

Indagine esplorativa sulla relazione tra consumo di legno e concentrazione di *IPA* nel particolato atmosferico, in provincia di Biella

Pancrazio Bertaccini*, Pasquale Scordino
Arpa Piemonte - Italy†

26 aprile 2010

Sommario

Negli ultimi anni le concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici (*IPA*), misurate dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria di Arpa Piemonte localizzate nella provincia di Biella, hanno mostrato valori in diminuzione nelle aree urbane (coerentemente con l'andamento delle concentrazioni di particolato sottile) e, in maniera apparentemente anomala, valori in aumento nelle aree extraurbane. Molti studi scientifici mostrano come la combustione di legno favorisca la formazione di *IPA*, fornendo una indicazione per la spiegazione al fenomeno osservato. In questo lavoro proponiamo una indagine esplorativa volta a raccogliere e descrivere i dati disponibili relativi alle concentrazioni osservate di *IPA* e alle stime sulla combustione di legno ad uso residenziale, in Piemonte e nella provincia di Biella. La ricerca è da intendersi come indagine preliminare ad un successivo approfondimento di carattere sperimentale.

1 Introduzione

Con il termine particolato atmosferico si indica in generale una sospensione di particelle di varia natura in aria. Il particolato costituisce un sistema estremamente eterogeneo e complesso dal punto di vista dello stato fisico, delle proprietà aerodinamiche, della composizione chimica (organica ed inorganica), dell'origine (antropica, animale, vegetale, minerale) e della tossicità. Normalmente i processi

di combustione (veicolare, civile e industriale) ne sono una fonte significativa. Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (*IPA*) si originano per combustione incompleta di materiale organico (es. idrocarburi). La maggior parte degli *IPA* si trova nella frazione a granulometria più fine (*PM*_{2.5}), che individua particelle in grado di penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. La legislazione europea (Direttiva Europea 2004/107/CE concernente *IPA* e metalli) e il relativo recepimento a livello nazionale (D. Lgs. N. 152 del 2007, integrato dal D.Lgs. N.120 del 2008) indicano che il valore obiettivo per il *B[a]P* è di $1\text{ng}/\text{m}^3$ come media annuale.

Natura e Misura degli *IPA*

Gli *IPA* sono composti organici la cui struttura è caratterizzata dalla fusione di due o più anelli aromatici e si formano in tutte le combustioni che avvengono in carenza di ossigeno attraverso fenomeni di pirosintesi e pirolisi (Ravindra *et al.*, 2008). Dopo l'emissione, gli *IPA* condensano adsorbendosi sulle particelle di origine carboniosa presenti in aria. Sono fortemente liposolubili e vengono assorbiti da polmone, intestino ed epidermide dei mammiferi, compreso l'uomo. Alcune di queste sostanze, quali *Benzo[a]Pirene*, *Benzo[a]Antracene*, *Dibenzo[a,h]Antracene*, *Benzo[b,j,k]Fluorantene*, vengono classificate, analogamente al *Benzene*, come cancerogene di categoria 1, R45 dalla C.E., nel Gruppo 1 (sostanze per le quali esiste una accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo) dall'International Agency for Research on Cancer. Comunque, il potenziale cancerogeno del particolato atmosferico non segue necessariamente

*email: p.bertaccini@arpa.piemonte.it

†Dipartimento di Biella, via Trento 11, 13900 Biella

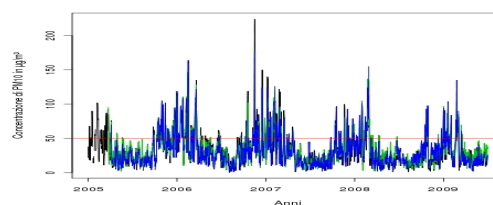
la cancerogenit  conosciuta degli *IPA*, perch  i derivati ossidati degli *IPA* possono essere pi  pericolosi per la salute degli *IPA* originari, e, secondo (Saarnio *et al.*, 2008), questo avviene principalmente quando gli *IPA* coappaiono con i metalli di transizione. La Direttiva Europea sceglie come marker degli *IPA* il *B[a]P* la cui misura viene effettuata con la tecnica gascromatografica sulle polveri *PM10* depositate sul filtro in fibra di quarzo come indicato dal D.M n. 60 del 2002. Si evidenzia che alcuni autori (Saarnio *et al.*, 2008) hanno espresso alcuni dubbi sulla scelta del marker in quanto soggetto a rimozione fotoossidativa pi  velocemente degli altri (Ravindra *et al.*, 2008).

L'influenza della Combustione di Biomassa sul *PM10*

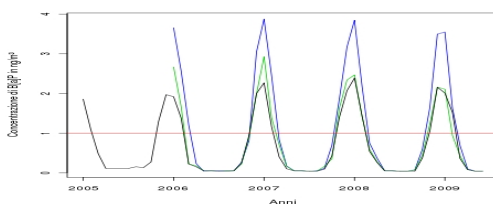
La letteratura scientifica relativa alle sorgenti di *IPA* mostra una relazione tra l'aumento della combustione di biomasse legnose per il riscaldamento domestico e il relativo incremento delle concentrazioni misurate in atmosfera. I prodotti di combustione variano in base al tipo di legno utilizzato e in base alle condizioni di combustione. In Zoua *et al.* (2003) gli autori evidenziano che solo una parte di tutti gli *IPA* sviluppati da una combustione sono cancerogeni e che, ad esempio, il legno di pino sviluppa alti livelli medi di emissione (8% sul totale di *IPA*) rispetto ad altre specie. Inoltre, viene mostrato come condizioni di combustione lenta favoriscano la maggior formazione di *IPA* cancerogeni. Tra le varie tecniche utilizzate per individuare la sorgente di particolato, Jeong *et al.* (2008) e Barrefors and Petersson (1995), mostrano, tra gli altri, come la speciazione chimica possa indicare la sorgente specifica usando ad esempio la "positive matrix factorization (PMF)" che permette, applicando tecniche di statistica multivariata, di identificare la sorgente in assenza di informazioni a priori. Per la combustione di Biomasse   possibile usare marker tipici come il levoglucosano (Simoneit *et al.*, 1999) e (Fermo *et al.*, 2008) o il potassio. Il potassio risulta essere meno specifico ma alcuni autori (Ryu *et al.*, 2007) utilizzando il rapporto potassio/*PM2.5* e il rapporto potassio/*PM10* sono riusciti comunque a discriminare l'origine degli inquinanti.

2 La situazione del *PM* atmosferico nella provincia di Biella

Dai dati osservati presso le stazioni della provincia di Biella si osserva chiaramente un *trend* crescente nelle concentrazioni di *B[a]P* nella stazione di Cossato, contrariamente ai *trend* osservati presso le due stazioni di Biella di cui una urbana ed una suburbana. Inoltre si nota negli ultimi due anni una diminuzione dei superamenti giornalieri del *PM10*.



(a) *PM10*



(b) *B[a]P*

Figura 1: Serie temporali per *Particolato Atmosferico PM10* e *Benzo[a]Pirene* osservati nelle stazioni di Biella (Sturzo in NERO e Lamarmora in VERDE) e Cossato (BLU).

Questo fa supporre che siamo davanti ad un fenomeno in cui la quantit  di *PM10* tende a diminuire, ma dal punto di vista qualitativo osserviamo un peggioramento nelle zone extraurbane o periferiche. Analizzando le serie temporali dal 2005 al 2009 di particolato atmosferico (*PM10*) presso le stazioni di Biella e Cossato, Fig. 2, si vede un andamento stagionale con picchi invernali tipici della pianura padana e una sostanziale sovrapposizione delle serie, questo a dimostrare la quasi uguaglianza dei siti monitorati. Uguaglianza che puo essere sostenuta dal punto di vista quantitativo che per  trova divergenze dal punto di vista qualitativo. Infatti, osservando le serie temporali del *B[a]P* (Fig.

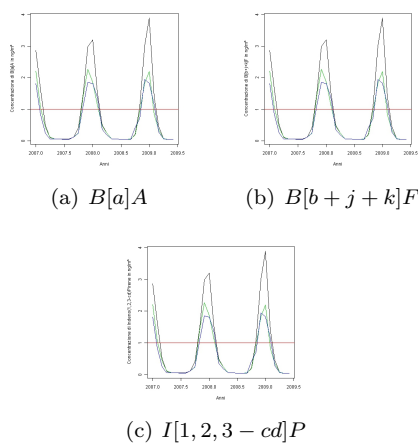


Figura 2: Serie temporali per *Benzo[a]Antracene*, *Benzo[b+j+k]Fluoranteni* e *Indeno[1,2,3-cd]Pirene* osservati nelle stazioni di Biella (Sturzo in BLU e Lamarmora in VERDE) e Cossato (in NERO).

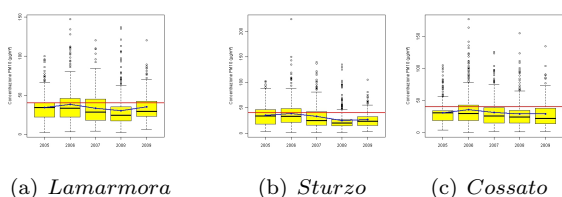


Figura 3: Box-Plot annuali relative al PM_{10} per le stazioni di Biella e Cossato.

2) nelle stesse stazioni ci scopre chiaramente che nei periodi freddi la quantità di $B[a]P$ cresce dal centro provincia alle periferie.

Lo stesso andamento discusso per il $B[a]P$ si osserva per gli altri IPA monitorati come si può constatare nei grafici in Figura 2.

Gli andamenti delle medie annuali di particolato atmosferico (PM_{10}) sono riportati nei grafici di Figura 2. Si nota come la media annuale non superi mai i $40\mu\text{g}/\text{m}^3$, che è il limite dettato dalla normativa vigente.

Inoltre, negli ultimi anni il trend è decrescente. La diminuzione del numero di superamenti giornalieri e la riduzione della concentrazione media annuale osservata sono imputabili alla concomitanza di politiche attente all'ambiente e alle favorevoli condizioni climatiche che si sono presentate a partire dall'inverno 2007-2008.

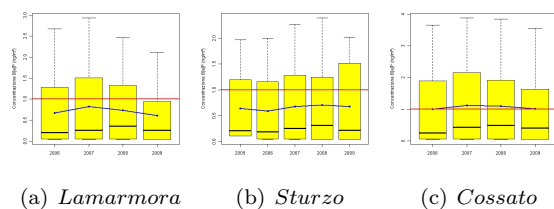


Figura 4: Box-Plot annuali relative al *Benzo[a]Pirene* per le stazioni di Biella e Cossato.

In Figura 2 vengono mostrati i Boxplot dei valori misurati di $B[a]P$ presso le tre stazioni della provincia di Biella, la linea puntata blu indica il *trend* della media annuale. Diversamente dal particolato atmosferico (PM_{10}), le medie annuali di $B[a]P$ risultano in aumento presso la stazione di Cossato (per ragioni tecniche, nel 2009 è stato considerato solo il primo semestre). Inoltre, negli ultimi anni si osserva un sistematico superamento del valore obiettivo medio annuo di $1\text{ng}/\text{m}^3$.

3 Il consumo di Biomassa per il riscaldamento domestico nella provincia di Biella

Il primo studio disponibile relativo al consumo di biomassa legnosa usata per il riscaldamento, è stato realizzato da Ursone and Marzetti (1986) nelle comunità montane di Valle Mosso e Val Sesslera, localizzate in provincia di Biella. Questo studio metteva in evidenza come, nelle economie montane il consumo di legno rappresentasse la fonte principale di energia, rispondendo al 54% della richiesta (in termini energetici), dove la seconda fonte energetica, il gasolio, si attestava ad un 32%. L'indagine è stata condotta attraverso la somministrazione di questionari alla popolazione residente. L'uso delle interviste permette di ridurre l'incertezza dovuta alla difficoltà nel tracciare la provenienza del legno utilizzato, è infatti difficile individuare un metodo standard che utilizzi ad esempio i bilanci economici e che sia di conseguenza estendibile a tutti i comuni. Questo avviene perché si deve distinguere tra origine "commerciale" e quindi regolata e individuata in maniera univoca, e "autoconsumo", che è il caso in cui il rifornimento di legno venga effet-

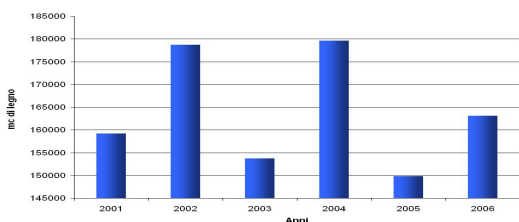


Figura 5: Utilizzi legnosi forestali per combustibile in m^3 (ISTAT, 2006).

tuato direttamente dagli utilizzatori, senza quindi poter individuare chiaramente le aree di intervento e le quantità prelevate.

Un altro tipo di confondenti può essere individuato nei comportamenti sociali che sono condizionati, ad esempio, dalle temperature stagionali o dal costo delle altre fonti energetiche. Come si vede in Fig.3 è apparentemente assente una *trend* nei consumi di legno per combustibile. In realtà, per poter identificare un andamento, positivo o negativo, è necessario individuare e considerare tutti i fattori che condizionano il fenomeno: ad esempio un aumento delle temperature invernali può causare una riduzione nel consumo di combustibile, mentre un aumento del costo delle altre fonti energetiche lo può far aumentare.

Nello studio di Ursone *et al.* (2009) le stime sono state raffinate aumentando considerevolmente il campione intervistato. Nell'articolo è possibile rintracciare gli studi relativi all'utilizzo di legname in Piemonte a partire dal pionieristico studio già citato fino ai più recenti. Se confrontati con questo studio più recente i valori ufficiali dei Bilanci energetici regionali (BER) e ISTAT mostrano una notevole sottostima. Nell'indagine descritta nello specifico sono stati considerati solo i comuni con meno di 10000 abitanti, dove si è evidenziato che il legno (considerato in tutte le sue forme compreso il *pellet*) è utilizzato dal maggior numero di residenti (41.8%), al secondo posto, a differenza dello studio effettuato nel 1985, vi è il metano con il 39.8%, mentre il gasolio è sceso a 11.1% e la parte restante è relativa al GPL. Inoltre il 33% della popolazione utilizza il legno contemporaneamente ad un'altra tipologia di combustibile. Dagli studi analizzati fino ad oggi si osserva che il legno ha ancora un ruolo considerevole per la produzione di energia domestica nelle economie rurali. Inoltre, secondo Ursone

et al. (2009) vi è il rischio che le quantità di legno utilizzato superino la disponibilità interna, che peraltro non viene utilizzata efficacemente soprattutto per difficoltà logistiche. A fronte di ciò gli autori specificano che migliorando l'efficienza degli impianti a legna, e quindi sostituendo una buona parte di quelli utilizzati attualmente, si potrebbe aumentare il numero di utilizzatori di legno del 20%-30% a parità di biomassa utilizzata. Questo risultato permetterebbe, oltre che ad abbattere i consumi e ridurre quindi l'utilizzo di altre fonti fossili, di ridurre le emissioni di inquinanti e di CO_2 (pur se da rinnovabili) in atmosfera.

4 Conclusioni

L'indagine descritta in queste pagine ha permesso di ottenere una visione di insieme circa le conoscenze relative a inquinamento da *IPA* e a consumo di biomassa nella regione Piemonte con particolare dettaglio alla provincia di Biella. Tuttavia, se da una parte la misura costante delle concentrazioni di inquinanti misurate in aria permette di avere un quadro soddisfacente sull'andamento della presenza di inquinanti in atmosfera, dall'altra gli studi disponibili e rintracciabili circa il consumo di biomassa, nelle aree specifiche, sono relativi ad aree circoscritte o relativi a periodi molto limitati nel tempo, e normalmente di carattere generale. La sostanziale assenza di continuità storica nella conoscenza specifica dei consumi di legno ad uso domestico non permette, quindi, di collegare chiaramente le concentrazioni misurate alle quantità di biomassa usate. Tuttavia, in base alla letteratura scientifica degli ultimi anni (cfr Sez.1) si avvalorano l'ipotesi che anche nelle campagne biellesi (e piemontesi) come in molte altre località, dove sono stati effettuati studi specifici, esista una correlazione tra i due fenomeni. In base a quanto descritto durante questa ricerca si osserva che: 1) Gli studi sul consumo di legno in provincia di Biella e in Piemonte sono normalmente relativi al consumo di biomassa e non considerano i prodotti relativi alla combustione. La conoscenza delle emissioni relative alla combustione potrebbe, per la sua importanza, stimolare l'ammodernamento degli impianti di combustione. Questo permetterebbe sia di aumentare i rendimenti di combustione, sia di ridurre le emissioni nocive in atmosfera. 2) L'avvio di uno

studio volto ad identificare i traccianti del consumo di biomassa legnosa, potrà fornire informazioni, in maniera rigorosa, sul ruolo del legno nell'economia rurale, distinguendo anche tra colture la cui combustione é piú o meno emissiva. Individuando punti di riferimento nella definizione di strategie per il miglioramento dello sfruttamento della "risorsa foresta". 3) Data la posizione del comune di Cos-sato, si potrebbe supporre che, per quanto riguarda l'approvvigionamento di fonti energetiche, la popolazione abbia comportamenti intermedi tra quelli tipici della città e quelli delle aree rurali. La verifica di questo aspetto permetterà di rafforzare la conoscenza sul collegamento tra inquinanti rilevati e combustione di biomassa effettuata nel comune (il comune é stato escluso dalle indagini precedenti). Questi aspetti saranno approfonditi attraverso uno studio con il quale si intende indagare per via sperimentale la relazione esplorata in questo lavoro, nel caso specifico della provincia di Biella.

Si ringrazia il dott. M. Corgnati della Regione Piemonte e il dott. R. Ursone dell'IPLA per la disponibilità offerta e per tutta la documentazione fornita in relazione al consumo di biomassa legnosa in Piemonte.

Riferimenti bibliografici

- Barrefors, G. and Petersson, G. (1995). Volatile hydrocarbons from domestic wood burning. *Chemosphere*, **30**, 1551–1556.
- Fermo, P., Bernardoni, V., Comero, S., Piazzalunga, A., Valli, G., and Vecchi, R. (2008). Valutazione del contributo della combustione di legna al particolato atmosferico. *PM2008: atti del convegno nazionale sul particolato atmosferico*.
- ISTAT (2001-2006). Dati annuali sulle superfici e le utilizzazioni forestali. Ultimo Accesso Gen, 2010 sul sito Web <http://www.istat.it/agricoltura/datiagri/foreste/>.
- Jeong, C.-H., Evans, G. J., Dann, T., Graham, M., Herod, D., Dabek-Zlotorzynska, E., Mathieu, D., Ding, L., and Wang, D. (2008). Influence of biomass burning on wintertime fine particulate matter: Source contribution at a valley site in rural british columbia. *Atmospheric Environment*, **42**, 3684–3699.
- Ravindra, K., Sokhi, R., and Grieken, R. V. (2008). Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factor and regulation. *Atmospheric Environment*, **42**, 2895–2921.
- Ryu, S. Y., Kwon, B. G., Kim, Y. J., Kim, H. H., and Chun, K. J. (2007). Characteristics of biomass burning aerosol and its impact on regional air quality in the summer of 2003 at gwangju, korea. *Atmospheric Research*, **84**, 362–373.
- Saarnio, K., Sillanpaa, M., Hillamo, R., Sandell, E., Pennanen, A. S., and Salonen, R. O. (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbons in size-segregated particulate matter from six urban sites in europe. *Atmospheric Environment*, **42**, 9087–9097.
- Simoneit, B. R. T., Schauer, J. J., Nolte, C. G., Oros, D. R., Elias, V. O., Fraser, M. P., Rogge, W. F., and Cass, G. (1999). Levoglucosan, a tracer for cellulose in biomass burning and atmospheric particle. *Atmospheric Environment*, **33**, 173–182.
- Ursone, R. and Marzetti, P. (1986). Risultati di un indagine condotta sui residenti di due comunità montane piemontesi. *2nd international conference 13-16 ottobre Sirmione/Brescia. IPLA-ENEA*, page 13 pp.
- Ursone, R., Terzuolo, P., and Quirino, M. (2009). Uso del legno per il riscaldamento domestico. *Sherwood*, **157**, 33–39.
- Zoua, L. Y., Zhang, W., and Atkiston, S. (2003). The characterisation of polycyclic aromatic hydrocarbons emissions from burning of different firewood species in australia. *Environmental Pollution*, **124**, 283–289.