

PM2018 Convegno Nazionale sul Particolato Atmosferico

Libro degli Abstract

A cura di:

Silvia Becogli
Silvia Bellinzona
Rosa Caggiano
David Cappelletti
Daniele Confini
Gianluigi De Gennaro
Luca Ferrero
Sandro Fuzzi
Vorne Gianelle
Giulia Pavese
Cinzia Perrino
Adriana Pietrodangelo
Paolo Prati
Roberto Udisti
Roberta Vecchi

IAS - Società Italiana di Aerosol

Via Gobetti 101, 40129 Bologna

ISBN 978-88-942135-1-5



9 788894 213515

PM2018

VIII Convegno Nazionale
sul Particolato Atmosferico

Matera, 23 - 25 maggio 2018

Contributi





La Società Italiana di Aerosol e l'Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale del Consiglio Nazionale delle Ricerche sono lieti di darVi il benvenuto all'ottava edizione del Convegno Nazionale sul Particolato Atmosferico che, consolidatosi nel corso degli anni, è diventato un appuntamento irrinunciabile per quei ricercatori che afferiscono ad Enti di ricerca, Università ed Agenzie di protezione ambientale e che si occupano di aerosol. Le diverse comunità scientifiche si confronteranno sui temi legati al particolato atmosferico, che spaziano dalla composizione chimica alle dinamiche di trasformazione e di trasporto in atmosfera, dal monitoraggio ai modelli di diffusione e di caratterizzazione delle sorgenti, dalla tossicità agli effetti sulla salute e, in generale, dalle strategie di intervento alla gestione delle questioni connesse alla qualità dell'aria.

Dato il rilievo dei temi ambientali, il convegno intende rivolgersi anche a tutti quei soggetti che in diversa misura sono chiamati ad operare in ambito ambientale, dal legislatore alle amministrazioni locali, alle aziende dedicate allo sviluppo di tecnologie di controllo e abbattimento, fino al mondo dei media e dell'informazione. Anche la società civile sarà coinvolta promuovendo un'ampia partecipazione all'evento di apertura che vedrà ricercatori di rilievo presentare le proprie attività di ricerca con un approccio divulgativo.

Infine, allo scopo di favorire la partecipazione dei giovani ricercatori, la Società Italiana di Aerosol ha promosso diverse iniziative che possano valorizzarne competenze e capacità.

A tutti i partecipanti auguriamo buon lavoro,

Il Comitato Organizzatore



Comitato Scientifico

Silvia Becagli (Università degli Studi di Firenze)
Silvia Bellinzona (ARPA Lombardia)
Rosa Caggiano (IMAA-CNR)
David Cappelletti (Università degli Studi di Perugia)
Daniele Contini (CNR-ISAC, Lecce)
Gianluigi De Gennaro (Università degli Studi di Bari)
Luca Ferrero (Università degli Studi di Milano-Bicocca)
Sandro Fuzzi (CNR-ISAC, Bologna)
Vorne Gianelle (ARPA Lombardia)
Giulia Pavese (IMAA-CNR)
Cinzia Perrino (CNR-IIA, Montelibretti)
Adriana Pietrodangelo (CNR-IIA, Montelibretti)
Paolo Prati (Università degli Studi di Genova)
Roberto Udisti (Università degli Studi di Firenze)
Roberta Vecchi (Università degli Studi di Milano)

Comitato Organizzatore

Giulia Pavese (CNR-IMAA, Tito Scalo)
Marianosaria Calvello (CNR-IMAA, Tito Scalo)
Francesco Esposito (SI-Università della Basilicata, Potenza)
Nicola Afflitto (CNR-IMAA, Tito Scalo)
Serena Sabia (CNR-IMAA, Tito Scalo)
Carole Lecerf (IAS)
Daniele Contini (CNR-ISAC, Lecce)

Sedi del Convegno

Hotel Palace, Piazza Michele Bianco, Matera
Evento iniziale di mercoledì mattina 23 maggio:
Palazzo Viceconte, Via S. Potito, 7, Matera

Segreteria Organizzativa

Carole Lecerf (IAS) c.lecerf@isac.cnr.it
Nicola Afflitto (CNR-IMAA) nicola.afflitto@imaa.cnr.it
Serena Sabia (CNR-IMAA) serena.sabia@imaa.cnr.it



Sommario

Contributi orali

Qualità dell'aria

Contributo degli incendi boschivi alle concentrazioni di PM10 sul territorio della Città Metropolitana di Torino nel mese di ottobre 2017

F. Lollobrigida, M.M. Grosa, A. Pannocchia, C. Bussi, M. Fontana, A. Bruno, M. Maringo, M. Sacco, C. Bertello..... 17

Relazione fra turbolenza atmosferica e qualità dell'aria in due street canyon nella città metropolitana di Bologna

L. Torreggiani, F. Barbano, C. Barbieri, E. Brattich, M. Deserti, F. Di Nicola, S. Di Sabatino, E. Minguzzi, M. Nardino, F. Prandini, B. Pulvirenti, A. Valmassoi..... 18

Prestazioni, accuratezza ed incertezza di sensori elettrochimici per NO/NO2 e di tre algoritmi di calibrazione in un'applicazione realistica di medio termine

A. Bigi, M. Müller, S. K. Grange, G. Ghermandi, C. Hüglin..... 19

Campagne di monitoraggio con contatori ottici di particelle (OPC). Analisi dei conteggi in relazione a stagionalità e sito di misura

B. P. Andreini, T. Cecconi, C. Collaveri, D. Dalle Mura, R. Fruzzetti, M. Stefanelli..... 20

Estimation of the intra-urban variability of particulate matter concentrations using low-cost monitors and land use regression models

A. R. Ferro, M. Masiol, N. Zikova, P. K. Hopke 21

Misure di PM1 e valutazione preliminare del rischio per la salute in prossimità di un impianto di estrazione e pretrattamento di idrocarburi (Val d'Agri)

R. Caggiano, S. Sabia, A. Speranza..... 22

WG1 IAS. Identità del PM urbano in Italia – casi studio estratti dal Dataset Nazionale di speciazione chimica

A. Pietrodangelo, S. Becagli, A. Bigi, M. C. Bove, E. Brattich, R. Caggiano, G. Calzolari, D. Cappelletti, D. Cesari, C. Colombi, D. Contini, A. Donateo, L. Ferrero, V. Gianelle, S. Iacobellis, P. Ielso, F. Lucarelli, M. Masiol, C. Perrino, M.G. Perrone, P. Prati, A. Riccio, L. Tositti, R. Udisti, E. Venturini, R. Vecchi 23

Ottimizzazione della procedura analitica e caratterizzazione chimica del particolato emesso da un sistema frenante di autoveicoli

M. Malandrino, A. Giacomino, E. Conca, A. Ruo Redda, A. Giaretta, F. Amato, F. C. Vivier, A. Sin, G. Bordiglia, O. Abollino..... 24

Distribuzione spaziale e temporale del particolato e delle particelle submicroniche nella Regione Molise

I. Notardonato, L. Pierno, M. Manigrasso, C. Di Fiore, P. Boccia, P. Avino 25



Caratterizzazione dimensionale dei composti solubili in acqua nella frazione ultrafine, fine e grossolana dell'aerosol urbano

A. Gambaro, E. Barbaro, M. Feltracco, S. Padoan, R. Zangrando, D. Contini, C. Barbante 26

Eventi acuti di PM a Bologna. Analisi della composizione chimica e numerica del particolato

A. Trentini, D. Bacco, F. Scotto, M. Deserti, C. Zigola, V. Poluzzi 27

Sviluppo di un sistema di valutazione integrato per la stima dell'impatto delle attività portuali all'inquinamento atmosferico a Bari

E. Merico., A. Dinoi, R. Malorgio, A. Politano, F. Lisi, B. Scarpa, D. Contini..... 28

Proprietà ottiche

Caratterizzazione delle proprietà ottiche del particolato atmosferico in tre osservatori nel Sud Italia

A. Donateo, T. Lo Feudo, A. Marinoni, E. Merico, A. Dinoi, C. R. Calidonna, P. Bonasoni, D. Contini 29

Analisi del particolato in quota e al suolo durante gli incendi sul Vesuvio. Osservazioni lidar ed al suolo nel periodo 10-19 luglio 2017

A. Boselli, A. Sannino, N. Spinelli, X. Wang 30

The feedback of clouds on the heating rate of light absorbing aerosol (black carbon and brown carbon)

L. Ferrero, G. Mo nik, A. Gregoric, S. Cogliati, R. Colombo, C. Rizzi, M. Cataldi, L. Di Liberto, F. Barnaba, G. Gobbi, E. Bolzacchini..... 31

Proprietà ottiche dell'aerosol organico in tre siti durante ACTRIS-2

S. Gilardoni, A. Marinoni, F. Volpi, D.A. Orsini, P. Cristofanelli, D. Putero, M. Rinaldi, M. Paglione, I. El Haddad, M. Aurela, J. Paurate, V. Ulevicius, D. Bacco, V. Poluzzi, P. Bonasoni..... 32

Studio dell'impatto delle sorgenti di PM1 sul coefficiente di estinzione atmosferico in area urbana

S. Valentini, V. Bernardoni, P. Fermo, D. Massabò, A. Piazzalunga, P. Prati, G. Valli, R. Vecchi 33

Modellistica

Valutazione del sistema modellistico SPARTA attraverso il confronto con misure di speciazione chimica del particolato PM10

F. Calastrini, C. Busillo, F. Guarnieri, S. Nava, F. Lucarelli, S. Becagli 34

Analisi e modellizzazione ad alta risoluzione dei profili verticali di PM10 e BC misurati in tre valli italiane

I. Gandolfi, G. Curci, S. Falasca, L. Ferrero 35

Applicazione di un sistema modellistico ibrido per l'analisi del ruolo delle sorgenti emmissive in un'area urbana

N. Pepe, G. Pirovano, A. Balzarini, G.M. Riva, A. Toppetti, G. Lonati 36

Combinazione di osservazioni satellitari e modellistica per la stima dell'impatto di incendi forestali sulla qualità dell'aria in Argentina

M. F. García Ferreyra, G. Curci, J. P. Argañaraz, L. Otero, P. Ristori, A. Lighezzolo, M. Lamfri, C. M. Scavuzzo 37



Source apportionment

Source apportionment 3-D di aerosol urbano separato dimensionalmente mediante impattore multistadio

V. Bernardoni, M. Elser, G. Valli, A. Forello, S. Valentini, A. Bigi, P. Fermo, A. Piazzalunga, R. Vecchi 38

Analisi del contributo della centrale termoelettrica a carbone Brindisi Sud alle concentrazioni di particolato atmosferico

D. Contini, D. Cesari, E. Merico, F. M. Grasso, A. Dinoi, A. Genga, M. Siciliano, M. Berico, A. Malaguti 39

Multi-time source apportionment. Un approccio avanzato per l'identificazione delle sorgenti di particolato atmosferico a Milano

A.C. Forello, V. Bernardoni, G. Calzolari, D. Massabò, F. Lucarelli, S. Nava, R. Pileci, P. Prati, S. Valentini, G. Valli, R. Vecchi 40

Analisi di campioni di aerosol atmosferico raccolti con alta risoluzione temporale. Alcuni esempi di applicazioni recenti al LABEC di Firenze

F. Lucarelli, G. Calzolari, M. Chiari, S. Nava, R. Harrison, Z. Shi, D. Liu, V.T. Vu, W. Bloss 41

Caratterizzazione chimico-fisica

Physical and chemical properties of freshly emitted and aged particles determined from mobile measurements in the Po Valley, Italy

R. E. Pileci, M. Bertò, R. Modini, S. Gilardoni, M. Rinaldi, D. Orsini, A. Marinoni, M. Gysel 42

Misure Lidar delle proprietà ottiche delle ceneri vulcaniche prodotte durante l'attività esplosiva dell'ETNA

S. Scollo, A. Boselli, M. Coltelli, G. Leto, A. Sannino, N. Spinelli, X. Wang, R. Zanmar Sanchez 43

Campagna di misura IMAA. Tecniche integrate per lo studio dell'aerosol in prossimità dell'impianto di pre-trattamento di idrocarburi in Val d'Agri

M. Calvello, R. Caggiano, F. Esposito, A. Lettino, S. Sabia, V. Summa, G. Pavese 44

Impact Assessment of metal-rich airborne particulate on air quality and Oxidative Potential. A case study in Trentino region

M. C. Pietrogrande, C. Dalpiaz, R. Dell'Anna, P. Lazzeri, F. Manarini, M. Visentin, G. Tonidandel ... 45

Oxidative Potential Dependence on the Chemical Composition of PM2.5 and PM10 Samples

S. Romano, M. C. Pietrogrande, M. R. Perrone, F. Manarini, R. Udisti, S. Becagli 46

Concentrazione dei pesticidi nella frazione respirabile del materiale particolato aerodisperso durante le operazioni di spargimento dei fitofarmaci in agricoltura

G. Simonetti, F. Buiarelli, P. Di Filippo, D. Pomata, C. Riccardi 47

Spatio-temporal variability of Aerosol Physical and Optical properties from mobile in-situ measurements during summertime in the Po Valley (Italy)

M. Bertó, R. Pileci, R. Modini, S. Gilardoni, A. Marinoni, D. A. Orsini, M. Rinaldi, M. Gysel 48

Single particle analysis of PM sampled near a steel plant. Source apportionment

A. Genga, T. Siciliano, M. Siciliano, C. Malitesta, R. Giua 49



Analisi al SEM/EDS del PM2.5 campionato a Roma

C. Fanizza, B. De Berardis, F. Letto, M. E. Soggiu, R. Schirò, M. Inglessis, M. Ferdinandi, F. Incoronato 50

Osservazioni in situ di nuclei di ghiacciamento attraverso l'Europa nell'ambito dei progetti BACCHUS ed Air-Sea Lab

M. Rinaldi, A. Nicosia, M. Piazza, G. Santachiara, P. Bonasoni, M. C. Facchini, F. Belosi..... 51

Bioaerosol

Chemical speciation, bacterial diversity and source apportionment of PM10 in a heavily polluted urban environment

D. Cappelletti, C. Petroselli, B. Moroni, R. Selvaggi, S. Crocchianti, E. Ceci, C. Casagrande, B. Sebastiani, E. Federici, S. Covino, I. Gandolfi, A. Franzetti, R. Ambrosini 52

ChAMBRé. Studi su bio-aerosol in camera di simulazione atmosferica

S. G. Danelli, D. Massabò, E. Gatta, F. Parodi, A. Comite, C. Costa, M. Oliva, A. Di Cesare, L. Vezzulli, G. Corno, P. Prati 53

Contributo del bioaerosol alla massa del PM10 in ambienti di lavoro e di studio

F. Marcovecchio, C. Perrino, E. Rantica 54

Aerosol biogenico in Antartide centrale. Deduzioni sulle interazioni oceano-atmosfera

S. Becagli, R. Traversi, M. Severi, L. Caiazza, L. Lazzara, G. Mori, C. Marchese, C. Scarchilli, V. Ciardini 55

Studio della presenza contemporanea di alti livelli di inquinanti atmosferici e di pollini nella città di Roma

A. Di Menno di Bucchianico, M. A. Brighetti, G. Cattani, V. De Gironimo, A. Travaglini..... 56

Aerosol in regioni polari

Sorgenti dell'aerosol artico. Risultati della PMF effettuata su campioni di PM10 raccolti a Ny Ålesund

G. Calzolari, S. Nava, M. Chiari, F. Lucarelli, S. Becagli, R. Traversi, F. Giardi, M. Severi, L. Caiazza, D. Cappelletti, S. Crocchianti 57

Caratteristiche chimico-fisiche ed evoluzione delle particelle atmosferiche nel corso di un eccezionale evento di trasporto a lunga distanza di aerosol da combustione di biomassa in Artico (Ny-Ålesund, Isole Svalbard)

B. Moroni, K. Markowicz, C. Ritter, M. Mazzola, S. Becagli, R. Traversi, D. Cappelletti 58

Composizione chimica dell'aerosol atmosferico e della neve superficiale a Dome C (Antartide orientale) risultati da 10 anni di attività

R. Traversi, S. Becagli, L. Caiazza, M. Busetto, F. Calzolari, P. Cristofanelli, B. Petkov, M. Severi .. 59

Arctic and Antarctic aerosol size distributions

M. Dall'Osto..... 60



Tecniche innovative di misura

EUROCHAMP2020 e la camera di simulazione atmosferica ChAMBRé

P. Prati, S. G. Danelli, D. Massabò, F. Parodi..... 61

Organophosphate ester determination in particulate matter. A greener microwave-assisted extraction approach coupled with solid-phase microextraction gas chromatography-tandem mass spectrometry

A. Naccarato, A. Tassone, S. Moretti, R. Elliani, F. Sprovieri, N. Pirrone, A. Tagarelli 62

L'MWAA model. Una metodologia per l'apportamento delle sorgenti carboniose e input per il perfezionamento della tecnica TOT

D. Massabò, V. Bernardoni, R. E. Pileci, S. Danelli, L. Caponi, G. Valli, R. Vecchi, P. Prati..... 63

Validazione di un dispositivo a bassissima portata per il campionamento del PM

C. Perrino, M. Catrambone, M. Cerasa, S. Pareti, T. Sargolini, M. C. Tomasi Scianò..... 64

Applicazione degli Smart Samplers al monitoraggio ad alta risoluzione spaziale del PM10 nella Conca ternana

M. Ristorini, L. Massimi, C. Perrino, S. Canepari 65

Long-range transport

Disentangling the major source areas in the Central Mediterranean on the basis of Potential Source Contribution Function modeling of chemical and size distribution measurements

S. Crocchianti, C. Petroselli, B. Moroni, S. Castellini, R. Selvaggi, S. Nava, G. Calzolari, F. Lucarelli, S. Becagli, R. Traversi, D. Cappelletti..... 66

Climatologia delle advezioni Sahariane al sito di Monte Martano (Umbria) nel periodo 2009-2016

C. Petroselli, S. Crocchianti, R. Selvaggi, B. Moroni, I. Corbucci, M. Galletti, M. Pompei, M. Angelucci, D. Cappelletti..... 67

Aerosol properties characterization at Mt. Cimone during and out of mineral dust transport events

D. Putero, A. Marinoni, P. Cristofanelli, F. Calzolari, P. Bonasoni 68

Caratterizzazione di episodi di trasporto di polvere sahariana sull'Italia centrale

F. Guarnieri, C. Busillo, F. Calastrini, G. Calzolari, M. Chiari, S. Nava, F. Lucarelli, S. Becagli, R. Traversi 69

Caratterizzazione della fase organica del particolato nell'atmosfera marina del Mediterraneo

P. Romagnoli, C. Balducci, M. Perilli, A. Cecinato..... 70

Ambiente indoor

Particulate contamination at the Museum of "Last Supper" of Leonardo da Vinci

E. Bolzacchini, L. Ferrero, A. Proto, C. Pironti, R. Cucciniello, O. Motta, C. Rizzi, G. Mo nik, L. Dall'Aglio, C. Rostagno 71

Emissione di nanoparticelle dalle sigarette elettroniche (e-cigs)

A. Di Gilio, J. Palmisani, L. Palmieri, C. Abenavoli, M. Famele, R. Draisci, G. De Gennaro 72



Formazione di prodotti di ozonolisi e Aerosol Organico Secondario da un deodorante per tappeti

J. Palmisani, A. W. Nørgaard, V. Kofoed-Sørensen, P. A. Clausen, G. De Gennaro, P. Wolkoff 73

Determinazione di BFR nelle diverse frazioni granulometriche del materiale particolato aerodisperso collezionato in un impianto di smaltimento RAEE

D. Pomata, P. Di Filippo, C. Riccardi, F. Buiarelli, V. Rossi, G. Simonetti 74

Caratterizzazione chimica del PM10 in ambienti accademici indoor

L. Tofful, C. Perrino, S. Canepari, F. Marcovecchio, M. Giusto, T. Sargolini 75

Emissioni da sorgenti urbane, industriali e da combustione di biomasse

Cromo esavalente nell'aria della Conca ternana. Uno studio preliminare

M. Galletti, S. Castellini, L. Falocci, F. Rocchi, E. Peirone 76

Variazione delle emissioni di stufe a pellet in funzione dell'invecchiamento degli apparecchi

C. Morreale, G. Migliavacca, S. Bertagna 77

Stima dei fattori di emissione di particolato atmosferico, in numero ed in massa, nell'area urbana di Lecce per diversi intervalli dimensionali

M. Conte, A. Donateo, F.M. Grasso, D. Contini 78

Emissions of ultrafine and nanoparticle size fractions from industrial and residential heating sources

S. Cernuschi, G. Lonati, S. Ozgen 79

Effetti sulla salute

Effetti biologici di particelle ultrafini derivate da diverse sorgenti

R. Bengalli, S. Marchetti, E. Longhin, A. Zerboni, S. Casadei, M. Gualtieri, M. Camatini, P. Mantecca 80

Nebbia in Val Padana. Effetti sulle proprietà chimiche e tossicologiche del particolato atmosferico (PM)

S. Decesari, M. H. Sowlat, S. Sandrini, S. Gilardoni, M. Paglione, M. C. Facchini, S. Fuzzi, C. Sioutas 81

Applicazione di tre diversi metodi di misura del potenziale ossidativo in area urbana ed industriale

S. Canepari, G. Simonetti, C. Perrino 82

Monitoraggio della mutagenicità del particolato atmosferico in Regione Piemonte

D. Marangon, M. Fontana, T. Schilirò, A. M. D'Agostino, M. T. Nurra 83

Effetti citotossici dell'esposizione a particelle fini su cellule alveolari umane

S. Marchetti, S. K. Hassan, A. Colombo, M. Camatini, P. Mantecca 84



Impact Assessment of metal-rich airborne particulate on air quality and Oxidative Potential: a case study in Trentino region

Maria Chiara Pietrogrande^{1*}, Cristina Dalpiaz², Rossana Dell'Anna³, Paolo Lazzeri², Francesco Manarini¹, Marco Visentin¹, Gabriele Tonidandel²

¹*Department of Chemical and Pharmaceutical Sciences, University of Ferrara,
Via Fossato di Mortara 17/19 - 44121 Ferrara, Italy*

²*Agenzia Provinciale Protezione Ambiente, via Lidorno 1
38123 Trento, Italy*

³*Fondazione Bruno Kessler, Centre for Materials and Microsystems,
Micro Nano Facility, Via Sommarive 18, 38123 Trento, Italy*

**Corresponding author. Tel: 0532455152, E-mail: mpc@unife*

Keywords: *metal rich PM10, oxidative potential, Dithiothreitol assay, Ascorbic acid assay, PM chemical composition*

The chemical composition and toxicological impact of metal rich PM₁₀ samples was assessed in an industrial (Ala) and background (TN) sites in Trentino region. Source apportionment study using Positive Matrix Factorization assessed that the main emission sources of airborne metals at Ala are a zinc coating facility located in the area, traffic on the A-22 Brenner motorway and pesticide/fungicide spraying in the surrounding vineyard district.

PM₁₀ toxicological impact was quantified by measuring the oxidative potential OP using two a-cellular assays, i.e., dithiothreitol (DTT) and ascorbic acid (AA) assays [1].

The responses of the DTT assay (volume-normalized OP_{DTT}^V) are similar at both size (mean values $\sim 0.60 \pm 0.23 \text{ nmol min}^{-1} \text{ m}^{-3}$) while OP_{AA}^V values show significantly higher values at Ala ($1.4 \pm 1.1 \text{ nmol AA min}^{-1} \text{ m}^{-3}$) than at TN ($0.7 \pm 0.4 \text{ nmol AA min}^{-1} \text{ m}^{-3}$). This is consistent with the different sensitivity of the two assays towards the same redox-active species present in ambient PM, as elucidated by linear correlation analysis of OP^V with the concentration of tracer pollutants and highlighted by Heat Maps representation. At the industry site OP_{DTT}^V is correlated only with potassium and rubidium ($R \sim 0.8$), while OP_{AA}^V almost exclusively with Cu ($R = 0.88$). Otherwise, at TN both OP_{DTT}^V and OP_{AA}^V are both correlated with several species ($R \sim 0.7$), such as WSTC, SO_4^{2-} , NH_4^+ , K, Mn, Cu and Zn. In addition, at Ala pronounced day-of-week evolution was observed for OP_{AA}^V values confirming the contribution of heavy metals from the anthropogenic sources.

In conclusion, our study clearly shows that PM₁₀ oxidative potential is strongly enhanced by few selected metals, mainly Zn and Cu, emitted by the anthropogenic activities carried out in the investigated area, even if they only weakly impacted PM₁₀ chemical composition. Concerning the still open question of different sensitivity of the DTT and AA assays, our results may be considered an experimental proof of the highest sensitivity of AA assay towards transition metals.

Bibliografia

[1] Visentin et al., 2016. *Env. Pollution*, 219, 72-79.