

# Le caldaie moderne non producono polveri tossiche per l'organismo umano

Un recente studio ha confermato che il PM10 inorganico, emesso dalle moderne caldaie a biomasse legnose, ha una tossicità da trascurabile a non rilevabile sulle cellule polmonari umane. La ricerca scientifica è stata presentata a Zurigo nel corso del 14° Holzenergie-Symposium svoltosi nel settembre del 2016 ed è disponibile, tradotta integralmente in italiano, al link riportato in calce

Valter Francescato, direttore tecnico AIEL

La combustione delle biomasse genera differenti tipi di particolato con proprietà e impatti sulla salute umana significativamente diversi. Questi composti devono essere necessariamente distinti per una corretta valutazione dell'influenza della combustione delle biomasse sulla qualità dell'aria.

È necessario quindi considerare opportunamente la rilevanza sulla salute dei diversi componenti del PM10 e prendere in considerazione il potenziale impatto dell'aerosol secondario, originato dai composti organici volatili, nel distinguere le diverse tecnologie di combustione e il loro effetto sulla qualità dell'aria.

## COMPOSIZIONE DEL PM10

Il particolato dalla combustione del legno si distingue, in funzione del tipo di biocombustibile e del regime di combustione, nei seguenti prodotti, alcuni dei quali si originano nel camino (caldo) e altri nell'atmosfera (figura 1):

### 1. Prodotti della combustione incompleta (PIC):

1.a) **Particolato solido primario** in forma di fuliggine composto da carbonio elementare (EC), black carbon (BC) e aerosol organico primario (POA).

b) **Composti condensabili organici primari**, (COC) in forma di gocce liquide o condensati in particelle solide, che contribuiscono al brown carbon in

atmosfera ( $C_{\text{brown}}$ ). I COC sono originati dai composti volatili organici non metanici (NMVOC) nei gas di scarico e contribuiscono al POA, in quanto i COC si trovano o nella fase solida o in quella liquida nei gas di scarico o si formano per condensazione quando diluiti nell'aria ambiente.

c) **Composti organici volatili** (VOC) nei gas di scarico, agiscono da precursori dell'aerosol organico secondario (SOA) in atmosfera.

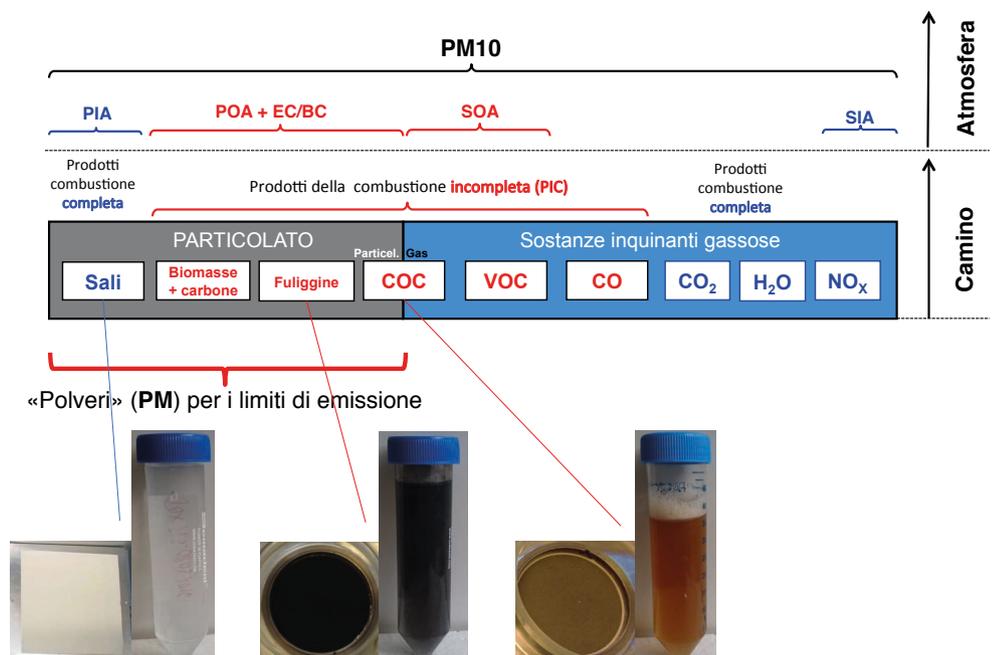
### 2. Particolato derivato dalla compo-

nente non carboniosa del biocombustibile:

d) I costituenti delle ceneri del biocombustibile (K, Na, Ca, Zn, Cl, S, Mn, Mg, P e altri) portano alla formazione di **particolato inorganico** (sali come il KCl e ossidi quali  $K_2SO_4$ ,  $CaCO_3$ , CaO).

e) L'azoto contenuto nel biocombustibile porta alla formazione di **ossidi di azoto** (NOx) che possono contribuire alla formazione di particolato inorganico secondario. Nel caso del legno, tut-

Figura 1 – Composizione del PM10 della combustione del legno [2].



tavia, si tratta della componente meno rilevante ai fini della qualità dell'aria. Inoltre, recenti studi hanno dimostrato che solo il 50% dell'azoto nel biocombustibile è emesso come NOx nell'atmosfera, mentre l'altra metà è emessa come innocuo N<sub>2</sub>. Inoltre, considerando il "ciclo della combustione delle biomasse dal bosco alle emissioni", gli alberi riassorbono il 50% in più di azoto rispetto a quello emesso in atmosfera dalla combustione [1].

La figura 1 mostra i componenti del PM10 prodotti, nel camino e nell'atmosfera, dalla combustione completa e incompleta del legno [2].

Quando le emissioni raggiungono l'atmosfera possono avvenire reazioni secondarie che portano alla formazione addizionale di particolato, in particolare

SOA dai VOC e sali inorganici dai NOx. In cattive condizioni di combustione le emissioni di VOC sono molto elevate e l'emissione di SOA può superare quelle del particolato primario. Questo accade tipicamente nella fase di accensione degli apparecchi manuali, nella fase di fiamma dei vecchi e tradizionali apparecchi a legna<sup>1</sup> e in tutte le operazioni di gestione non corretta dei generatori manuali a legna (legna umida, dimensione non

1 Si intendono gli apparecchi di vecchio tipo con focolare a fiamma superiore a singolo iniettore d'aria comburente e tiraggio naturale, ovvero combustione a singolo stadio. In questi generatori si rileva tipicamente una elevata componente di materiale incombusto e la parte carboniosa del particolato primario può superare il 50%. Questi generatori contribuiscono in modo significativo alla produzione di BC, POA e SOA in atmosfera.

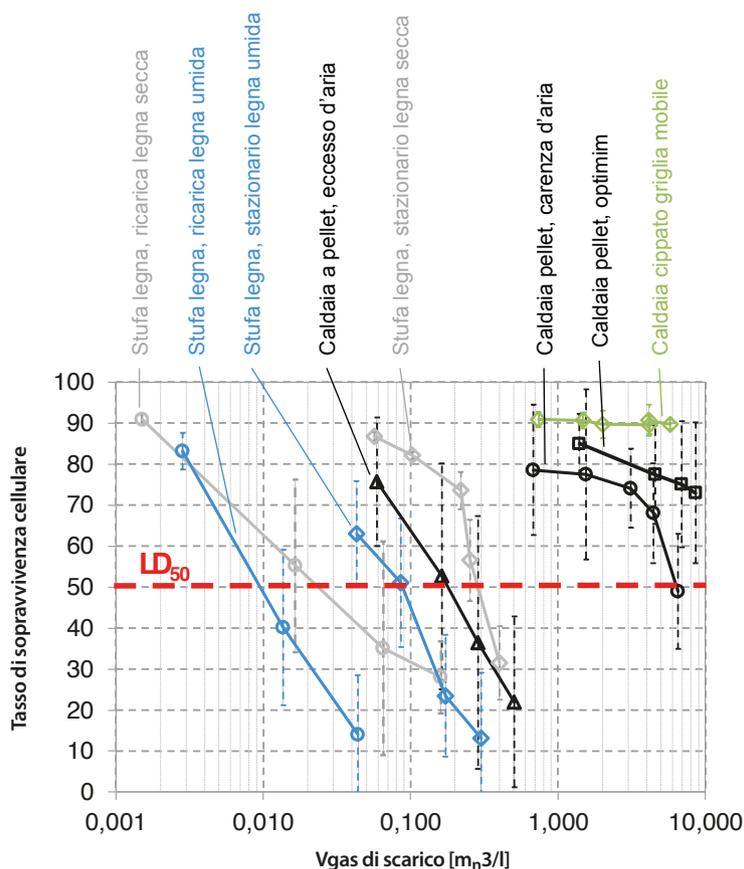
ideale, sovraccarico dell'apparecchio, chiusura registri d'aria).

Nelle **moderne caldaie con tecnica di combustione a due stadi**, grazie alle elevate temperature raggiunte e a una combustione (quasi) completa, nonché ai sistemi di controllo elettronico dell'aria comburente, le emissioni di BC, POA e VOC rimangono estremamente basse (<<5 g/GJ). Il particolato in questo caso è formato principalmente dai costituenti inorganici del biocombustibile (sali). Questo tipo di particolato, inoltre, si lascia separare molto efficacemente dai sistemi di filtrazione (misure secondarie) di tipo elettrostatico o a maniche (i primi attualmente applicabili anche a caldaie di piccola potenza), garantendo un fattore di emissione di PM10 - più o meno abbondantemente - inferiore a 5 g/GJ.

## TOSSICITÀ DEL PM10

Le condizioni di combustione influenzano fortemente il livello di tossicità del particolato, quindi i suoi effetti sulla salute. Inoltre, i gas di scarico della combustione del legno contengono specie reattive dell'ossigeno (Ros, *Reactive oxygens Species*), responsabili degli stress ossidativi e per questo utilizzati come marcatori dei potenziali effetti dannosi sulla salute umana. Il contenuto di Ros dipende molto dalle temperature di combustione e di conseguenza varia in funzione dei tipi di apparecchi. Come già documentato in questa rivista, studi scientifici hanno dimostrato che combustioni povere e incomplete in apparecchi tradizionali e/o mal gestiti, generano un particolato particolarmente tossico per le cellule e le loro funzioni rispetto al PM10 inorganico emesso dalle moderne caldaie [3]. Un nuovo recente studio, di cui in calce si riporta il link alla sua versione integrale in italiano, condotto sul particolato e i COC emessi da apparecchi a legna e caldaie automatiche, ha confermato che **le moderne caldaie, in condizioni di funzionamento ottimale, producono un PM10 inorganico**

Figura 2 - Tasso di sopravvivenza cellulare per i generatori analizzati in diverse modalità di funzionamento, in funzione della quantità di gas di scarico che ha attraversato il fluido di campionamento ("tossicità per MJ di energia primaria entrante") [4].



co che ha sulle cellule polmonari umane una tossicità da trascurabile (caldaia a pellet) a non rilevabile (caldaia a cippato a griglia mobile) [4].

Come recentemente dimostrato da uno studio condotto da un gruppo di ricerca dell'Istituto di scienze dell'atmosfera e del clima del Consiglio nazionale delle ricerche (Isac-Cnr) di Lecce, il potenziale stress ossidativo del PM10 e del PM2,5 varia significativamente in funzione della composizione chimico-fisica e delle sorgenti del particolato, pertanto la tossicità del particolato dipende dalla "qualità" (contenuto di composti organici) più che dalla sua concentrazione [5].

## CONSIDERAZIONI E PROPOSTE

Le moderne caldaie a biomasse che rispettano (in condizioni di esercizio reale) i limiti di emissioni imposti dalle autorità pubbliche, correttamente installate in impianti progettati in modo appropriato<sup>2</sup>, mostrano bassissimi impatti sull'ambiente, in particolare sulla qualità dell'aria, e rappresentano la modalità più efficiente in termini energetici e ambientali di valoriz-

2 Si intendono gli impianti automatici di media e grande taglia, e le moderne caldaie domestiche a pellet, alimentate con pellet di adeguata qualità certificata (ENplus) e installate in modo da minimizzare le fasi di accensione-spegnimento e gli stand-by, e le moderne caldaie manuali a legna domestiche alimentate con legna di adeguata qualità (secca e dimensioni appropriate) certificata (Biomassplus) equipaggiate con sistemi di controllo elettronico della combustione e collegate ad accumulatori (puffer) correttamente dimensionati rispetto al sistema edificio-impianto e possibilmente integrati ad un sistema solare termico, allo scopo di minimizzare il numero di accensioni e massimizzare il numero di ore di esercizio alla potenza nominale.

zazione energetica della rinnovabile legno in sostituzione dei combustibili fossili, responsabili del preoccupante cambiamento climatico in corso.

Sulla base delle evidenze scientifiche riportate, AIEL chiede al ministero dell'Ambiente e alle Regioni del Bacino padano che, nei Piani di qualità dell'aria, in attuazione del recente *Nuovo Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria del Bacino padano*, sia considerata opportunamente la rilevanza sulla salute dei diversi componenti del PM10 e sia preso in considerazione il potenziale impatto dell'aerosol secondario, originato dai composti organici volatili, come ulteriore discriminante delle prestazioni tecnico-ambientali dei generatori a biomasse.

Esprimiamo un giudizio complessivamente positivo sui contenuti del nuovo accordo, tuttavia rimane **molto critica la nostra posizione sui punti J e K dell'articolo 2 dell'accordo**<sup>3</sup>, in quanto alla luce di quanto riportato in questo articolo, queste misure penalizzano pesantemente,

3 J) prevedere nei piani di qualità dell'aria, in tutti i casi previsti dall'articolo 11 comma 6 del decreto legislativo 28/2011, il ricorso ad impieghi delle fonti rinnovabili diversi dalla combustione delle biomasse, per assicurare il raggiungimento dei valori di cui all'allegato 3 di tale decreto, nelle zone presso le quali risulta superato uno o più dei valori limite del PM10 e/o il valore obiettivo del benzo(a)pirene; K) prevedere, nei provvedimenti relativi all'utilizzo dei fondi strutturali finalizzati all'efficiamento energetico, il divieto di incentivazione di interventi di installazione di impianti termici a biomassa legnosa nelle zone presso le quali risulta superato uno o più dei valori limite del PM10 e/o del valore obiettivo del benzo(a)pirene.

in modo indiscriminato, le moderne caldaie e i notevoli sforzi economici per lo sviluppo tecnologico messi in campo dai costruttori, scoraggiando così nuovi investimenti in questo senso, già compromessi dall'attuale fase di contrazione del mercato delle moderne caldaie a biomasse.

L'auspicio e la richiesta alle Regioni è che nella fase di inserimento delle misure dell'Accordo nei Piani di qualità dell'aria, i punti J e K dell'art. 2 possano essere opportunamente rivisti, per tener conto delle evidenze scientifiche riportate in questo articolo. ●

## Riferimenti bibliografici

[1] Enigl M, Strasser C., Hochbichler E., Schmidl C. 2017. Nitrogen assessment in small scale biomass heating systems. European Biomass Conference and Exhibition, Stockholm, Sweden.

[2] Nussbaumer T. 2017. Aerosols from Biomass Combustion. Technical report on behalf of the IEA Bioenergy Task 32. [www.ieabioenergy.com](http://www.ieabioenergy.com).

[3] Francescato V. 2011. Moderne caldaie a biomasse e polveri sottili, evoluzione tecnologica verso l'impatto zero. Agriforenergy 1:2011. Rivista Tecnica di AIEL.

[4] Zotter P, Richard S., Egli M., Nussbaumer T. 2016. Zytotoxizität von Abgas aus Holzfeuerungen. 14. Holzenergie-Symposium. Thomas Nussbaumer (Hrsg.), [www.holzenergie-symposium.ch](http://www.holzenergie-symposium.ch).

[5] Chirizzi D., Cesari D. Guascito M.R., Dinoi A., Giotta L, Donateo A., Contini D. 2017. Influence of Saharan dust outbreaks and carbon content on oxidative potential of water-soluble fraction of PM2.5 and PM10. Atmos. Environ. 163 (2017) 1-8.

## Citotossicità delle emissioni dei generatori a biomasse legnose

Peter Zotter<sup>1</sup>, Stéphane Richard<sup>2</sup>, Marcel Egli<sup>2</sup>, Thomas Nussbaumer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Università di Lucerna – Gruppo specialistico Bioenergia, Horw

<sup>2</sup> Università di Lucerna – Aerospace Biomedical Science & Technology, Hergiswil

Traduzione dell'articolo originale a cura di Valter Francescato, direttore tecnico AIEL

L'articolo  
originale  
è disponibile  
online.

