

# ARCHITETTURA URBANA DELLE AREE VERDI E STRUMENTI PASSIVI DI RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E CONTROLLO DEL MICROCLIMA

Inquinamento dell'aria ed effetti dei cambiamenti climatici limitano la vivibilità nelle città. Architetti, esperti di Verde Urbano e specialisti di elementi chimici in aria, meteorologia, microclima, possono realizzare nuove soluzioni, con tecnologie oggi disponibili dei dispositivi passivi, capaci di abbattere gli inquinanti in aria e di potenziare la resilienza migliorando il microclima locale. Roma, impegnata a riqualificare il tratto della tangenziale est, potrebbe applicare le nuove tecnologie di mitigazione passiva dell'inquinamento dell'aria realizzando un prototipo di buone prassi, esportabile dove vi sono esigenze simili.



**P**er migliorare la qualità della vita e garantire un diffuso benessere generale dei cittadini nelle grandi città, occorre necessariamente percorrere anche la strada del miglioramento delle condizioni ambientali e della qualità dell'aria. Le attuali emergenze ambientali, nonché l'inquinamento atmosferico, pongono un grande problema per le generazioni future, esigendo fin da ora una scelta efficace per il miglioramento della qualità dell'ambiente, pianificando consapevolmente uno sviluppo ecocompatibile e sostenibile.

In questa ottica l'Agenda 2030 adottata dall'ONU è un utile riferimento che prevede la trasformazione del mondo con un programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità. In particolare una delle azioni auspicate è orientata a proteggere il pianeta dal degrado attraverso un consumo ed una produzione consapevoli, gestendo le risorse naturali in maniera sostenibile ed adottando misure urgenti riguardo il cambiamento climatico, in modo che si possano soddisfare i bisogni delle generazioni presenti e di quelle future (*Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile - Assemblea Generale, 25 settembre 2015*).

La strada maestra quindi dovrebbe essere quella di raggiungere l'obiettivo della riduzione delle emissioni di inquinanti in aria qualunque sia la fonte. Allo stato attuale, però, risulta un'impresa assai difficile limitare o sostituire nel breve periodo, ed in maniera rilevante, il consumo dei combustibili fossili, che rappresentano la principale causa del degrado ambientale e della presenza di sostanze inquinanti in atmosfera, in particolare in quella urbana, generate da attività antropiche, quali il traffico veicolare ed il riscaldamento degli edifici.

Le città consumano, infatti, oltre due terzi della fornitura globale di energia e sono responsabili per il 70% delle emissioni di gas-serra (fonte: *ONU-Banca Mondiale*).

Per cui, senza mai perdere di vista l'obiettivo principale, non si può restare inerti ad aspettare che la soluzione definitiva arrivi (per esempio trasporto ad emissione zero), ma, nelle zone più esposte all'inquinamen-

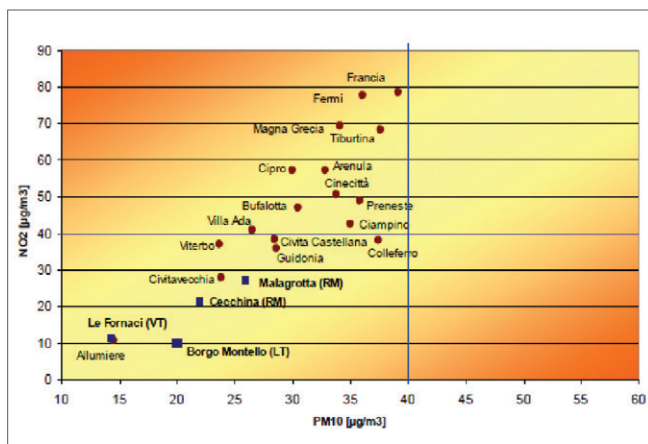


Fig. 1 - Confronto tra le medie annuali di NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub> delle centraline regionali (2008-2011) con le medie complessive delle campagne effettuate dell'ARPA Lazio (Rapporto ERAS Lazio, 2014)

to atmosferico, occorre agire subito per meglio gestire la qualità dell'aria mitigandone l'inquinamento, intervenendo con azioni mirate a ridurre l'esposizione della cittadinanza.

### Inquinamento atmosferico urbano

Gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana, in particolare sulla mortalità complessiva, sono conosciuti da anni, specie per l'enorme impatto sanitario di alcuni gravi episodi di inquinamento degli anni Trenta-Cinquanta, come il caso di Londra del 1952 in cui morirono più di duemila persone in due settimane, a causa dell'alta concentrazione di inquinanti industriali in aria nella città.

Oggi la fonte maggiore di inquinamento atmosferico nei centri urbani è costituita dal traffico veicolare ed in misura minore dal riscaldamento degli insediamenti civili oltre che dalle emissioni di zone industriali, di attività artigianali o di altre fonti locali.

Infatti nelle aree urbane il traffico veicolare contribuisce al 60% degli ossidi di azoto, al 90% del monossido di carbonio (ormai molto ridotto e non più monitorato) ed al 65% del benzene totale.

A seconda di come vengono generati, gli inquinanti atmosferici sono tradizionalmente suddivisi in base alla loro genesi: inquinanti primari e inquinanti secondari.

**Inquinanti primari:** vengono immessi direttamente nell'ambiente a seguito del processo che li ha generati, come il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), il monossido di carbonio (CO), il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>).

**Inquinanti secondari:** si formano a seguito di modificazioni di varia natura a carico degli inquinanti primari, con reazioni che, molto spesso, coinvolgono l'ossigeno atmosferico e la radiazione solare.

Tra i secondari si trovano l'ozono (O<sub>3</sub>), gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e le polveri ultrafini.

Le polveri, soprattutto il PM<sub>10</sub> e quelli con granulometria inferiore, sulla base dei più recenti studi epidemiologici, sembrano essere gli inquinanti atmosferici maggiormente correlati con effetti sanitari sia a breve che a lungo termine. In particolare, minori sono le dimensioni delle particelle di polvere e maggiori sono gli effetti negativi sulla salute a causa dell'aria che respiriamo (Fig. 1).

Su questo tema l'International Agency for Research on Cancer, nella valutazione dei rischi cancerogeni per le persone, si è espresso affermando

che "ci sono evidenze che l'inquinamento atmosferico è cancerogeno per gli esseri umani in particolare come causa del cancro al polmone" (*Outdoor Air Pollution*, IARC, 2015).

Per questo motivo i valori delle polveri fini inalabili, ed ancor più delle ultra fini respirabili, presentano un interesse sanitario sicuramente maggiore rispetto alle polveri totali.

Per mettere in campo azioni pianificate di contrasto e riduzione dell'inquinamento urbano al fine di diminuire l'impatto sulla salute pubblica, le Istituzioni fanno riferimento agli standard di qualità dell'aria emanati dalla EU e recepiti nei Paesi membri. In Italia il quadro normativo è dato dal D.lgs. n. 155/2010, che attua la Direttiva 2008/50/CE, in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'ambiente per un'aria più pulita in Europa.

L'attuale situazione italiana in materia di qualità dell'aria è particolarmente grave per quanto riguarda le polveri e l'ozono. Tali inquinanti, soprattutto nei grandi centri urbani, danno spesso luogo a superamenti dei valori limite stabiliti dalla legge.

Sono proprio i due succitati inquinanti che con la loro consistente presenza, insieme agli ossidi di azoto, a Roma affliggono la Circonvallazione Nomentana. In questo tratto della tangenziale un contributo evidente all'inquinamento dell'aria arriva anche dalla notevole movimentazione su rotaia nell'area della Stazione Tiburtina.

### Nuove tecnologie in grado di contrastare l'inquinamento atmosferico

Per lo specifico problema dell'inquinamento dell'aria di una zona urbana, oggi si è in grado di realizzare interventi personalizzati con nuove tecnologie la cui efficacia è legata all'accuratezza con la quale si definisce il progetto sia nella sua parte ambientale che nelle sue strategie di intervento. Per la parte ambientale occorre definire le caratteristiche peculiari dell'area in studio: le fonti di inquinamento presenti e la tipicità delle sostanze inquinanti emesse in atmosfera, insieme alle modalità di dispersione e trasporto degli inquinanti in aria.

Tutto questo comporta analisi e studi della zona da trattare la cui complessità necessita di campagne sperimentali di misure per reperire in loco sia i dati ambientali che meteorologici con un buon grado di approssimazione utile a definire il modello dinamico in grado di simulare al meglio la distribuzione e l'esposizione agli inquinanti. Questi elementi sono necessari a pianificare la seconda parte del progetto relativa alla strategia di intervento ed alla scelta delle soluzioni tecnologiche più adatte. Infatti, una volta ultimato lo studio ambientale, si è in grado di individuare i dispositivi passivi più adatti con la loro migliore collocazione e tutti gli interventi strutturali necessari a massimizzare il risultato.

I dispositivi di tipo passivo presentano un'interessante modalità di applicazione, infatti possono essere realizzati per *step* successivi cioè a moduli significativi dell'intera opera, così da verificarne l'efficacia contro l'inquinamento dell'aria. Attraverso dei test è possibile verificare le aspettative ipotizzate di abbattimento dell'inquinamento e se del caso operare delle variazioni per migliorarne l'efficacia, permettendo così di contenere i costi complessivi senza inficiare l'intero intervento.

Le tecnologie attuali hanno reso disponibili metodi e strumenti sempre più perfezionati e specializzati alla tipologia dell'inquinante da trattare. La scelta dei dispositivi più idonei, insieme alla loro appropriata applicazione sul territorio, personalizzata alle esigenze della zona inquinata, può rendere un intervento passivo contro l'inquinamento dell'aria, un intervento riuscito di risanamento ambientale della zona. Infatti l'inserimento



Fig. 2 - Expo-Milano. Utilizzo di cemento biodinamico. A contatto con la luce del sole, il principio attivo presente nel materiale consente di "catturare" alcuni inquinanti presenti nell'aria, trasformandoli in sali inerti e contribuendo così a liberare l'atmosfera dallo smog e dal particolato (www. Italcementigroup.com)



Fig. 3 - Torre delle Especialidades, Città del Messico. Materiale fotocatalitico in cui gli elementi ceramici della rete, costituiti di  $TiO_2$ , sono in grado di assorbire batteri e smog atmosferico



Fig. 4 - Barriere protettive vegetali

di un dispositivo passivo sul territorio urbano può diventare un'occasione di più ampio respiro in cui la sinergia tra architettura e riqualificazione di una area della città converge su soluzioni innovative per migliorare la qualità dell'aria, creare maggiori spazi di verde pubblico e migliorare il microclima urbano.

### Strumenti passivi di contenimento dell'inquinamento atmosferico e controllo del microclima

Nelle Fig. 2 e 3 sono riportati alcuni esempi di strumenti per il contenimento passivo degli agenti inquinanti già realizzati ed operativi secondo criteri di sostenibilità ambientale, con lo scopo di ridurre o contenere l'inquinamento atmosferico nelle grandi città, controllando anche il microclima locale.

Da anni sono studiati e realizzati dispositivi passivi di riduzione dell'inquinamento atmosferico costituiti da barriere con filtri biologici vegetali (Fig. 4). L'eliminazione delle sostanze inquinanti atmosferiche avviene a seguito di assorbimento e successiva metabolizzazione (*Le piante e l'inquinamento dell'aria*, di Giacomo Lorenzini, Cristina Nali).

In uno studio recente sono state selezionate otto specie arbustive con maggiore impatto nel contrasto all'inquinamento contro polveri sottili e piombo (*Valutazione quantitativa delle capacità di specie arbustive e arboree ai fini della Mitigazione dell'Inquinamento Atmosferico in ambiente urbano e periurbano*, finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole, *Pianeta PSR*, marzo 2015, n. 41).

Sempre in questo ambito, grande rilievo mediatico e molti riconoscimenti ha ottenuto il Bosco Verticale (Fig. 5), perché un obiettivo, tramite migliaia di piante, è quello di ridurre la  $CO_2$  nell'aria, controllare il microclima e ridurre l'effetto dell'isola di calore e dell'inquinamento urbano.

Nelle Fig. 6-8 sono riportati alcuni esempi di realizzazioni tecnologiche per contenere l'inquinamento di particolato e mantenere il microclima controllato.

### Interventi nelle città: riduzione degli inquinanti in aria e mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici

Due sono le strategie fondamentali contro i cambiamenti climatici previste dal protocollo di Kyoto: la mitigazione e l'adattamento. La mitigazione è volta a ridurre le emissioni di gas climalteranti secondo obiettivi fissati, con efficacia su domini a larga scala, mentre l'adattamento risponde a minimizzare le vulnerabilità del territorio ai cambiamenti climatici e



Fig. 5 - Il Bosco Verticale di Boeri a Milano



Fig. 6 - Dust Tex Net®: rete catalitica utilizzata per risolvere particolari problemi legati al contenimento delle polveri e delle particelle sottili in spazi aperti. Nell'immagine un sito presso Tel Aviv

contrastare gli impatti del riscaldamento globale, con caratteristiche dirette a scala locale.

Il tema dell'adattamento può quindi essere affrontato attraverso alcuni dei dispositivi passivi che possono rispondere sia alle richieste dei cittadini di migliorare la qualità dell'aria che di contrastare gli impatti negativi dell'aumento della temperatura media, potenziando la resilienza delle città (COP 21 - Accordi di Parigi per mantenere la variazione del Global Warning sotto il limite di 2 °C).

Ad oggi nelle città l'azione di mitigazione viene effettuata sugli inquinanti in aria provenienti da fonti di emissione che rientrano in quelle tradizionalmente considerate e controllate, quali da traffico veicolare e da riscaldamento domestico o pubblico. Infatti, il bollino blu per le auto, le zone a traffico limitato (ZTL), le isole pedonali, il controllo delle caldaie ecc. sono tra le principali azioni che le Amministrazioni delle città effettuano per ridurre le emissioni e contrastare l'inquinamento dell'aria senza però poter incidere sull'inquinamento prodotto da altre fonti come quello da trasporto su rotaia.

Nel tessuto urbano non è raro trovare a livello locale fonti di inquinamento dell'aria che non riescono ad essere intercettate dalle azioni di mitigazioni tradizionali. In questi casi sono solo i dispositivi passivi, gli unici che riescono ad agire e mitigare anche queste forme latenti di inquinamento presenti ma non considerate come quelle derivate dal trasporto su rotaia, attività artigianali, stoccaggio e movimentazione merci ecc.

La diversità delle fonti diffuse di inquinamento è una di quelle condizioni che fanno dell'inquinamento atmosferico nelle città un problema complesso che va affrontato con strumenti adeguati. Le Amministrazioni Pubbliche dovrebbero quindi dotarsi di strutture tecniche dedicate ad intervenire in modo diretto sull'inquinamento dell'aria a livello locale, anche attraverso il miglior utilizzo dei dispositivi di abbattimento passivo. Per ottimizzare tutte le azioni necessarie, tali strutture tecniche devono inoltre essere in grado di individuare le zone che esigono di tali interventi e di curare la loro realizzazione.

Questo approccio permetterebbe alle Amministrazioni Pubbliche di pianificare strategie e

vo implementati durante la realizzazione degli interventi strutturali e/o di manutenzione o in cantieri attivi, permettono ulteriori abbattimenti dei costi.

### Caso Roma - Riduzione degli inquinanti in aria e mitigazione degli effetti. Resilienza urbana

In questi ultimi anni a Roma si sta valutando l'esigenza e l'opportunità di riqualificare la zona relativa al tratto della tangenziale est, che è stato reso sotterraneo. L'Amministrazione capitolina non dovrebbe perdere questa occasione per inserire nella riqualificazione della zona, interventi passivi di miglioramento della qualità dell'aria, mirati alla minimizzazione dei problemi ambientali peculiari di questa area.

Infatti, oltre all'inquinamento atmosferico dovuto al traffico veicolare locale ed al riscaldamento domestico che affligge quasi tutta la città, quest'area ospita la stazione di Roma Tiburtina. L'elevato traffico ferroviario, l'alta velocità e l'intensa movimentazione di passeggeri e merci generano notevoli quantità di polveri sottili che si disperdono in aria.

Ma la movimentazione su rotaia è proprio una di quelle fonti di inquinamento non considerate nelle azioni preventive di mitigazione usualmente effettuate dall'Amministrazione cittadina.

Quindi in questo progetto di riqualificazione, risulta appropriato l'inserimento di dispositivi passivi mirati ad abbattere questo tipo di inquinamento dell'aria presente nella zona che altrimenti rimarrebbe non contrastato.

La scelta e la collocazione dei dispositivi passivi anti-inquinamento è sicuramente la fase più delicata per un buon risultato. Infatti occorre effettuare studi mirati per individuare sia la loro localizzazione migliore che le eventuali componenti di verde urbano e strutturali, utili al loro efficace funzionamento.

In tale ambito si apre un'interessante opportunità per questa zona di migliorare la vivibilità dei cittadini rispetto all'inquinamento dell'aria e agli effetti dei cambiamenti climatici. Infatti, architetti, esperti di Verde Urbano e specialisti di dispersione in aria di inquinanti e di microclima con il supporto di modelli di simulazione, insieme, possono creare soluzioni innovative che, utiliz-

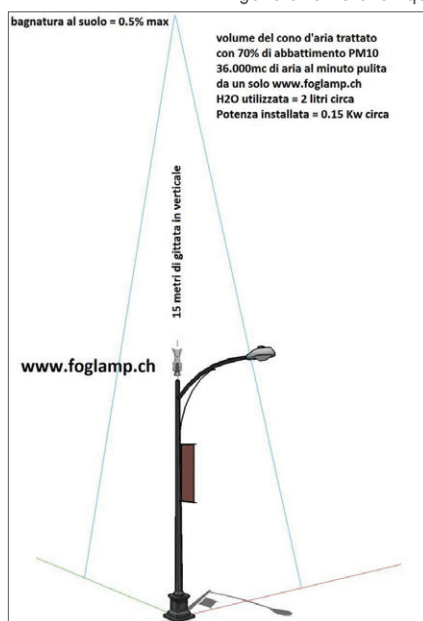


Fig. 7 - Fog-Lamp: lampione che, oltre alla sua funzione originale, nebulizza l'acqua in modo controllato per umidificare l'aria e abbattere lo smog



Fig. 8 - Fog-Cannon: cannoncino che nebulizza l'acqua in modo adeguato per umidificare l'aria e abbattere le polveri e gli odori. Posizionato presso l'Ambasciata Italiana a Pechino

zando dispositivi passivi in modo sinergico con l'azione ecosistemica delle aree verdi, aprono a nuove soluzioni capaci non solo di abbattere gli inquinanti in aria ma anche di potenziare la resilienza della zona da trattare perché in grado di migliorarne il microclima locale.

La riqualificazione della zona relativa alla tangenziale est, per come è stata pianificata, risulta essere un prototipo per la mitigazione attiva dell'inquinamento dell'aria in ambito urbano che, come attuazione di buone prassi, può essere replicata e specializzata a tutte quelle zone delle città che presentano condizioni di scarsa qualità dell'aria.

Quindi questo approccio dà inizio ad un nuovo modo di agire per contrastare l'inquinamento e migliorare le condizioni di vivibilità locali della cittadinanza, aumentando anche il fattore resilienza.

Infine nell'ottica di favorire l'idea di una nuova gestione urbana condivisa con i cittadini e più compatibile con le esigenze della popolazione residente, sarebbe opportuno creare un Centro attivo di prevenzione ambientale, aggregazione culturale e sociale, un vero "laboratorio sperimentale" dotato di specifiche strutture tra cui un Osservatorio per la qualità dell'aria, aperto ai cittadini ed alle Istituzioni locali in grado di incoraggiare e sostenere la resilienza di tutta la città ai cambiamenti climatici e di contrastare l'inquinamento atmosferico.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] M.C. Mammarella, G. Grandoni, Spunti critici in tema di diritto e gestione dell'ambiente, Cap. XII, ISBN 978-88-324-8522-6, Editor Gruppo24ore, 2014.
- [2] M.C. Mammarella *et al.*, National Security and Human Health Implications of Climate Change, Cap. XVI, NATO SPS, ISBN 978-94-007-2500-3, ISSN 1874-6519, Springer, 2012.
- [3] H.J.S. Fernando *et al.*, Forecasting PM10 in metropolitan areas: Efficacy of neural networks, Environmental Pollution, ISSN 0269-7491, DOI:10.1016/j.envpol.2011.12.018, Elsevier, 2012.

- [4] M.C. Mammarella, G. Grandoni, P. Fedele, Research on environmental management in a coastal industrial area: new indicators and tools for air quality and river investigations, ISBN 978-88-6081-899-7, Armando Editore, 2011.
- [5] M.C. Mammarella, G. Grandoni, P. Fedele, La meteorodiffusività per una migliore gestione della qualità dell'aria, ISBN 978-88-6081-794-5, Armando Editore, 2010.
- [6] M.C. Mammarella, G. Grandoni, P. Fedele, ATMOSFERA Project, Megapoli-NL06-10-03, 2010.
- [7] M.C. Mammarella *et al.*, ENVINNET: a neural network for hindcasting PM10 in urban Phoenix, AMS89 (J20.5), Phoenix (Arizona), 2009.
- [8] G. Grandoni, M.C. Mammarella, P. Fedele, Piattaforme Evolute di Telecomunicazioni e di Information Technology per l'Offerta di Servizi al Settore Ambiente - PETIT OSA, ISBN 978-88-548-1184-3, p. 123-125, 2007.
- [9] M.C. Mammarella *et al.*, Neural networks for predicting and monitoring urban air pollution: the intelligent automatic system A.T.M.O.S.F.E.R.A.®, Accademia Nazionale dei Lincei, 2005.
- [10] M.C. Mammarella, G. Grandoni, P. Fedele, ARTEMISIA 2 - Uno strumento per valutare gli effetti ambientali e sanitari degli inquinanti aeriformi emessi da insediamenti produttivi e per indirizzare la scelta di nuovi siti-Applicazione all'area di Milazzo, Enea, 2003, ISBN 88-8286-047-7.
- [11] M. Ascione *et al.*, *Landscape And Urban Planning*, 2009, **93**, 238, doi:10.1016/j.landurbplan.2009.07.011.
- [12] L. Campanella, C. Costanza, *Chimica e Industria*, 2009, **91**(8), 108.
- [13] L. Campanella *et al.*, *Current Analytical Chemistry*, 2005, **5**, 1.
- [14] L. Campanella, M. Battilotti, *International Journal of Risk Assessment and Management*, 2009, **5**, 286.
- [15] R. Dragone *et al.*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2009, **72**, 273.
- [16] K. Movassaghi, L. Campanella, P. Avino, *Fresenius Environmental Bulletin*, 2008, **17**(7a), 786.
- [17] L. Campanella, E. Martini, M. Tomassetti, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2008, **48**, 278.
- [18] L. Amati *et al.*, *Journal of Agricultural And Food Chemistry*, 2008, **56**, 8287.
- [19] M. Pettine *et al.*, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2008, **72**, 5692.

#### The Urban Architecture of Green Areas and Passive Technologies for Reducing Air Pollution and Controlling Microclimate. Rome: a Pilot Case Study

Air pollution and the effects of climate change make cities less livable. However, currently available passive device technology can mitigate the problem, reducing air pollutants, enhancing resilience and improving the local microclimate. In Rome, architects, experts in urban green spaces and specialists in air chemicals, meteorology and microclimate are developing innovative solutions. For example, whilst renovating the tangenziale est (belt-way), Rome may install new air pollution passive mitigation technology. Such pioneering good practice may prove useful in environments with similar needs.