

# Strategie per ridurre le emissioni delle stufe a legna fino all'80%

Le misure tecnologiche di ottimizzazione del funzionamento di una stufa a legna, cioè quelle a carico di chi l'apparecchio lo utilizza quotidianamente, sono fondamentali per ridurre significativamente le emissioni. Ma anche i costruttori possono ancora fare molto sul piano dello sviluppo tecnologico

Christoph Schmidl, Bioenergy2020+ christoph.schmidl@bioenergy2020.eu

I frequenti superamenti dei valori limite del particolato (PM<sub>10</sub>) sono un problema molto sentito e comune in molti paesi Europei, tra cui anche l'Austria. Sulla base degli inventari della qualità dell'aria, dei macrotraccianti e dei bilanci di massa, è noto che le sorgenti emissive più rilevanti sono rappresentate dai trasporti, dal comparto industriale e dalla combustione residenziale (riscaldamento). In riferimento al particolato, nei Paesi europei centro-meridionali, in inverno mediamente circa il 40% del PM<sub>10</sub> è prodotto dalla combustione domestica di biomasse legnose, principalmente legna da ardere utilizzata in apparecchi domestici.

Per mitigare questi effetti gli Stati membri hanno adottato piani di qualità dell'aria che impongono agli apparecchi domestici valori limite del rendimento e delle emissioni sempre più stringenti, fino al divieto di utilizzo nelle zone più critiche in ambito urbano.

In Austria, per affrontare il problema è stato attivato – nel periodo 2009-2012 - il progetto “*Neue Öfen 2020: le stufe a legna del futuro, misure per implementare le migliori tecnologie allo stato della tecnica*”, finanziato completamente da fondi statali. Il progetto ha coinvolto direttamente gli *stakeholders*, ovvero i costruttori di apparecchi domestici, le agenzie di protezione ambientale e le autorità regionali con competenza in materia di qualità dell'aria. L'obiettivo principale era svi-

luppare una serie di misure per stimolare e supportare il massimo miglioramento tecnologico possibile per le stufe a legna.

## BENE AL TEST DI OMOLOGAZIONE, MA ALLA PROVA REALE?

Attualmente lo sviluppo tecnologico è orientato principalmente a migliorare le prestazioni delle stufe ai fini di ottenere i migliori risultati dalle prove di omologazione, più che per conseguire le migliori prestazioni nel contesto di funzionamento reale. I test di omologazione non sono oggi in grado di identificare i migliori prodotti in termini di prestazioni reali in campo.

È necessario quindi mettere a punto nuove metodologie di prova. Gli attuali limiti di emissione sono basati sui risultati ottenuti in laboratorio durante le prove di omologazione, pertanto anche i valori limite dovranno essere adeguati ai risultati che si otterranno con le nuove metodologie. Una volta che saranno messe a punto le nuove metodologie per identificare i prodotti di miglior qualità, le strategie di sostituzione dei vecchi apparecchi con i migliori prodotti costituiranno la misura più efficace di riduzione delle emissioni. Nel corso di un incontro tecnico con i rappresentanti della Commissione Europea (DG Energia, Ambiente e Industria) per la messa a punto dei metodi di misura per *L'Ecodesign* e *l'Ecolabelling* (LOT20, apparecchi domestici), le principali conclusioni a cui si è giunti a se-

guito della consultazione con gli esperti invitati sono state le seguenti:

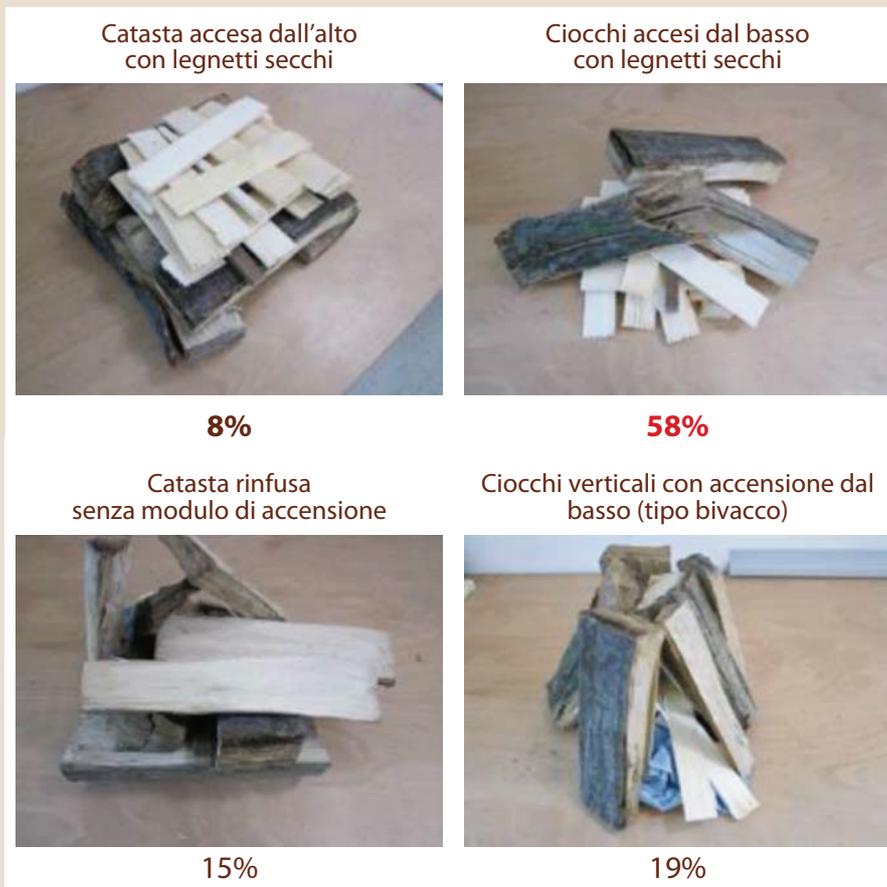
- gli attuali metodi di misura, in particolare per le emissioni di polveri, non sono comparabili;
- in futuro dovranno essere misurati anche i condensabili;
- i metodi di misura dovranno rispecchiare quanto più possibile le performance ottenibili in campo, questa richiesta sarà inclusa nel prossimo mandato (M/495).

## IL RUOLO CHIAVE È DI CHI USA LA STUFA

Per mettere a punto una metodologia di prova che rifletta il funzionamento nel contesto reale delle stufe a legna sono state condotte in Austria alcune indagini in campo sul comportamento degli utilizzatori finali nella gestione dei generatori e sul monitoraggio delle performance in campo degli apparecchi allo scopo di determinare l'impatto di questi due fattori sull'efficienza e le emissioni, in rapporto ai valori ottenuti in laboratorio con le omologazioni.

### 1. Modalità di accensione

È noto che la modalità di accensione ha un rilevante impatto sul fattore di emissione di polveri nella fase di accensione, è stato dimostrato infatti che **disponendo la legna in catasta e accendendo il fuoco dall'alto per mezzo di un modulo**



d'accensione composto da legnetti secchi, l'emissione di polveri si riduce del 50-80% rispetto all'accensione dal basso. Sulla base di una indagine campionaria presso gli utenti finali è risultato che solo l'8% accende correttamente il fuoco nella stufa (foto 1).

Riguardo ai materiali usati come **accendi fuoco** e il loro **posizionamento** rispetto alla carica di legna, il 62% del campione ha dichiarato di utilizzare piccoli pezzi di legna e carta, mentre solo l'8% dichiara di usare appositi accendi fuoco. L'83% degli utenti posizionano il modulo di accensione alla base della carica o nella sua parte inferiore, dove causa i maggiori valori di emissione di polveri in fase di accensione.

## 2. Monitoraggio del funzionamento in campo

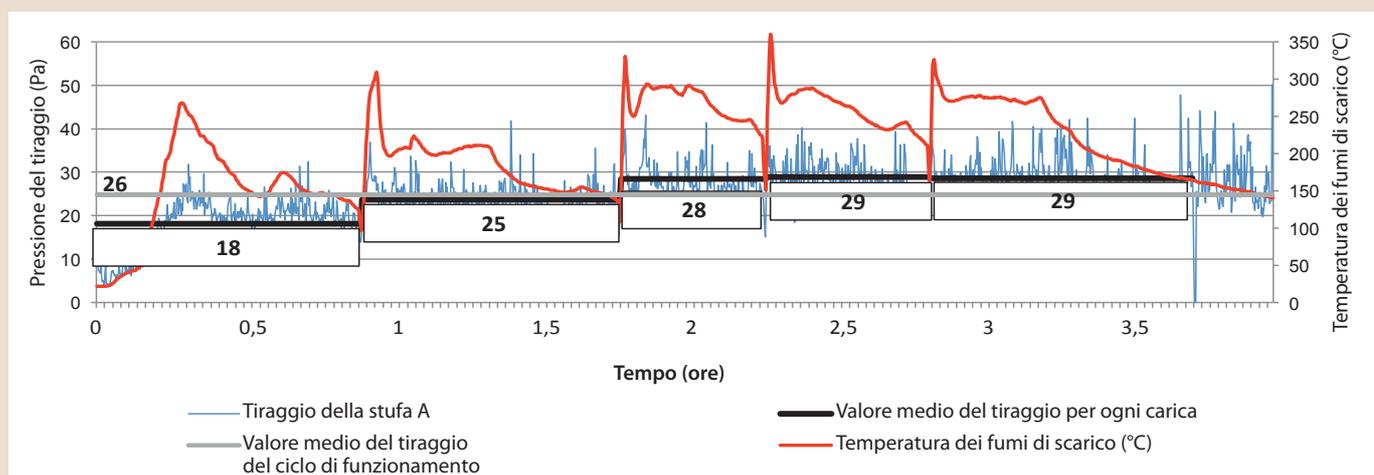
I risultati del monitoraggio delle condizioni operative in campo delle stufe a legna (tabella 1) indicano una notevole variabilità del numero di cariche per ciclo di funzionamento (da 2 fino a 16), che

Foto 1 – Modalità di accensione delle stufe a legna in Austria

Tabella 1 – Risultati del monitoraggio delle condizioni operative delle 3 stufe a legna monitorate

Stufe	A	B	C
Numero medio di cariche per ciclo di funzionamento	3 (min 3, max 4)	3 (min 2, max 5)	6 (min 2, max 16)
Durata media della carica	0,7	1,15	0,89
Ore di funzionamento per giorno	0,9	5,2	7

Grafico 1 – Monitoraggio dei valori del tiraggio e della temperatura dei fumi di scarico.



**Tabella 2 – Confronto delle prestazioni reali, ottimali e di omologazione di una stufa a legna**

Stufa C: misure in campo con gestione utente usuale (STP, mg/Nm <sup>3</sup> 13% O <sub>2</sub> )					
Carica	Durata (minuti)	CO	OGC	PM	η %
1	43	7556	1096	318	51,5
2	39	9491	1351	141	29,1
3	39	8059	1320	125	42,5
Stufa C: misure in campo, gestione come da manuale istruzioni del costruttore					
1	32	2546	151	150	61,0
2	58	3661	239	63	42,0
3	45	1993	272	79	45,7
Stufa C: misure in laboratorio (omologazione)					
1	55	793	36	25	83,2

significa molte partenze da freddo del generatore (elevate emissioni). La durata della carica varia da 0,7 a 1,15 ore con un'ampia variabilità delle ore giornaliere di funzionamento (da 0,9 a 7 ore).

### 3. Tiraggio

È noto che l'omologazione in laboratorio delle stufe a legna è eseguita mantenendo un tiraggio di 12 Pa. Il grafico 1 riporta l'andamento del tiraggio in condizioni di funzionamento reale di una delle stufe a legna monitorate raccordata a una canna fumaria in ceramica, coibentata, alta 6 metri. Come si osserva, in 3,5 ore di funzionamento e 5 cariche, il tiraggio passa da 18 Pa a 29 Pa. **Elevati valori di tiraggio diminuiscono il rendimento e pregiudicano il processo di combustione (flussi d'aria) provocando un aumento delle emissioni.**

### 4. Confronto delle prestazioni reali, ottimali e di omologazione

Sono state messe a confronto (tabella 2) le prestazioni delle stufe a legna ottenute da un monitoraggio di tre condizioni operative:

- **reali:** stufa gestita dal proprietario secondo il comportamento usuale;

- **operative ottimali:** stufa gestita (dai ricercatori) sulla base delle istruzioni del libretto fornito dal costruttore;
- **omologazione** in laboratorio.

### 5. Misure «non tecnologiche» per contenere le emissioni

I risultati ottenuti dimostrano che esiste un rilevante potenziale di riduzione delle emissioni attraverso le cosiddette misure «non tecnologiche», ovvero migliorando il comportamento dell'utente e orientandolo verso un'ottimale gestione dell'apparecchio. I risultati confermano che i valori di omologazione riflettono solo le migliori condizioni operative e che queste difficilmente sono ottenibili nelle condizioni di funzionamento reale.

È necessario quindi mettere a punto

nuove metodologie per i test di omologazione per stimolare miglioramenti tecnologici e innovazione. I risultati ottenuti riguardano solo l'Austria pertanto è necessario raccogliere dati anche in altri paesi, nonché ampliare l'indagine anche alle stufe a pellet.

### COME MIGLIORARE LE PRESTAZIONI DI UNA STUFA A LEGNA?

Le misure di miglioramento delle prestazioni di una stufa a legna si dividono in «non tecnologiche» e tecnologiche.

Le **misure non tecnologiche** riguardano le azioni da intraprendere per informare l'utente sulla corretta gestione della stufa, per esempio i libretti di istruzione dei costruttori contengono sì le informazioni, ma queste sono disperse nelle numerose pagine del libretto. È auspicabile quindi che le più importanti informazioni per la corretta gestione siano riassunte in modo chiaro e intuitivo in una sola pagina, facilmente consultabile dall'utente. Inoltre è auspicabile per il futuro che tali informazioni siano diffuse anche tramite video e applicazioni *smartphone*, forme di comunicazione molto utilizzate dalle nuove generazioni.

Un altro aspetto particolarmente importante si riferisce alla consapevolezza dell'utente sull'importanza di una **corretta installazione dell'apparecchio e dell'impianto fumario**, quindi sul fatto che queste operazioni devono essere eseguite da operatori qualificati.

Ci sono poi alcune **misure tecnologiche** che possono essere applicate per ottenere

**Tabella 3 – Risultati delle misure di ottimizzazione rispetto alla situazione iniziale (legna impiegata nei test: abete)**

Stufe	A	B	C	D
CO	- 74 %	- 63 %	- 56 %	- 44 %
OGC	- 72 %	- 40 %	- 78 %	- 47 %
Polveri totali	n.a.	n.a.	- 38 %	- 40 %
Rendimento (η)	+ 59 %	+ 7 %	+ 34 %	± 0 %

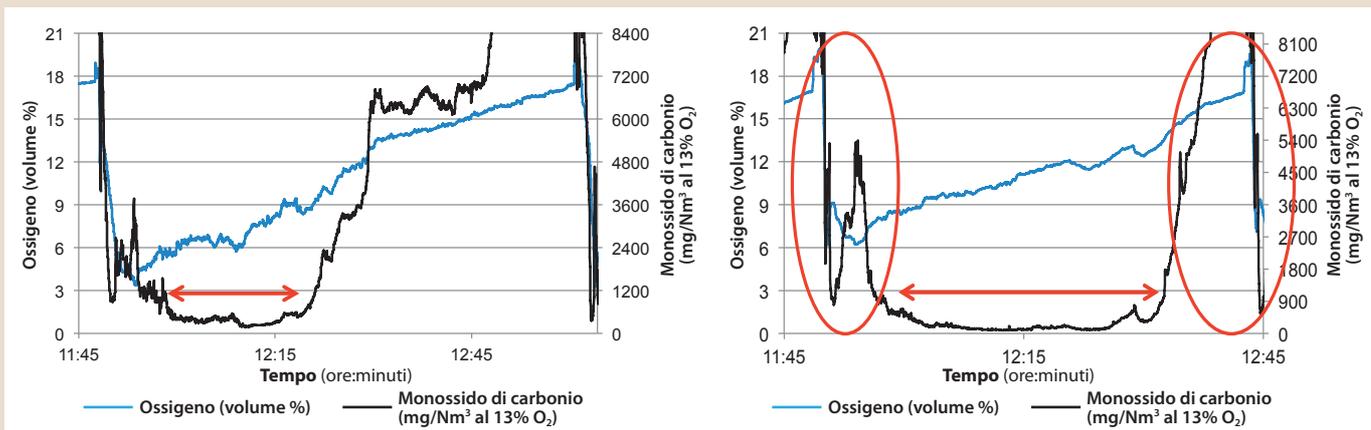


Grafico 2 – Effetti delle misure primarie di ottimizzazione della combustione in una stufa a legna.

una riduzione delle emissioni nelle due fasi più critiche (accensione e ricarica della legna) ed eliminare potenziali fattori negativi per il processo di combustione (controllo dei flussi d'aria). Infine, una ulteriore riduzione è raggiungibile attraverso misure secondarie (filtri).

### PROGETTO BIOCAT

Questo progetto europeo, cofinanziato dal settimo programma quadro per le piccole medie imprese, punta ad ottenere una forte ottimizzazione delle misure primarie, ovvero delle condizioni di combustione della stufa a legna, e l'integrazione di un filtro catalitico con struttura a favo (nido d'api).

### 1. Ottimizzazione delle misure primarie

Le misure di ottimizzazione della stufa a legna hanno riguardato: la tenuta d'aria dell'apparecchio, i volumi d'aria immessi in camera di combustione, l'implementazione di un sistema di iniezione d'aria a più stadi, la ventilazione del vetro della porta di ispezione, l'isolamento della camera di combustione, l'implementazione di una camera di postcombustione, la gestione energetica del letto di braci.

La *tabella 3* riporta i risultati in termini di aumento del rendimento e riduzione delle emissioni in 4 stufe oggetto dell'ottimizzazione. Il **potenziale di riduzio-**

**ne** delle emissioni di CO, OGC e polveri raggiunge valori compresi tra il **40 e l'80%**.

Il *grafico 2* mostra l'andamento dell'ossigeno e del monossido di carbonio prima (sinistra) e dopo (destra) l'ottimizzazione delle misure primarie. L'effetto è quello di estendere la fase di bassa combustione tra le due cariche successive, rimangono tuttavia i due picchi riferiti all'accensione e la ricarica della legna.

### 2. Integrazione del catalizzatore di ossidazione (BioCAT)

Per ridurre i picchi di emissione delle fasi di accensione e ricarica della legna è stato posizionato nella stufa un filtro

Foto 2 – Esempi di posizionamento del catalizzatore nelle stufe a legna testate



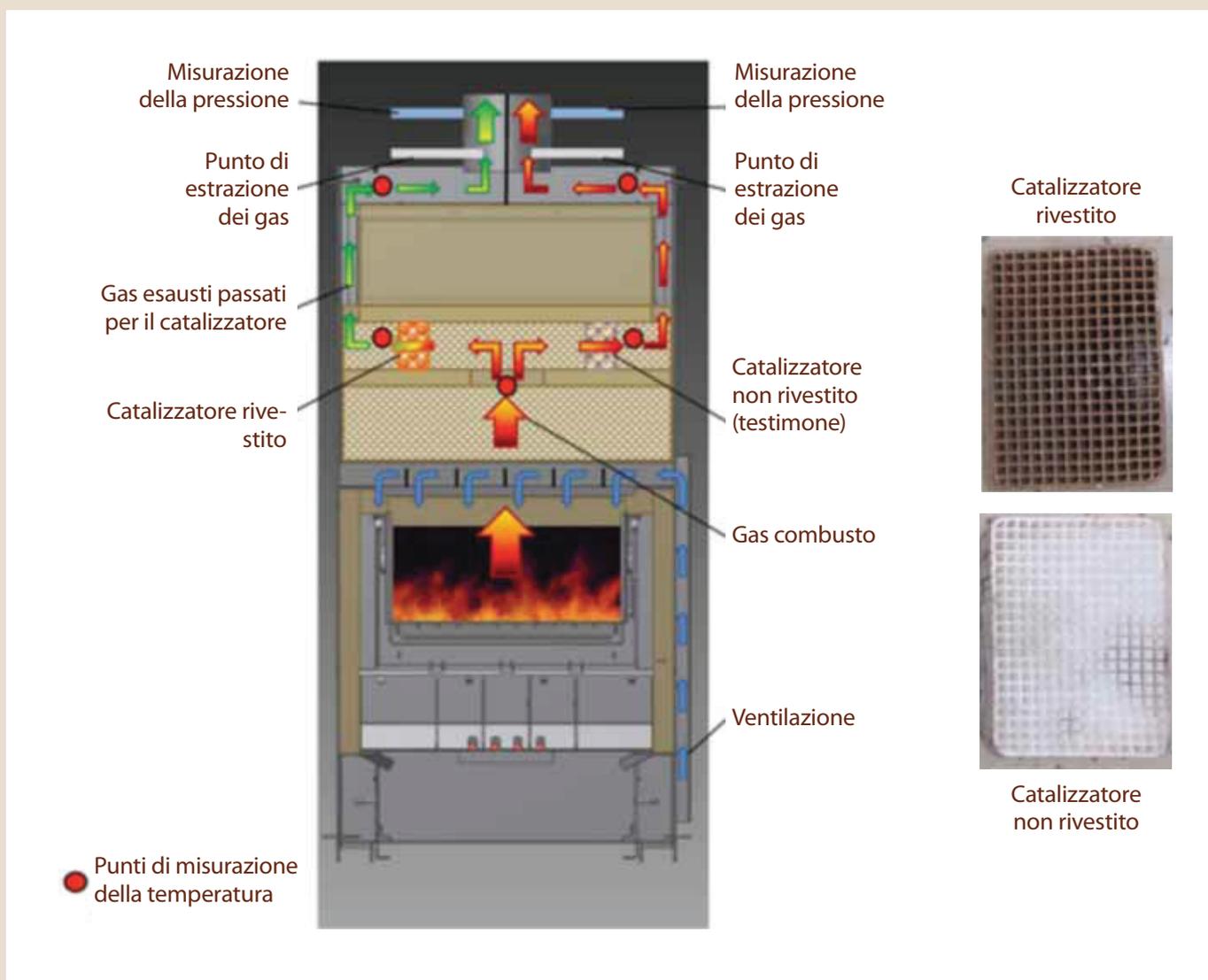


Figura 1 – Posizionamento del catalizzatore rivestito e non-rivestito (testimone), per la misura in parallelo

composto da un catalizzatore di ossidazione (prototipo). È importante inserire il catalizzatore in una zona sufficientemente calda e nel contempo facilmente accessibile per la manutenzione (foto 2). Per verificare l'effetto del catalizzatore sono stati posizionati nello stesso apparecchio in parallelo due catalizzatori, uno rivestito e uno non-rivestito con funzione di testimone (figura 1). Le misure effettuate hanno dimostrato che il catalizzatore di ossidazione è in grado di ridurre, nelle fasi di accensione e ricarica della stufa, **dell'80-90% il CO, del 40-70% gli OGC e fino al 50% le polveri totali.**

Una stufa manuale con il catalizzatore integrato raggiunge quindi livelli di emissione paragonabili a una stufa automatica (pellet).

### CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il miglioramento delle prestazioni delle stufe a legna necessita di una forte presa di consapevolezza dei potenziali di riduzione da parte di tutti gli *stakeholders* coinvolti. È cruciale divulgare in modo efficace agli utenti le informazioni per un corretto e consapevole utilizzo degli apparecchi a legna e contemporaneamente incentivare la "rottamazione" dei vecchi apparecchi con le migliori tecno-

logie allo stato della tecnica.

Nel contempo è necessario implementare nuovi standard europei che consentano di individuare gli apparecchi in grado di ottenere le migliori prestazioni nelle condizioni operative reali. Perciò, le attività di ricerca e sviluppo dovranno concentrarsi sulla messa a punto di apparecchi in grado di raggiungere le migliori prestazioni in campo.

Come è dimostrato dai risultati fin qui ottenuti, **esiste ancora un rilevante potenziale di riduzione delle emissioni conseguibile attraverso il progresso tecnologico e l'implementazione di misure primarie e secondarie.** ●

# Particolato e benzo(a)pirene si abbattano con moderne tecnologie e corrette condizioni di funzionamento

Valter Francescato, AIEL

Nelle regioni italiane del bacino padano la qualità dell'aria è in progressivo miglioramento, come testimoniano i dati, rilevati negli ultimi decenni, dei principali inquinanti dell'aria, compreso il particolato (Benassi, 2014; Lanzani, 2014). Tuttavia, la combustione domestica del legno contribuisce ancora in modo rilevante alla formazione di particolato, soprattutto d'inverno, quando forma circa il 50% del particolato primario (Gurrieri e Lanzani, 2014). Questa problematica deriva dal fatto che esiste attualmente un parco apparecchi a legna molto diffuso che, nelle più popolate regioni del bacino padano (Veneto, Lombardia e Piemonte) supera il milione di pezzi installati. Più della metà dei generatori sono di tipo tradizionale, con età media superiore a dieci anni e un fattore di emissione di  $PM_{10}$  superiore a 400 g/GJ. A questo si aggiunge il fatto che la legna da ardere è spesso usata impropriamente (dimensione, contenuto idrico), le installazioni non sono conformi alla norma tecnica (UNI 10683) e le manutenzioni, soprattutto la pulizia degli impianti fumari, non sono eseguite regolarmente.

## QUALITÀ DEL PARTICOLATO

Una ulteriore criticità rilevata negli ultimi anni riguarda la qualità del particolato prodotto dalla combustione domestica del legno. **Tanto meno performante e completo è il processo di combustione, tanto maggiore è la quota di carbonio organico che compone il particolato, con un conseguente aumento della sua tossicità derivata (soprattutto) alla presenza di numerosi Idrocarburi Policiclici Aromatici, il più noto dei quali è il benzo(a)pirene.**

medi di letteratura (*Emission Inventory Guidebook*, 2013), impiegati per le stime degli inventari regionali delle emissioni.

## LA QUESTIONE BENZO(A)PIRENE

Rispetto agli altri inquinanti dell'aria il benzo(a)pirene è stato rilevato tendenzialmente in aumento, in particolare in alcune valli alpine e prealpine dove supera d'inverno (più o meno abbondantemente) il valore limite di  $1 \text{ ng/m}^3$ , testimoniando il notevole consumo di legna in apparecchi poco performanti.

Questa situazione ha allarmato molti pubblici amministratori di Comuni montani. In un caso a noi noto il Sindaco ha sospeso il progetto di realizzazione di un impianto a cippato da 300 kW, in sostituzione della caldaia a gasolio esistente (in area non metanizzata), per timore di aumentare il benzo(a)pirene che d'inverno aveva già superato il valore soglia.

Inoltre, abbiamo letto spesso articoli di stampa, che riprendevano (malamente) i contenuti delle presentazioni annuali dei dati di qualità dell'aria di alcune regioni, in cui si accusava apertamente e indistintamente la combustione del legno, facendo riferimento ai fattori di emissione

## EMISSIONI IN CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO OTTIMALE

Il presente articolo riporta i principali risultati di uno studio pubblicato nel 2012 da alcuni autorevoli centri di ricerca tedeschi che hanno analizzato e comparato le emissioni di apparecchi e caldaie domestiche allo stato dell'arte (2006), posti in condizioni di funzionamento ottimali, alimentati a legna, cippato e pellet.

In particolare sono stati considerati il particolato (PM) e gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) per determinare l'effetto di tossicità sulla salute umana (AA. VV., 2012). Il PM è stato collezionato con l'ausilio di un tunnel di diluizione, per determinare anche la componente organica dei condensabili (particolato secondario). La massa di PM è stata pesata con e senza condizionamento ( $120 \text{ }^\circ\text{C}$  per 8 ore) del filtro umido di campionamento. I campionamenti sono stati condotti sia con partenza a freddo sia con partenza a caldo dei generatori indagati (tabella 1).

Tabella 1 – Caratteristiche dei generatori e dei biocombustibili

Tipo di generatore	Specie legnosa	kW	Abbrev.	Ceneri (g/kg)	Contenuto idrico (%)	Ceneri (% s.s.)
Caldaia a pellet	abete	25	PBs	2,8	7,7	0,28
Stufa a pellet	abete	13	PSs	2,8	8,0	0,28
Caldaia a cippato	abete	30	CBs	4,7	23	0,48
Caldaia a legna	abete	30	LBs	5,1	17	0,52
Caldaia a legna	faggio	30	LBb	4,0	15	0,41
Stufa a legna	abete	8	LSs	5,3	13	0,54
Stufa a legna	faggio	8	LSb	4,1	13	0,42

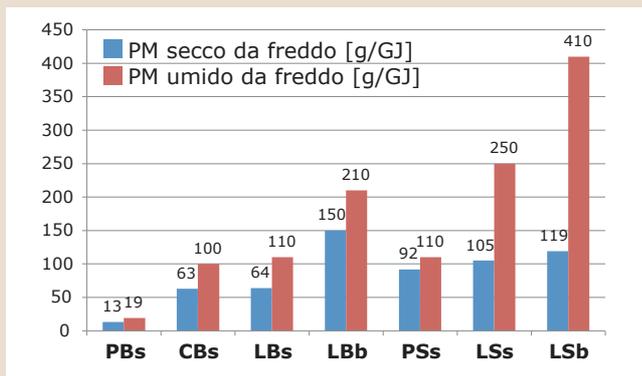


Grafico 1 – Emissioni di PM, filtro umido e secco con partenza da freddo. Per le sigle in ascissa fare riferimento a quanto riportato in tabella 1.

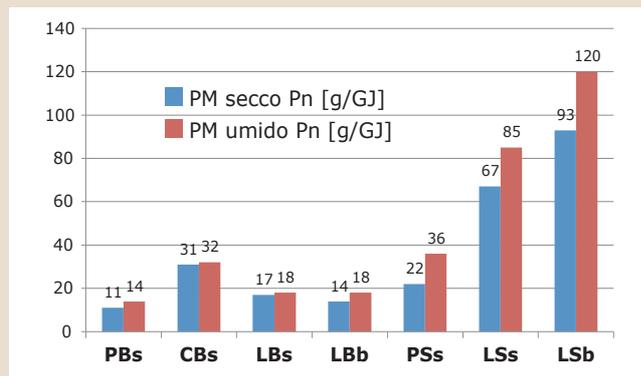


Grafico 2 – Emissioni di PM, filtro umido e secco a potenza nominale. Per le sigle in ascissa fare riferimento a quanto riportato in tabella 1.

### PARTICOLATO (PM)

La perdita di peso del filtro di campionamento dopo il condizionamento è correlata con la quantità di particolato secondario (SVOCs), maggiore è il suo contenuto nel PM, maggiore è la perdita di massa rilevata dopo l'essiccazione del filtro. Le maggiori perdite sono state rilevate nelle due stufe a legna, in particolare quella alimentata con il faggio (grafico 1), nelle partenze da freddo del generatore. **L'accensione della legna necessita di più tempo e produce più emissioni a causa della difficoltà di essiccare pezzi di legna relativamente grandi durante il processo di combustione e la successiva distillazione dei gas combustibili.** La complessità del processo deriva dalla minore omogeneità e la minore superfi-



cie di impatto della fiamma.

In condizioni di esercizio dei generatori a potenza nominale (grafico 2) la situazione migliora sensibilmente, in termini di particolato secondario. I generatori automatici, la caldaia a legna e la stufa a pellet sono caratterizzati dai più bassi valori di emissione di PM.

### BENZO(A)PIRENE

I maggiori valori di benzo(a)pirene sono stati rilevati nei generatori manuali a legna, in particolare con partenza da freddo (grafico 3). Le stufe a legna sono caratterizzate dai maggiori valori di emissione a potenza nominale, tuttavia se confrontiamo i dati rilevati (11-12 mg/GJ) con quelli indicati dal *Guidebook* 2013, ovvero quelli impiegati per le stime degli inventari regionali delle emissioni, riferiti alle stufe ad alta efficienza (121 mg/GJ), c'è un rapporto 1:10. Lo stesso vale, più o meno, per le stufe a pellet. Nel caso delle caldaie manuali a legna, rispetto ai valori rilevati a potenza nominale (0,12 mg/GJ), il valore del *Guidebook* 2013 è 80 volte superiore, mentre diventa comparabile se consideriamo la partenza da freddo del generatore. I valori del *Guidebook* 2013 (10 mg/GJ) sono molto superiori (fino a 300 volte!) anche in confronto a quanto rilevato nella caldaia a cippato e a pellet (rispettivamente 0,15 e 0,03 mg/GJ a potenza nominale).

### TOSSICITÀ EQUIVALENTE DEI POLICICLICI AROMATICI

La Fondazione Tedesca per la Ricerca (Deutsche Forschungsgemeinschaft, Dfg) ha sviluppato, in via sperimentale, un approccio per valutare la scala di rischio per la salute causata dall'esposizione ai composti policiclici aromatici (IPA). Similmente a quanto avviene già per le diossine, la tossicità equivalente (TEQ) esprime l'effetto di tossicità attraverso la concentrazione della sostanza di riferimento in grado di generare i medesimi effetti tossici. La TEQ è in relazione con l'effettiva concentrazione di una data sostanza tramite il Fattore di equivalenza tossica (TEF), parametro adimensionale che moltiplicato per la concentrazione effettiva fornisce la tossicità equivalen-



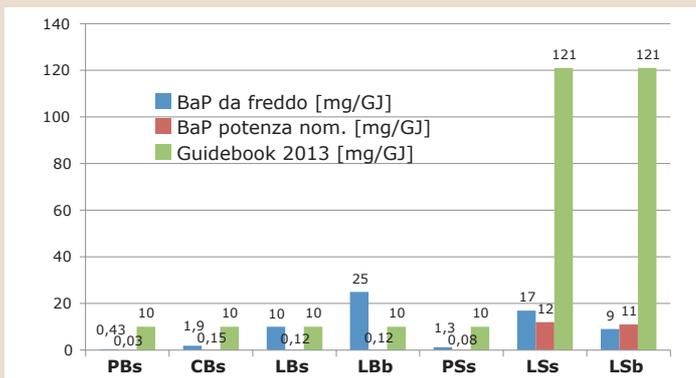


Grafico 3 – Emissioni di benzo(a)pirene, con partenza da freddo e a potenza nominale, e confronto con i valori del Guidebook 2013. Per le sigle in ascissa fare riferimento a quanto riportato in tabella 1.

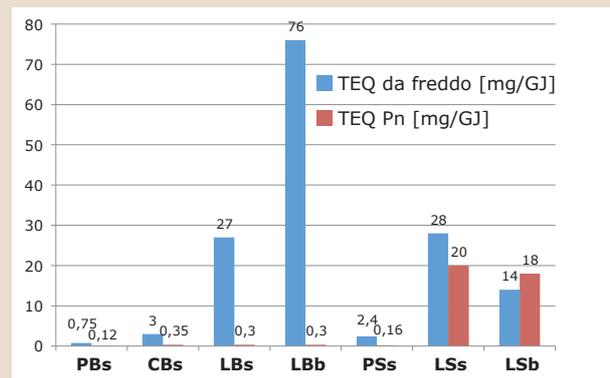


Grafico 4 – TEQ in riferimento al benzo(a)pirene, valori con partenza da freddo e a potenza nominale. Per le sigle in ascissa fare riferimento a quanto riportato in tabella 1.

te. Nella fattispecie il Fattore di equivalenza tossica del benzo(a)pirene è posto pari a 1, mentre agli altri IPA è assegnato un valore di rischio potenziale maggiore o minore. Il grafico 4 mostra i risultati dell'analisi. In generale i più bassi valori di tossicità equivalente sono raggiunti dai generatori automatici, in particolare la caldaia a pellet che, rispetto alla stufa a legna (moderna), è caratterizzata da valori 150 volte inferiori. Se si considera un ipotetico confronto con le stufe a legna tradizionali che, a differenza della moderna stufa qui analizzata, sono molto meno performanti (per ragioni di età) e operano spesso in condizioni di funzionamento non ottimale, ci si può attendere un rapporto di tossicità equivalente fino a **1.000 volte superiore** rispetto ai moderni generatori.

### CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Questo studio dimostra che **le moderne stufe a legna poste in condizioni di funzionamento ottimale emettono benzo(a)pirene in quantità 10 volte inferiore rispetto ai fattori di emissione considerati nelle stime degli inventari delle emissioni**. Il miglioramento della qualità dell'aria passa quindi, necessariamente, anche attraverso la sostituzione di generatori domestici poco performanti con moderni apparecchi a legna che, tuttavia, devono essere installati e gestiti

correttamente. **Le stufe a pellet hanno valori di PM e TEQ nettamente inferiori alle stufe a legna allo stato dell'arte.**

Le caldaie manuali a legna sono estremamente performanti in termini di emissioni e tossicità equivalente, tuttavia «soffrono» nella fase di accensione (grafici 3 e 4). Perciò, è fondamentale la loro corretta installazione, in particolare è indispensabile l'abbinamento con un accumulo inerziale correttamente dimensionato per limitare il numero di accensioni. Questo concetto vale, almeno in parte, anche per le caldaie automatiche, soprattutto quelle a cippato. Le caldaie automatiche sono caratterizzate dai più bassi valori di emissione e la tossicità del particolato è paragonabile a quella della maggior parte delle caldaie a gasolio attualmente in esercizio. Il miglior risultato è stato ottenuto dalla caldaia a pellet, mentre le prestazioni della caldaia a cippato possono essere ulteriormente migliorate usando cippato con contenuto idrico inferiore al 20%. Per migliorare le emissioni della fase di accensione delle caldaie manuali a legna è raccomandabile equipaggiarle con un sistema di accensione automatica.

Questo studio indica chiaramente che la sola massa di particolato non riflette in modo esaustivo la variabilità della tossicità potenziale del particolato emesso dai generatori a biomassa, così come i

miglioramenti della tecnica di combustione.

**L'auspicio è che i risultati qui riportati aiutino i pubblici decisori ad attivare provvedimenti più opportuni ed efficaci nei confronti del settore; le modalità per migliorare la qualità dell'aria senza rinunciare, o peggio vietare, la combustione della rinnovabile legna ci sono, la nostra Associazione è disponibile a collaborare per attuarle concretamente.** ●

### Bibliografia

AA.VV. 2012. Comparison of Emissions from Wood Combustion. Part 1: Emission Factors and Characteristics from Different Small-Scale Residential Heating Appliances Considering Particulate Matter and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH)-Related Toxicological Potential of Particle-Bound Organic Species. ACS Publications, American Chemical Society. Energy Fuels 2012, 26, 6695-6704.

Gurrieri G., Lanzani G. 2014. Emissioni del riscaldamento domestico a biomasse, il Piano generale degli interventi per la qualità dell'aria di Regione Lombardia (PRIA) e le iniziative comuni per il miglioramento della qualità dell'aria. Progetto Fuoco 2014.

Benassi A. 2014. Linee programmatiche attuate dalla Regione Veneto per la riduzione delle emissioni derivanti dal settore del riscaldamento residenziale. Progetto Fuoco 2014.