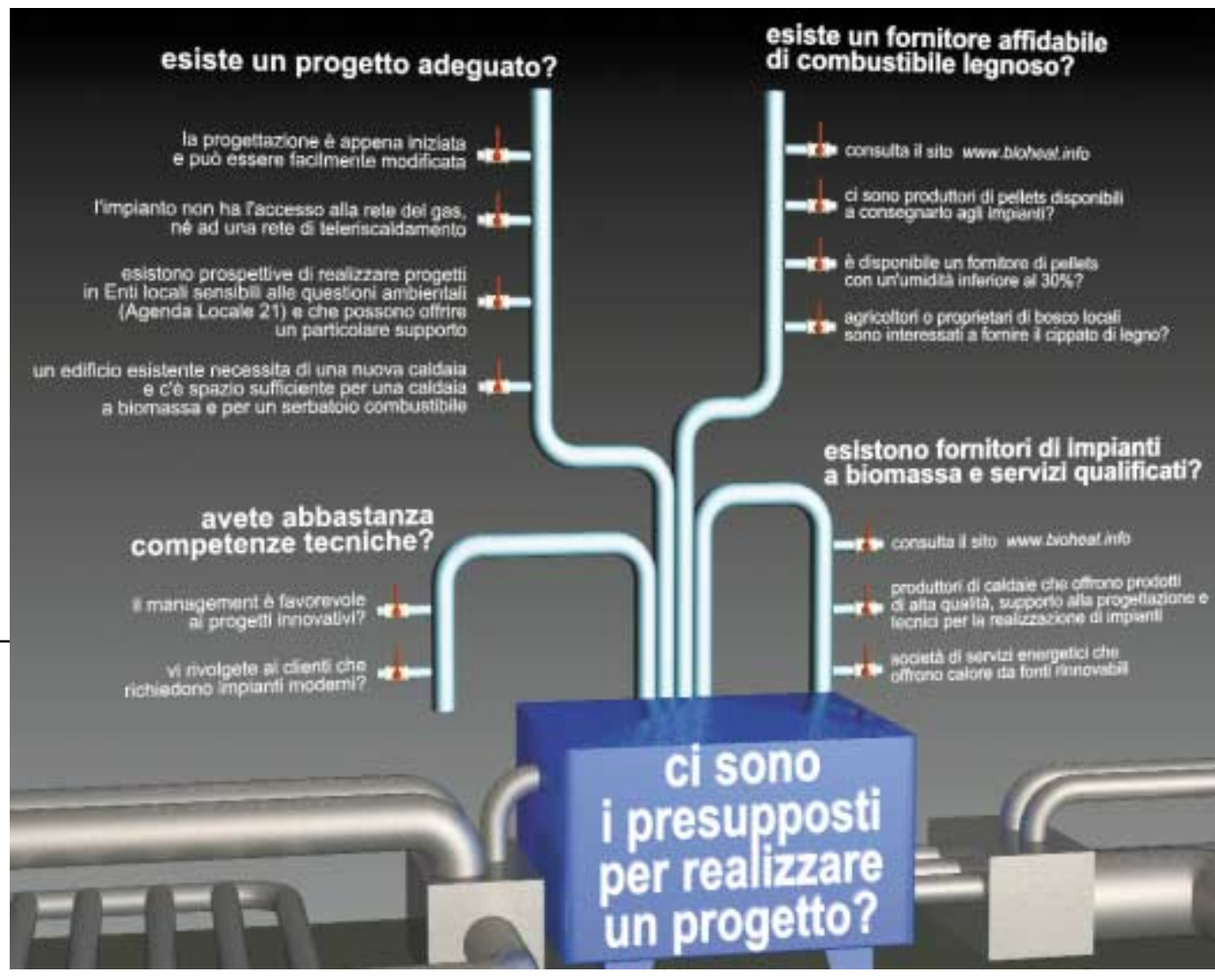
I risultati sono stati ottenuti ipotizzando che i pellets vengano trasportati "su gomma" per una distanza massima di circa 300 km e conteggiando le emissioni relative al processo di produzione e smaltimento delle caldaie. Dal confronto si può notare come i pellets abbiano la migliore performance per quanto riguarda le emissioni di CO₂ e CO. Le emissioni di SO₂ risultano essere significativamente più basse rispetto a quelle imputabili alle caldaie a gasolio, ma più alte se comparate a quelle a gas. Le emissioni di polveri risultano essere leggermente maggiori, ma ammontano a non più di 30 kg all'anno.

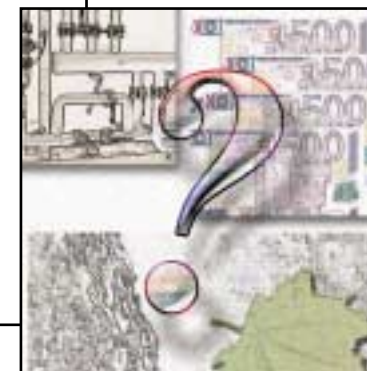


PER PROGETTARE UN IMPIANTO DI RISCALDAMENTO A LEGNA



74







Per ulteriori informazioni consultare il sito
www.bioheat.info

Edito dall'ENEA
Funzione Centrale Relazioni Esterne
Lungotevere Thaon di Revel 76 - 00196 Roma
www.enea.it

a cura di L. Castellazzi, V. Gerardi, E. Scoditti (ENEA), C. Rakos (EVA), J. Hass (consulente energetico)

Progetto grafico: *FilRouge*

Stampa: Grafiche Ponticelli SpA

Finito di stampare nel mese di settembre 2002

Questo opuscolo è stato realizzato nell'ambito del programma ALTENER
(Contratto: 4.1030/C/00-163/2000) finanziato dalla Comunità Europea

Una versione elettronica di questo documento è disponibile presso il sito internet *www.bioheat.info*