

IL PROGETTO LIFE+ POPULATION EXPOSURE TO PAH (EXPAH): ESPOSIZIONE INDOOR/OUTDOOR IN AMBIENTI DI VITA E STIMA DELLE EMISSIONI NELLA CITTÀ' DI ROMA

Gariazzo C. (1), Cecinato A. (3), Finardi S. (4), Sozzi R. (5), Argentini S. (6), Forastiere F. (2), Hanninen O. (7), Gherardi M. (1), Perrino C. (3), Radice P. (4), Smith P. (4), Sacco F. (5), Gordiani A. (1), Gatto M.P. (1), Perilli M. (3), Tofful L. (3), Romagnoli P. (3)

(1) INAIL Centro Ricerche, Monteporzio Catote (RM) c.gariazzo@inail.it; (2) ASL-RME, Dipartimento di Epidemiologia, Roma; (3) CNR-IIA, Montelibretti (RM); (4) ARIANET, Milano; (5) ARPA-LAZIO, Rieti; (6) CNR-ISAC, Roma; (7) THL, Kuopio, Finlandia.

Riassunto

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono una classe di inquinanti di interesse crescente per la loro presenza nell'aria ambiente. Essi sono persistenti ed ubiquitari nell'aria ambiente e qualche composto è stato identificato come cancerogeno. Vi è infatti evidenza scientifica della relazione tra l'esposizione ad IPA e alcune forme di cancro negli uomini. Nelle aree altamente urbanizzate il riscaldamento domestico e il traffico auto veicolare sono tra le principali sorgenti di emissione. Conseguentemente la popolazione che vive in queste aree è esposta ad inquinanti che hanno un potenziale effetto sulla salute. La Comunità Europea ha finanziato un progetto (Population Exposure to PAH: EXPAH) nell'ambito dello schema finanziario LIFE+. Il suo scopo è di identificare e quantificare l'esposizione della popolazione agli IPA in aree altamente urbanizzate e di valutarne l'impatto sulla salute umana. Il progetto integra misure, modelli e investigazioni epidemiologiche per ottenere: mappe di stima dell'esposizione della popolazione agli IPA; identificare gli elementi che determinano le elevate esposizioni inclusi i luoghi e le abitudini di vita in relazione alla posizione delle sorgenti; valutare i potenziali effetti sulla salute. La città di Roma è stata scelta come area di studio. Nel presente lavoro verranno illustrati gli obiettivi, le metodologie e i principali risultati preliminari ottenuti dal progetto EXPAH.

INTRODUZIONE

Tra gli inquinanti organici persistenti, gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono una classe di composti di grande interesse per la loro importante presenza nell'ambiente. Essi sono ubiquitari in aria e alcuni di questi sono stati identificati come cancerogeni (Chang et al., 2006; IARC, 1983). Gli IPA si trovano in atmosfera sia in forma gassosa che in quella di particolato (PM_{2.5} e PM₁₀) in conseguenza della loro volatilità governata dalla struttura chimica. L'IPA più conosciuto è il benzo[a]pirene (B[a]P). L'agenzia Statunitense per le Sostanze Tossiche e il Registro delle Malattie ha considerato 17 IPA prioritari dal punto di vista tossicologico, selezionati sulla base di: il sospetto di produrre effetti nocivi; l'esposizione significativa della popolazione; l'alta concentrazione ambientale rispetto ad altri IPA. Gli IPA sono prodotti dalla combustione incompleta di materiale organico, sia indotta dall'uomo, sia naturale (incendi di biomasse). In generale si individuano cinque sorgenti principali: residenziale, veicolare, industriale, agricola e naturale. Nelle aree fortemente urbanizzate il riscaldamento domestico e il traffico forniscono i maggiori contributi alle emissioni di IPA, con speciale rilevanza per le auto diesel (Ravindra et al., 2008; Zhang and Thao, 2009). Di conseguenza la popolazione che vive nelle aree metropolitane è particolarmente esposta a questi inquinanti, subendone i potenziali effetti sanitari. Esiste una forte relazione fra l'intensità d'esposizione a IPA e la frequenza di cancro al polmone, alla pelle e alla vescica. Danni al DNA sono stati messi in relazione all'esposizione agli IPA da diversi autori (Garte et al., 2007; Taioli et al., 2007). L'esposizione a lungo termine a IPA è stata associata con danni genetici e con l'incremento di mortalità per cause cardiopolmonari. Esposizioni nel breve termine a IPA hanno evidenziato un indebolimento delle funzioni polmonari in soggetti asmatici e la trombosi in individui affetti da malattie coronariche. Gli studi epidemiologici fanno usualmente riferimento a

valutazioni d'esposizione basate sui valori di concentrazioni ambientali registrati dalle reti di monitoraggio. Queste, tuttavia, sono influenzate da emissioni locali e non riproducono appieno la distribuzione spaziale degli inquinanti e l'esposizione della popolazione. C'è quindi la necessità di ottenere informazioni di base in tale campo per una miglior valutazione dei rischi sanitari e per meglio orientare le politiche ambientali nazionali ed europee e i piani di mitigazione delle conseguenze dell'inquinamento.

Al fine di rispondere a tale esigenza, nell'ambito dei progetti Europei LIFE+ 2009, Environmental Policy and Governance, la Comunità Europea ha co-finanziato un'attività di ricerca e sviluppo sul tema "Ambiente e Salute" attraverso il progetto "Population Exposure to PAH" (EXPAH). I contenuti, gli obiettivi e i risultati preliminari del progetto EXPAH sono illustrati nel presente lavoro.

IL PROGETTO LIFE+ EXPAH

SCOPI E OBIETTIVI

Il progetto EXPAH (www.ispesl.it/expah) affronta il problema ambientale-sanitario indotto dalla emissione, dispersione, e trasformazione degli idrocarburi policiclici aromatici adsorbiti al particolato atmosferico. Lo scopo principale del progetto è quantificare l'esposizione agli IPA sofferta da segmenti sensibili di popolazione (anziani e bambini) che vivono nelle aree altamente urbanizzate, e di valutare il conseguente impatto sanitario al fine di supportare le politiche ambientali e la legislazione in tale ambito. Per raggiungere tale obiettivo è utilizzato un approccio multidisciplinare comprendente misure, modelli matematici e studi epidemiologici. I prodotti attesi sono: la stima della distribuzione spaziale d'esposizione agli IPA; l'individuazione dei fattori-chiave che causano forti esposizioni, con particolare riguardo agli ambienti di vita e alla localizzazione territoriale; la stima dei potenziali effetti sulla salute subiti dalla popolazione sensibile. Il progetto EXPAH costruisce un prototipo di metodo di valutazione di qualità ambientale in grado di fornire: le concentrazioni di IPA cancerogeni in aria; l'impatto sanitario stimato nelle aree urbanizzate; indicazioni/informazioni sull'efficacia di misure di mitigazione previste (scenari) o attuate (risultati), a livello locale, nazionale ed europeo.

Più specificatamente gli obiettivi di EXPAH sono:

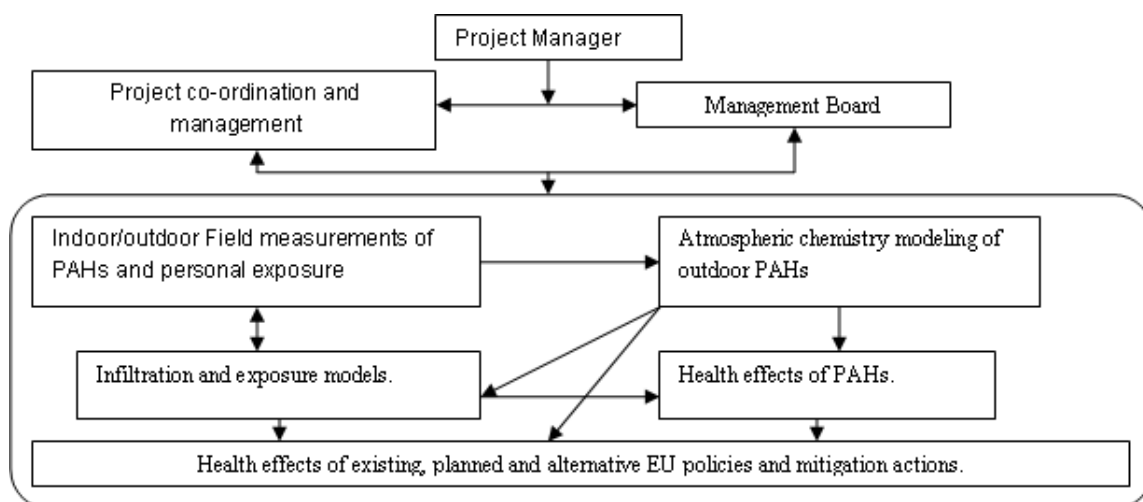
- Sviluppare un inventario delle emissioni IPA per la città test e aggiornare i profili di speciazione dei composti IPA per specifiche sorgenti;
- Migliorare e integrare i modelli matematici per l'inquinamento atmosferico per descrivere le emissioni, la dispersione, le trasformazioni atmosferiche e la rimozione degli inquinanti con particolare rilevanza agli IPA.
- determinare le concentrazioni di particolato atmosferico e IPA in diverse aree della città, usando le reti rilevamento già esistenti e campagne integrative, per valutare l'effettiva esposizione umana in differenti ambienti di vita.
- Sviluppare un modello di infiltrazione indoor-outdoor capace di stimare l'ammontare di particolato e IPA di origine ambientale presente in alcuni ambienti di vita predefiniti.
- Stimare l'esposizione a PM e IPA di anziani e bambini utilizzando dati da un modello di trasporto chimico (CTM), modelli di infiltrazione e dati di tempi di vita della popolazione integrati in un modello di esposizione.

- Stimare l'impatto a breve e lungo termine sulla salute, di particolato a diverse frazioni granulometriche e di IPA, con particolare riguardo alla mortalità e morbidità, utilizzando modelli di stima dei livelli di esposizione che tengano conto dei diversi fattori confondenti.
- Migliorare la nostra comprensione degli effetti sulla salute umana e le corrispondenti relazioni esposizione-risposta degli IPA allo scopo di valutare l'impatto di differenti valori di soglia di concentrazioni di inquinanti.
- Valutare gli effetti sulla salute di politiche ambientali Europee esistenti, pianificate o future allo scopo di fornire raccomandazioni per strategie di adeguamento e mitigazione.

METODOLOGIA

Per l'implementazione del progetto EXPAH è stata scelta la città di Roma, viste le problematiche ambientali evidenziate da diversi autori (Forastiere et al., 2005, 2008) e i relativi effetti sulla popolazione. Per raggiungere gli obiettivi sopradescritti il progetto utilizzerà un approccio interdisciplinare e innovativo integrando campagne di misure chimiche, sviluppo e applicazione di modelli matematici e tecniche di analisi dati secondo lo schema rappresentato in figura 1.

Figura 1. Schema di collegamento attività



Schema di interrelazione e collegamento tra le diverse azioni progettuali di EXPAH

Lo sviluppo del progetto si articola in 27 azioni. Come prima azione sono in corso indagini statistiche finalizzate alla determinazione dei principali ambienti di vita visitati dalla popolazione target durante i giorni lavorativi e il fine settimana. Questa informazione verrà utilizzata sia per determinare i principali ambienti (micro-ambienti) da sottoporre al monitoraggio chimico, che a ottenere informazioni su quale ambiente di vita è visitato dalla popolazione alle diverse ore di un giorno tipo (tempi di vita della popolazione), da fornire al modello di esposizione della popolazione. Una parte consistente del progetto è costituita dalle attività di monitoraggio chimico e meteorologico. I diversi ambienti di vita individuati saranno sottoposti a monitoraggio chimico indoor e outdoor per quanto riguarda le concentrazioni di PM_{2.5} e IPA. Circa 20 diversi siti, selezionati tra scuole, abitazioni, uffici, autovetture e bus, saranno monitorati su base stagionale (inverno e estate). Oltre a fornire una valutazione dei livelli di esposizione in questi ambienti di vita, le misure permetteranno di determinare le correlazioni esistenti con i livelli di concentrazione ambientali esterni, in base alle tipologie dei sistemi di aereazione. Tali dati saranno quindi utilizzati per mettere a punto un modello di infiltrazione nei diversi ambienti di vita. In aggiunta verranno condotte campagne di monitoraggio personale su soggetti appartenenti alle categorie bersaglio, al

fine di valutare l'esposizione personale e di fornire dati per validare il modello di esposizione sviluppato nel progetto. Parallelamente alla campagna di monitoraggio chimico si svolgerà quella di monitoraggio meteorologico. Ad integrazione delle rete di rilevamento già esistente, sono in corso misure su 4 stazioni poste sul territorio in studio. Oltre a misure di superficie sono condotte anche misure nello strato limite atmosferico mediante l'ausilio di strumenti di radiosondaggio acustico ed elettromagnetico (SODAR-RASS, Radiometro a microonde, *Ceilmeter*). Tali dati saranno utilizzati sia per la caratterizzazione meteorologica dell'area, che per modelli di ricostruzione del campo meteorologico sulla stessa. Quest'ultimo sarà fornito, insieme con un inventario delle emissioni di inquinanti nell'area di studio, al modello di trasporto chimico FARM (Gariazzo et al. (2007)) allo scopo di produrre mappe di stima della concentrazione al suolo di IPA e PM2.5. Le concentrazioni in aria ambiente stimate dal modello di trasporto chimico saranno quindi utilizzate come input ad un modello di esposizione della popolazione. Tale modello utilizza una metodologia secondo la quale l'esposizione è valutata come media delle concentrazioni presenti nei diversi ambienti visitati dal soggetto esposto, pesate per il tempo di permanenza nei medesimi ambienti. Tali dati sono ricavati sia dalle indagini sui tempi di vita svolte nel progetto che dal modello di infiltrazione messo a punto nel progetto. Saranno quindi ricavate nell'area di studio mappe di esposizione a IPA e PM2.5 per la popolazione target. Questi risultati, insieme alle mappe di concentrazione in aria ambiente e alle misure eseguite nei diversi ambienti e per mezzo della rete di rilevamento della qualità dell'aria, saranno utilizzati per determinare gli effetti a breve e lungo termine sulla salute in termini di mortalità e morbidità. In particolare verranno valutati sia gli impatti sull'ospedalizzazione, che quelli a lungo termine sull'occorrenza del cancro al polmone, gli eventi coronari e quelli cerebro vascolari. Infine verrà investigata la possibilità di aggiornare le relazioni esposizione-risposta per quanto riguarda gli IPA.

La parte conclusiva del progetto riguarderà la selezione di possibili scenari emissivi derivanti da politiche ambientali a diverse scale (Europeo, nazionale e locale), nonché scenari di riduzione e mitigazione degli effetti. Per ciascun scenario verranno rideterminati con la metodologia suddetta, gli impatti sull'aria ambiente e le conseguenti nuove mappe di esposizione, nonché gli effetti sulla salute derivanti dalla implementazione di detti scenari.

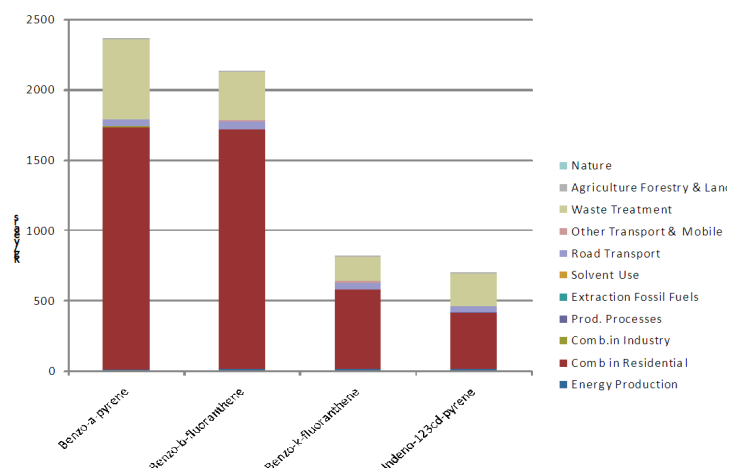
RISULTATI

L'INVENTARIO DELLE EMISSIONI IPA NELL'AREA DI ROMA

Un inventario delle emissioni di IPA per l'area metropolitana di Roma è stato costruito a partire dagli inventari disponibili a livello nazionale ed internazionale. I dati inclusi negli inventari sono stati integrati con informazioni disponibili a livello locale in modo da ottimizzare la discesa di scala fino alla risoluzione spaziale richiesta dalle simulazioni modellistiche (1 km). L'inventario nazionale ISPRA2005 ha risoluzione provinciale e include informazioni relative alle emissioni di IPA totali suddivise per macrosettore emissivo, non contiene però informazioni relative alle emissioni dei diversi congeneri. Le emissioni dei 4 congeneri IPA identificati dal protocollo UNECE POP (benzo[b]fluorantene, benzo[k]fluorantene, benzo[a]pirene e indeno[123-cd]pirene) sono stati quindi stimati dai profili di emissione disponibili in letteratura per i diversi settori emissivi. In Figura 2 è illustrato il contributo delle diverse sorgenti alle emissioni di IPA per la Regione Lazio. L'inventario attribuisce il 73% delle emissioni di IPA nella Regione Lazio al contributo della combustione da riscaldamento residenziale, il 22% al trattamento dei rifiuti ed il 3-4% ai trasporti. I risultati ottenuti sono stati confrontati con l'inventario a scala Europea sviluppato dal TNO e reso disponibile per il progetto EXPAH. Si è rilevata un generale congruenza delle emissioni

complessive a scala nazionale, mentre differenze importanti sono state individuate per i contributi dei differenti macrosettori. Il confronto ha confermato il grado di incertezza che caratterizza le emissioni di IPA e che può essere considerato decisamente maggiore di quelli associati ai macroinquinanti.

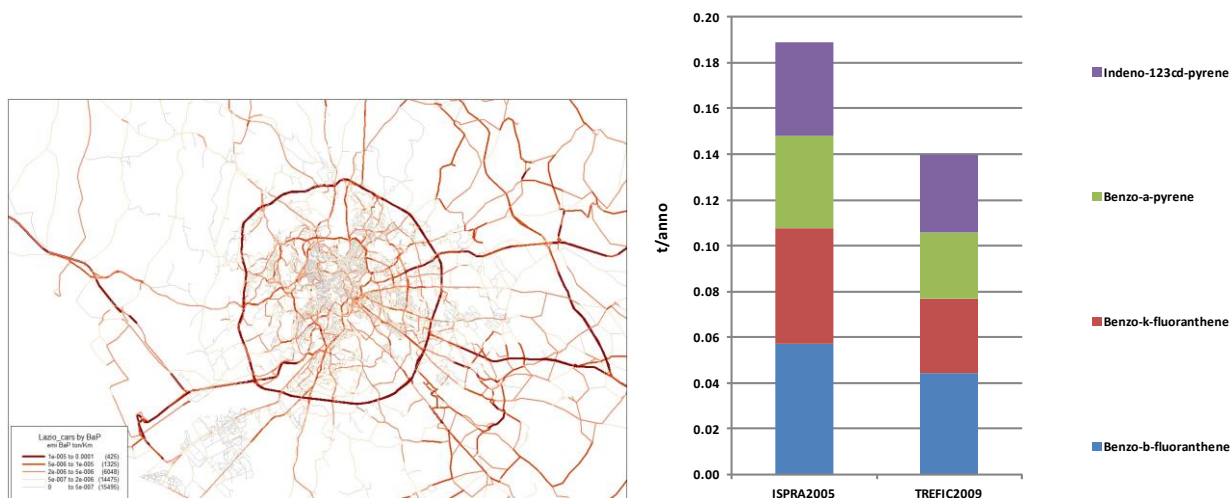
Figura 2. Emissioni di IPA per la Regione Lazio per l'anno 2005, contributo delle diverse sorgenti.



Le informazioni contenute nell'inventario a risoluzione provinciale sono state portate alla risoluzione comunale utilizzando i proxies precedentemente impiegati per la realizzazione dell'inventario INCOM05 (Inventario a livello comunale, realizzato a partire dell'inventario ISPRA2005 per il Ministero dell'Ambiente). Tutte le emissioni sono state aggiornate all'anno di riferimento 2009 utilizzando i trend storici ricavati dalle emissioni totali annuali pubblicate da ISPRA su base annuale, eccezion fatta per il macrosettore 2, il cui aggiornamento si basa sulla vendita provinciale dei combustibili. La spazializzazione delle emissioni da riscaldamento residenziale è stata rivista sulla base di studi realizzati in altre regioni e delle informazioni riguardanti la metanizzazione dei comuni, che hanno permesso di attribuire una distribuzione spaziale differente ai diversi combustibili, ed in particolare alla combustione di biomasse, che influisce fortemente sulle emissioni di PM10, NMVOC e IPA. Le emissioni delle sorgenti puntuali sono state aggiornate al 2009 sulla base di un censimento effettuato da ARPA Lazio. Le emissioni attribuite alle attività portuali ed aeroportuali sono state rivalutate sulla base di dati riguardanti il movimento di passeggeri e merci negli aeroporti di Ciampino e Fiumicino e dal movimento delle navi nel porto di Civitavecchia.

La valutazione più innovativa e di maggior dettaglio ha riguardato le emissioni da traffico. I flussi di traffico sulla rete stradale regionale sono stati stimati, a partire da dati AISCAT, ASTRAL e ATAC per il 2009, attraverso l'applicazione di un modello di assegnazione del traffico. I flussi veicolari su ogni tratto della rete stradale della Provincia di Roma sono stati forniti dall'Agenzia della Mobilità di Roma. Le emissioni orarie di tutti gli inquinanti principali, compresi gli IPA, sono state stimate per ogni tratto stradale per mezzo del modello TREFIC, basato sulla metodologia COPERT IV. La Figura 3 mostra le emissioni totali annuali di Benzo[a]pirene dovute alle auto sull'area metropolitana di Roma. La valutazione delle emissioni da traffico sulla Regione Lazio sono state confrontate con i valori inclusi nell'inventario ISPRA2005 ed hanno mostrato una riduzione complessiva di circa il 24% (Figura 3).

Figura 3. Emissioni di B[a]P dovute alle auto sulla rete stradale di Roma (sinistra); confronto fra le emissioni di IPA nella Regione Lazio stimate dall'inventario nazionale ISPRA2005 e con metodologia bottom-up attraverso il modello TREFIC per il 2009 (destra).



MISURE DI CONCENTRAZIONE PM2.5, IPA E VOC IN DIVERSI AMBIENTI DI VITA.

Durante le stagioni invernale e primaverile 2011-2012 sono state svolte le attività di monitoraggio in diversi ambienti di vita finalizzate al reperimento di dati di concentrazione di PM2.5, IPA e VOC in diversi ambienti di vita. E' stato eseguito il campionamento di PM2.5 e VOC presso un totale di 20 siti suddivisi tra scuole (6), abitazioni (9), uffici (2), auto (2) e autobus (1). Per il monitoraggio degli IPA si è fatto ricorso a una procedura dedicata, consistente nel campionamento a basso flusso del PM2.5 su filtro inerte (per non turbare l'ambiente). Su due stazioni è stata anche effettuata l'analisi composizionale del PM2.5 al fine di individuare le macrosorgenti che contribuiscono alla concentrazione. Campioni giornalieri sono stati uniti in gruppi settimanali, estratti con solvente, frazionati su colonna d'allumina e caratterizzati mediante GC-MSD (SIM). Idrocarburi volatili, ozono e biossido d'azoto sono stati campionati con sistemi diffusionali e analizzati per GC-FID o IC. Le figure 4 a, b, e c mostrano le concentrazioni medie giornaliere di PM2.5 misurate indoor e outdoor presso tre scuole nel periodo novembre – dicembre 2011 e le concentrazioni medie di IPA e VOC nella prima parte del periodo (20 novembre – 13 dicembre). I risultati evidenziano concentrazioni di massa del PM2.5 generalmente più elevate nell'atmosfera dell'ambiente esterno (Figura 4a), mentre le concentrazioni di IPA indoor sono assai simili a quelle outdoor (Figura 4b), ad eccezione del benz[a]antracene e del benzo[b]fluorantene. Il BaP supera il valore-guida di 1.0 ng/m³ previsto dalla normativa. Gli idrocarburi aromatici volatili, invece, spesso risultano più abbondanti all'interno piuttosto che all'esterno degli edifici (Figura 4c). Si riporta in Figura 5, la media delle concentrazioni di IPA (esprese come ng/m³) presenti nel particolato atmosferico indoor e outdoor di due automobili (periodo 18 novembre-31 gennaio). Si può notare che le concentrazioni indoor sono comparabili con quelle outdoor per tutti i composti IPA. In particolare il benzo(a)Pirene in una delle due auto è vicino al limite di legge per entrambi gli ambienti. È stata inoltre valutata la qualità dell'aria di altre 3 scuole, diverse da quelle citate e un ufficio. Per ciascun sito sono stati effettuati due campionamenti giornalieri (indoor e outdoor) mentre l'analisi IPA è stata eseguita su base settimanale. La Figura 6 illustra i valori medi per due settimane di campionamento delle concentrazioni indoor e outdoor degli IPA associati al particolato atmosferico nei quattro siti oggetto dell'indagine. L'importanza delle concentrazioni indoor è di nuovo confermata, fatta eccezione per la scuola n. 6 in cui si registrano concentrazioni IPA indoor decisamente minori di quelle outdoor corrispondenti. Questo dato è confermato dalle concentrazioni PM2.5 misurate nei suddetti ambienti riportate in Tabella 1.

Figure 4. Concentrazioni indoor e outdoor di PM_{2.5} (a), IPA (b) e VOC (c) in tre diverse scuole di Roma durante la campagna invernale (28 Novembre – 13 Dicembre, 2011)

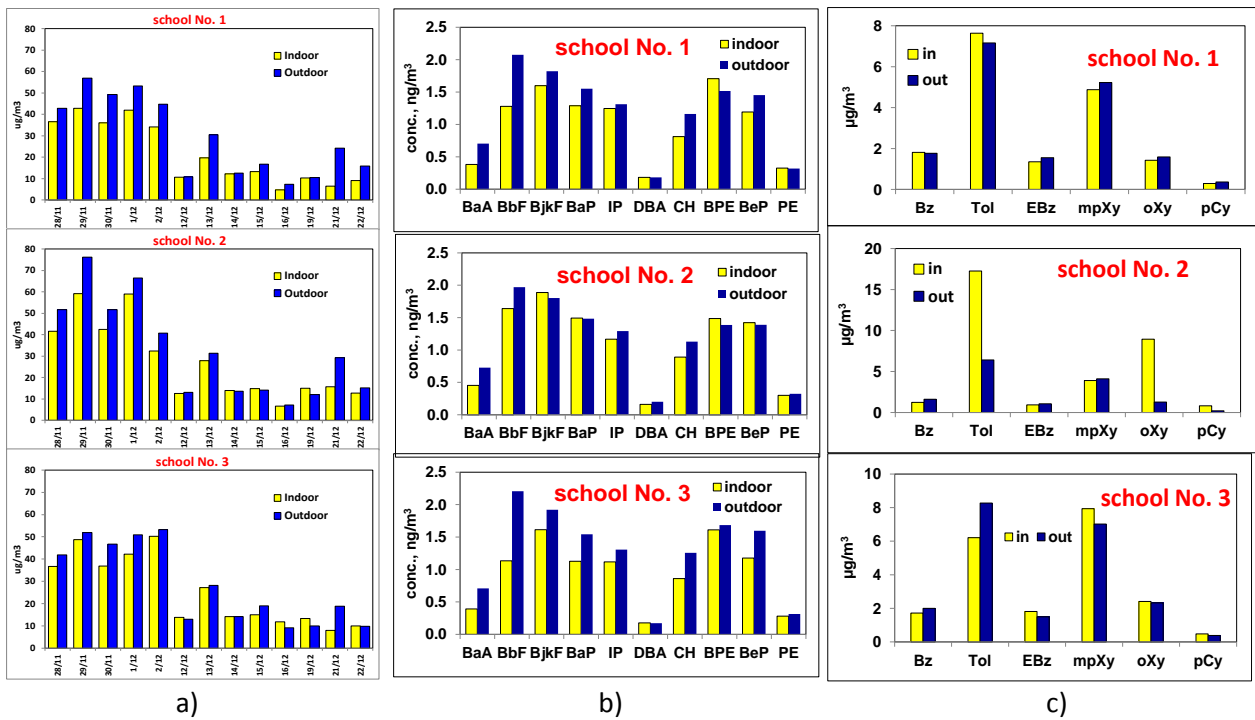


Figura 5. Concentrazione media di IPA in 2 automobili (ng/m³).

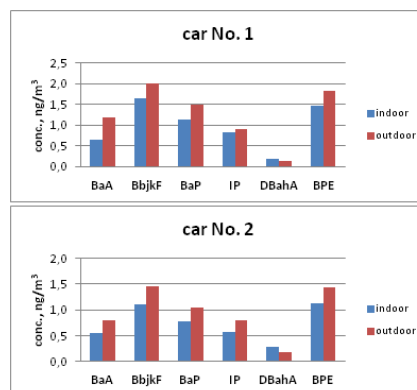


Figura 6. Concentrazione di IPA nel PM_{2.5} in un ufficio e tre scuole, periodo 14. -24.02.2012.

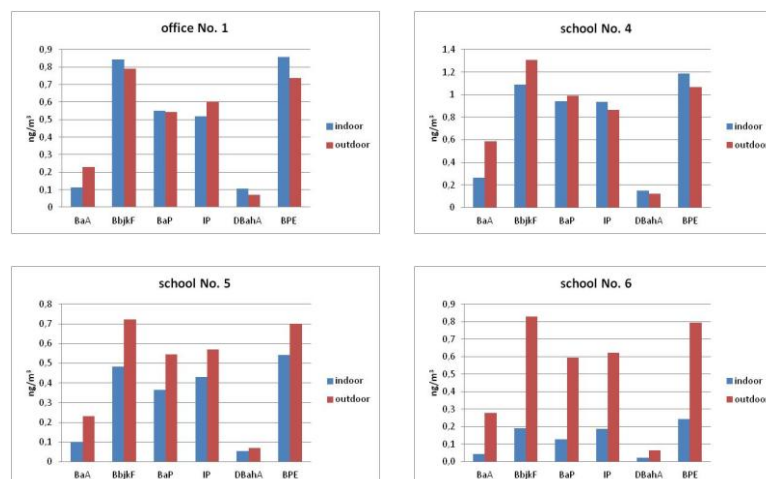


TABELLA 1 Valori medi settimanali del PM2.5 in 4 siti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), periodo 14.02.2012-09.03.2012.

SITO	1 ^a settimana		2 ^a settimana		3 ^a settimana		4 ^a settimana	
	<i>outdoor</i>	<i>indoor</i>	<i>outdoor</i>	<i>indoor</i>	<i>outdoor</i>	<i>indoor</i>	<i>outdoor</i>	<i>indoor</i>
SCUOLA 4	-	-	20,6	17,3	38,3	19,8	21,6	26,6
SCUOLA 5	28,3	20,2	18,1	15,6	20,8	19,3	-	-
SCUOLA 6	25,8	7,0	25,0	10,1	35,8	13,4	-	-
UFFICIO	24,3	25,2	18,9	22,1	27,3	26,5	-	-

CONCLUSIONI

Il Progetto EXPAH è attualmente in corso e terminerà nel dicembre 2013. Alcuni risultati preliminari hanno fornito informazioni circa l'importanza di alcune sorgenti nelle emissioni IPA dell'area di Roma, così come il grado di incertezza che caratterizza le stesse emissioni. Le misure di concentrazioni di PM2.5, IPA e VOC che impattano su diversi ambienti di vita hanno evidenziato che l'esposizione della popolazione quando si trova all'interno di questi ultimi è comparabile con quella presente all'esterno degli stessi. Questi dati, insieme a quelli che saranno collezionati nel prosieguo delle indagini, saranno altresì utilizzati per sviluppare un modello di infiltrazione da utilizzarsi in un modello statistico di esposizione della popolazione.

BIBLIOGRAFIA

- Chang K.-F., Fang G.-C., Chen J.-C., Wu Y.-S.; 2006; Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Asia: A review from 1999 to 2004. *Environmental Pollution* 142, 388-396.
- Francesco Forastiere, Massimo Stafoggia, Sally Picciotto, Tom Bellander, Daniela D'Ippoliti, TimoLanki, Stephanie von Klot, Fredrik Nyberg, PenttiPaatero, Annette Peters, JuhaPekkanen, JordiSunyer, and Carlo A. Perucci, 2005; A Case-Crossover Analysis of Out-of-Hospital Coronary Deaths and Air Pollution in Rome, Italy; *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* Vol. 172. pp 1549–1555, 2005;
- Forastiere F, Stafoggia M, Berti G, Bisanti L, Cernigliaro A, Chiusolo M, Mallone S, Miglio R, Pandolfi P, Rognoni M, Serinelli M, Tessari R, VigottiM, Perucci CA; SISTI Group. Particulate matter and daily mortality: a case-crossover analysis of individual effect modifiers. *Epidemiology*. 2008 Jul;19(4):571-80.
- C. Gariazzo, C. Silibello, S. Finardi, P. Radice, A. Piersanti, G. Calori, A. Cecinato, C. Perrino, F. Nussio, M. Cagnoli, A. Pelliccioni, G. P. Gobbi, P. Di Filippo: "A gas/aerosol air pollutants study over the urban area of Rome using a comprehensive Chemical transport model. *Atmospheric Environment* (2007). Vol. 41/34 pp. 7286-7303.
- Garte, Seymour; Taioli, Emanuela; Raimondi, Sara; Paracchini, Valentina; Binkova, Blanka; Sram, Radim J.; Kalina, Ivan; Popov, Todor A.; Singh, Rajinder; Farmer, Peter B., 2007; Effects of metabolic genotypes on intermediary biomarkers in subjects exposed to PAHs; *Mutation Research: Fundamental & Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, Jul2007, Vol. 620 Issue 1/2, p7-15, 9p
- International Agency for Research on Cancer, 1983. IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans: Polycyclic aromatic compounds, Part 1. Chemical, Environmental and Experimental data. Volume 32. IARC, Lyon, France.
- International Agency for Research on Cancer, 1985. IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans: Polynuclear aromatic compounds, Part 4. Bitumens, coal-tars and derived products, shale-oils and soots. Volume 35. IARC, Lyon, France.
- Ravindra K., Sokhi R., Van Grieken R., 2008; Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation. *Atmospheric Environment* 42, 2895-2921.
- Taioli, Emanuela, Sram, Radim, Binkova, Blanka, Kalina, Ivan, Popov, Todor A. Garte, Seymour, Farmer, Peter B., 2007; Biomarkers of exposure to carcinogenic PAHs and their relationship with environmental factors. *Mutation Research: Fundamental & Molecular Mechanisms of Mutagenesis*; Jul2007, Vol. 620 Issue 1/2, p16-21, 6p.
- Zhang Y., Tao S. (2009); Global atmospheric emission inventory of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) for 2004. *Atmospheric Environment* 43 812-819.