



con il patrocinio del
Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio e del Mare

ARPA AGENZIE REGIONALI
E DELLE PROVINCE
AUTONOME
APPA PER LA PROTEZIONE
DELL'AMBIENTE



Qualità dell'ambiente urbano

V Rapporto ISPRA

Edizione 2008

Focus su

IL SUOLO, IL SOTTOSUOLO E LA CITTÀ

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo Rapporto.

La Legge 133/2008 di conversione, con modificazioni, del Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 195 del 21 agosto 2008, ha istituito l'ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. L'ISPRA svolge le funzioni che erano proprie dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (ex APAT), dell'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (ex INFS) e dell'Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare (ex ICRAM).

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48
00144 Roma

www.apat.gov.it

ISBN 978-88-448-0387-2

Coordinamento tecnico-scientifico del V Rapporto sulla Qualità dell'ambiente urbano

ISPRA – Silvia Brini
Telefono: 06/50074487 Fax: 06/50074457
Via Curtatone, 3 - 00185 Roma
silvia.brini@apat.it
<http://www.areeurbane.apat.gov.it/site/it-IT/>
<http://www.areemetropolitane.apat.gov.it/site/it-IT/>

Coordinamento tecnico-scientifico del Focus “Il suolo, il sottosuolo e la città”

ISPRA – Fiorenzo Fumanti e Luca Guerrieri

Editing e redazione

ISPRA – Fiorenzo Fumanti, Luca Guerrieri e Anna Chiesa

Elaborazione grafica

ISPRA – Franco Iozzoli

Foto Copertina

ISPRA – Paolo Orlandi, Lorenzo Pistocchi
Risorsa s.r.l. – Antonio di Gennaro

Coordinamento tipografico

Daria Mazzella e Simonetta Turco
ISPRA – Settore Editoria

Amministrazione

Olimpia Girolamo
ISPRA - Settore Editoria

Distribuzione

Michelina Porcarelli
ISPRA - Settore Editoria

Impaginazione e Stampa

Tipolitografia CSR
Via di Pietralata, 157 - 00158 Roma
Tel. 064182113 (r.a.) - Fax 064506671

Stampato su carta EFC

PRESENTAZIONE

Nell'ambito delle attività di reporting di ISPRA, un rilievo del tutto particolare è dato a una regolare informazione sulla qualità dell'ambiente nelle aree urbane. La speciale importanza di questo argomento può essere facilmente spiegata.

Secondo un recente rapporto dell'Agenzia europea per l'ambiente, nel nostro continente il 75% della popolazione vive nelle aree urbane, e questo dato è destinato ad aumentare, assestandosi su un valore dell'80% nel 2020.

Questa imponente concentrazione di persone si traduce progressivamente in un'altrettanto importante raggruppamento di fattori di pressione sugli ecosistemi e più in generale sulle risorse naturali. Impermeabilizzazione dei suoli, scarichi nei corpi idrici, emissioni atmosferiche di sostanze tossiche per l'uomo e gli altri organismi viventi, produzione di rifiuti, sono tutte pressioni ambientali che hanno origine sostanzialmente nelle aree urbanizzate.

Tali pressioni esercitano la loro azione sia sull'ambiente più prossimo agli ambiti di localizzazione delle singole fonti, e quindi sulle stesse aree urbanizzate, sia su ambiti territoriali anche sensibilmente più vasti. Nel primo caso, gli effetti più evidenti riguardano la sfera sanitaria e più in generale la qualità della vita della stragrande maggioranza della popolazione. Nel secondo caso, gli impatti ricadono sulle risorse naturali, anche con carattere globale, come nel caso della perdita di biodiversità, dei cambiamenti climatici o della qualità ecologica dei corpi idrici, con conseguenti riflessi sulla sostenibilità dello sviluppo.

È quindi evidente che l'importanza attribuita al monitoraggio e all'informazione ambientali in generale, assume ancora maggior rilievo quando l'azione conoscitiva ha come ambito territoriale di riferimento quello delle aree urbane.

Il ruolo del quale è investito ISPRA attraverso la realizzazione di un Rapporto annuale sulla qualità dell'ambiente urbano è, peraltro, in linea con gli obiettivi della strategia dell'Unione Europea per lo sviluppo sostenibile e per le aree urbane in particolare, così come ribaditi nei documenti della Commissione "Verso una strategia tematica sull'ambiente urbano" del 2004 e del 2006. Già nella Comunicazione del 2004 gli Stati Membri erano stati invitati ad elaborare indicatori per l'ambiente urbano e a proporre, nell'ambito dei rispettivi Piani per lo sviluppo sostenibile, l'adozione di una Strategia nazionale per l'ambiente urbano e di un Piano di gestione ambientale per l'intera area urbana delle capitali europee e delle altre città con popolazione superiore a 100.000 abitanti. Analizzare e caratterizzare le dinamiche sottostanti ai problemi che affliggono le aree urbane è fondamentale per attivare politiche ambientali strategiche alla realizzazione di uno sviluppo sostenibile. A tal fine, attraverso lo studio sistematico dell'andamento di tutti gli indicatori individuati per l'analisi dello stato dell'ambiente urbano, si possono porre le basi per una efficace azione di governo del territorio.

Il sistema agenziale, nelle sue strutture centrale (ISPRA) e territoriale (ARPA/APPA), svolge quell'attività imprescindibile di raccolta, analisi e valutazione dei dati ambientali e territoriali alla base delle azioni normative e amministrative. E ciò in particolare per il raggiungimento degli obiettivi ambientali europei e nazionali e più in generale per il miglioramento dell'ambiente urbano e conseguentemente della qualità della vita dei cittadini. Le aree urbane sono infatti contesti nei quali gli aspetti ambientali, economici e sociali sono fortemente interconnessi.

Quest'anno il Rapporto si presenta con numerose novità. Senza entrare nel merito tecnico degli

aggiornamenti, mi preme in questa sede segnalare un aspetto di novità auspicato che mi da particolare soddisfazione. A partire da questa edizione il Rapporto è un prodotto dell'intero Sistema delle Agenzie Ambientali, a conferma del processo di coesione e integrazione delle sue diverse componenti e comprende nella sua analisi tutto il territorio nazionale, attraverso l'individuazione condivisa di 33 città per le 20 regioni italiane.

Per poter ulteriormente sviluppare le attività di monitoraggio, prevenzione e risanamento delle condizioni ambientali nei contesti urbani, è necessario un sempre più stretto rapporto di collaborazione con numerosi altri soggetti, a partire dalle amministrazioni territoriali. In quest'ultimo caso essenzialmente per due motivi: da una parte perché tali soggetti sono i titolari dei più importanti elementi conoscitivi utili a consentire un'efficace azione di monitoraggio; dall'altra perché essi rappresentano i principali destinatari dell'azione conoscitiva, in relazione all'impiego che ne possono, e vorrei aggiungere ne devono, fare nella pianificazione e successiva verifica degli interventi di salvaguardia ambientale, per garantirne un'elevata probabilità di successo.

La condivisione all'interno del Sistema delle Agenzie e con altri soggetti nazionali (ANCI, ISTAT) di questo prodotto rappresenta oggi il raggiungimento di un ambizioso obiettivo ed è auspicabile che rappresenti l'inizio di un percorso virtuoso che dovrà prevedere un confronto e una condivisione sempre più puntuale e costruttiva con gli amministratori locali e centrali con la finalità strategica di rafforzare il ruolo di strumento per la pianificazione, programmazione e gestione dell'ambiente e del territorio urbano.

Vincenzo Grimaldi
Commissario Straordinario ISPRA

PREMESSA

Si calcola che circa il 75% della popolazione italiana vive in aree urbane dove si consuma più del 70% dell'energia e da dove proviene oltre l'80% delle emissioni antropiche di gas serra. E' sull'incidenza di questo fenomeno sulle politiche di sviluppo economico e di coesione sociale, sulle strategie e azioni sostenibili ad opera delle città e sulle sfide globali della lotta ai cambiamenti climatici che è rilevante la presentazione del Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano.

I dati che emergono dal Rapporto, che vanno dalla mobilità, qualità dell'aria, siti contaminati, verde urbano, rifiuti, all'inquinamento acustico ed elettromagnetico, rappresentano uno strumento importante innanzitutto per noi amministratori per indirizzare gli interventi, tenendo a portata di mano uno strumento di lettura.

Tale lavoro rientra in un rapporto di collaborazione tra ANCI e l'allora APAT che ha visto già dal 13 luglio 2006 la sigla del protocollo d'intesa "Qualità ambientale nelle aree metropolitane italiane" per la promozione congiunta delle attività sull'ambiente urbano. Questo Rapporto che è frutto di un fattivo tavolo di lavoro, contiene una autorevole raccolta dei dati territoriali, ambientali, socio-economici, demografici. Queste informazioni, queste banche dati, questa conoscenza potranno così essere patrimonio dei Comuni soggetti titolati alla pianificazione.

L' ampliamento delle città analizzate rispetto alle edizioni precedenti, ad oggi 33 aree urbane, dimostra la crescente richiesta di informazione sull'ambiente da parte dei Comuni e quanto siano necessari ed urgenti specifici interventi nazionali di settore nel quadro di una politica di sostenibilità ambientale condivisa, come più volte l'Anci ha avuto occasione di ribadire negli incontri con il Governo e con le Regioni.

In questa V edizione, la scelta di un Focus dedicato al "suolo e sottosuolo" è fondamentale per ripensare ad una strategia di tutela e valorizzazione del patrimonio paesaggistico e ambientale, di messa in sicurezza delle aree fragili e vulnerabili per il rischio naturale, idrogeologico e per la riqualificazione ecologica delle aree degradate delle nostre città. Oggi, assistiamo ad un utilizzo irrazionale del suolo, che produce distorsioni fisiche e sociali, in quanto "consuma" il territorio, senza tener conto dei fattori che invece determinano la qualità della vita delle persone che vi devono abitare.

L'Anci ritiene importante l'acquisizione di un modello di sviluppo sostenibile per le future scelte di pianificazione e di trasformazione del territorio con l'obiettivo prioritario di preservare le risorse non rinnovabili, limitando in particolare il consumo di suolo non urbanizzato, favorendo il recupero delle risorse degradate e garantendo una efficace tutela e valorizzazione del patrimonio paesaggistico, storico e culturale, garantendo la riduzione dei consumi e l'incremento dell'efficienza energetica.

Al principio di sostenibilità dovrà associarsi anche il principio fondamentale di equità in base al quale tutti devono avere le stesse opportunità in termini di servizi abitativi sociali, accessibilità, mobilità, servizi collettivi, qualità dell'ambiente urbano e migliore qualità della vita e quindi la necessità di definire i livelli essenziali.

Il Rapporto rappresenta dunque, uno strumento utile ad una programmazione strategica che valorizzi l'ambiente urbano, perché non c'è sviluppo senza conoscenza e non c'è progresso senza la condivisione delle scelte e dei percorsi da seguire.

Lorenzo Domenici
Presidente ANCI

CONTRIBUTI E RINGRAZIAMENTI

Il Rapporto sulla Qualità dell'Ambiente Urbano, con l'edizione 2008, giunge al suo quinto numero. Tra le novità, mi preme sottolineare il consolidamento della collaborazione dell'intero Sistema agenziale alla sua realizzazione. La condivisione poi con altri soggetti, a partire da ANCI, rappresenta il perseguimento di un importante obiettivo per rafforzare il ruolo del Rapporto quale utile strumento per la pianificazione, la programmazione e la gestione dell'ambiente nelle aree urbane. Altro importante elemento di novità è rappresentato dall'estensione delle analisi territoriali, attraverso l'individuazione di 33 città per le 20 regioni italiane, contro le 24 della precedente edizione. La realizzazione del Rapporto è il frutto di una squadra di esperti, cui partecipa la quasi totalità delle Unità tecniche dell'Istituto, come più dettagliatamente di seguito riportato.

Dipartimenti e Servizi Interdipartimentali ISPRA

Alle attività del Progetto, coordinate dal Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale, attraverso il Servizio Valutazioni ambientali, collaborano:

Dipartimento Attività Bibliotecarie, Documentali e per l'Informazione

Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine

Dipartimento Difesa della Natura

Dipartimento Nucleare, Rischio Tecnologico e Industriale

Dipartimento Difesa del Suolo

Servizio Interdipartimentale per le Emergenze Ambientali

Servizio Interdipartimentale per le Certificazioni Ambientali

Gruppo di lavoro ISPRA sulle aree urbane

Coordinatore: Silvia BRINI

Membri: Roberto BRIDDA, Giorgio CATTANI, Anna CHIESURA, Patrizia FRANCHINI, Arianna LEPORE, Patrizia LUCCI, Giovanna MARTELLATO, Marzia MIRABILE, Federica MORICCI, Daniela SANTONICO, Carla SERAFINI, Ernesto TAURINO, Vanessa UBALDI, Luisiana ZEGA.

Tavolo di lavoro istituzionale per la realizzazione del V Rapporto

Per la realizzazione della quinta edizione del Rapporto sulla Qualità dell'ambiente urbano è stato attivato un tavolo di lavoro con le ARPA/APPA, cui sono stati invitati a partecipare ANCI e ISTAT.

Partecipanti ISPRA:

Roberto CARACCILO – Direttore Dipartimento Stato dell'ambiente e metrologia ambientale

Mario CIRILLO – responsabile Servizio Valutazioni ambientali

Gruppo di lavoro ISPRA sulle aree urbane

Tavolo di lavoro intergenitoriale sulla VAS (Valuzione Ambientale Strategica) (Stefano PRANZO)

Dipartimento Difesa Suolo (Andrea DI FABBIO, Marco DI LEGINIO, Fiorenzo FUMANTI, Luca GUERRIERI)

Partecipanti ARPA/APPA:

Nicola ADAMO – ARPA Campania, Gaetano BASTI – Direttore Generale ARTA Abruzzo, Monica BEGGIATO – ARPA Liguria, Giuseppe CAMPILONGO – ARPA Lombardia, Massimo CAPPAL – ARPA Sardegna, Giorgio CATENACCI – ARPA Lazio, Sergio CROCE – ARTA Abruzzo, Domenico DE LEONARDIS – ARPA Piemonte, Alessandro DI GIOSA – ARPA Lazio, Paolo FEDEL – APPA Trento, Elga FILIPPI – ARPA Liguria, Marco GANI – ARPA Friuli Venezia Giulia, Gloria GIOVANNONI – ARPA Toscana, Elio LUCE – ARPA Campania, Claudio MACCONE – ARPA Emilia Romagna, Luca MENINI – ARPA Veneto, Sara MOLICHELLI – ARPA Molise, Pina NAPPI – ARPA Piemonte, Valentina PALLANTE – ARPA Toscana, Paola Sonia PETILLO – ARPA Campania, Luigi PETRACCA – Direttore Generale ARPA Molise, Tiziana POLLERO – ARPA Liguria, Vanes POLUZZI – ARPA Emilia Romagna, Benedetta RADICCHIO – ARPA Puglia, Silvia REBESCHINI – ARPA Veneto, Stefano ROSSI – ARPA Toscana, Sonia RUMI – ARPA Lombardia, Sabine SCHWARZ – APPA Bolzano, Gianluca SEGATTO – Comune Bolzano, Alberto Manfredi SELVAGGI – ARPA Molise, Giuseppe SGORBATI – ARPA Lombardia, Vincenzo SORRENTI – ARPA Calabria, Maria SPATERA – ARPA Puglia, Emanuela TOLVE – ARPA Molise, Gabriella TREVISI – ARPA Puglia

Partecipanti ANCI:

Carmen CASTELLUCCIO, Mario MASSARO, Marzio Flavio MORINI, Antonio RAGONESI

Partecipanti ISTAT:

Gaspere BELLAFFIORE

Autori

Le informazioni riportate nel presente documento sono state fornite dai seguenti autori:

Franco AJMONE-MARSAN - Università degli Studi di Torino, ARPA FVG - Dipartimento Provinciale di Trieste, Renzo BARBERIS - ARPA Piemonte, Anna BENEDETTI - CRA, Mattia BIASIOLI - Università degli Studi di Torino, Anna Maria BLUMETTI – ISPRA, Giovanni BRACA – ISPRA, Stefano BRENNI – ERSAF, Elisa BRUSTIA – ISPRA, Martina BUSSETTINI – ISPRA, Stefano CALCATERRA – ISPRA, Giuseppe CAMPILONGO - ARPA Lombardia, Edi CHIARINI – ISPRA, Anna CHIESURA - ISPRA, Claudio CESI – ISPRA, Valerio COMERCI – ISPRA, Patrizia COMETTO - ARPA Piemonte, Giovanni CONTE – ISPRA, Chiara D’AMBROGI – ISPRA, Laura D’APRILE – ISPRA, Barbara DESSÌ – ISPRA, Andrea Di FABBIO – ISPRA, Antonio Di GENNARO - Risorsa s.r.l., Marco Di Leginio – ISPRA, Agostino Di LORENZO - Regione Campania, Pio Di MANNA – ISPRA, Maurizio D’OREFICE – ISPRA, Nicoletta DOTTI - ARPA Lombardia, Valeria EULILLI – ISPRA, Gabriele FABIETTI - Università degli Studi di Torino, Lorenza FACONDINI - ARPA Piemonte, Marco FALCONI – ISPRA, Daniela FANTONE - ARPA Piemonte, Dante FASOLINI - ERSAF, Fernando FERRI – ISPRA, Silvana FINOTTI - ARPA Piemonte, Pier Luigi FOGLIATI - ARPA Piemonte, Fiorenzo FUMANTI – ISPRA, Fabrizio GALLUZZO – ISPRA, Piera GAMBINO – ISPRA, Bona Piera GRISELLI - ARPA Piemonte, Luca GUERRIERI – ISPRA, Carla IADANZA – ISPRA, Francesco P. INNAMORATO - Risorsa s.r.l., Carlo JACOMINI – ISPRA, Elena LA POSTA – ISPRA, Barbara LASTORIA – ISPRA, Maria LETTIERI – ISPRA, Mauro LUCARINI – ISPRA, Lucio MARTARELLI – ISPRA, Katia MERLI – ISPRA, Gennaro MONTI – ISPRA, Guido MOTTERAN – ISPRA, Michele MUNAFÒ - ISPRA, Arianna NICOLA - ARPA Piemonte, Carlo NORERO - Università di Roma “La Sapienza”, Paola Sonia PETILLO – ARPA Campania, Luciana PIACENTINI - ARPA Piemonte, Letizia POMPILI – CRA, Luca Maria PUZZILLI – ISPRA, Irene RISCHIA – ISPRA, Mariagrazia ROSSI – ISPRA, Giovanni SANESI - Università di Bari, Leonello SERVA – ISPRA, Giuseppe SGORBATI - ARPA Lombardia, Daniele SPIZZICHINO – ISPRA, Ricardo STOCCO - Archeometra s.r.l., Alessandro TRIGILA – ISPRA, Gilmo VIANELLO - Università di Bologna, Livia VITTORI ANTISARI - Università di Bologna, Eutizio VITTORI – ISPRA

Ringraziamenti

Si rinnova il vivo ringraziamento a quanti hanno reso possibile con il loro contributo la realizzazione dell'edizione 2008 del Rapporto sulla Qualità dell'Ambiente Urbano.

Un ringraziamento particolare va all'ANCI con il quale è stato sottoscritto un protocollo d'intesa nel luglio 2006. Ai fini del trasferimento e della finalizzazione dei contenuti del Rapporto, ANCI rappresenta un partner indispensabile. Che la collaborazione con questo importante soggetto di interlocuzione con le amministrazioni locali non sia solo un fatto formale è testimoniato dall'aver accompagnato la redazione del Rapporto in tutto il suo corso.

In particolare si ringrazia il Dott. Andrea Di Fabbio per la rilettura critica dei diversi contributi del Focus.

Si ritiene, inoltre, doveroso ringraziare quanti, pur avendo contribuito, non risultano esplicitamente citati. Qualche nominativo può essere sfuggito. A loro desideriamo esprimere le nostre più sentite scuse.

Vorremmo, infine, invitare tutti i lettori a far pervenire osservazioni ed eventuali suggerimenti di modifica, perché, anche con il loro contributo, si possano apportare miglioramenti nella continua opera di sviluppo del Rapporto sulla Qualità dell'Ambiente Urbano.

Roberto Caracciolo

Direttore Dipartimento Stato
dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

IL DIPARTIMENTO DIFESA DEL SUOLO SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

Il Dipartimento Difesa del Suolo - *Servizio Geologico d'Italia* di ISPRA, che ha curato gli aspetti editoriali del presente volume, si occupa da sempre, per proprio compito istituzionale, delle tematiche inerenti il *suolo* e il *sottosuolo*.

In quanto "organo cartografico dello Stato" per la cartografia geologica, coordina anche le attività del progetto CARG che prevede la realizzazione della nuova carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 e della relativa banca dati georeferenziata, e collabora con il *Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare* in numerose attività legate alla gestione del rischio idrogeologico a livello nazionale, anche attraverso la realizzazione di linee guida nel campo della difesa del suolo.

Il Dipartimento Difesa del Suolo è componente dell'Osservatorio Nazionale Pedologico e istituzione di riferimento nazionale per ESDAC (European Soil Data Centre), coordina inoltre numerose attività nell'ambito del *sistema agenziale* e del *sistema Stato-Regioni* e collabora con l'*Agenzia Europea per l'Ambiente* sul tema del consumo di suolo a fronte dell'espansione delle aree urbane.

A livello internazionale, partecipa anche a diversi progetti, tra cui spicca il progetto *OneGeology*, finalizzato a realizzare un'unica carta geologica digitale a scala globale.

Il Dipartimento svolge infine attività di studio e ricerca finalizzate alla mitigazione dei rischi naturali che hanno consentito nel corso degli anni l'implementazione di ulteriori banche dati quali ad esempio l'inventario dei fenomeni franosi in Italia (IFFI), i database dei sondaggi profondi (ai sensi della Legge 464/84) e delle faglie capaci (ITHACA) e il ReNDiS – Repertorio Nazionale degli interventi per la Difesa del Suolo.

Tali banche dati, consultabili sul web attraverso un portale geografico, sono state utilizzate per diversi contributi inclusi nel presente volume.

E' pertanto con profonda soddisfazione che il Dipartimento Difesa del Suolo - *Servizio Geologico d'Italia* presenta alla comunità scientifica questo volume, la cui pubblicazione cade a pochi mesi dal centenario del *terremoto di Messina del 1908* e nel corso dell'*Anno Internazionale del Pianeta Terra* indetto dalle Nazioni Unite.

Andrea Todisco

Direttore

Dipartimento Difesa del Suolo - *Servizio Geologico d'Italia*

INDICE

INTRODUZIONE	17
a cura di L. Zega, S. Brini - ISPRA	
IL PROCESSO DI COSTRUZIONE DEL RAPPORTO: PROBLEMI APERTI E PROSPETTIVE	19
a cura di L. Zega, S. Brini - ISPRA	
SINTESI DEL DOCUMENTO	25
a cura di F. Fumanti , L. Guerrieri - ISPRA	
PARTE I – IL SUOLO E LA CITTÀ	29
INTRODUZIONE AI SUOLI URBANI	31
FRANCO AJMONE-MARSAN Di.Va.P.R.A.- Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Torino	
IL SUOLO NELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE; SINTESI DEL QUADRO NORMATIVO	35
MARCO DI LEGINIO & IRENE RISCHIA ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio geologico d'Italia	
LA FUNZIONE SOCIALE DEL SUOLO: IL CASO DELLE AREE VERDI URBANE E PERIURBANE	39
ANNA CHIESURA ISPRA – Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale GIOVANNI SANESI Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Università di Bari	
IL SUOLO URBANO E LA CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE: IL FORO DI AUGUSTO IN ROMA	43
ANDREA DI FABBIO & MAURO LUCARINI ISPRA, Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio geologico d'Italia RICARDO STOCCO Archeometra S.r.l.	
LA CONTAMINAZIONE DIFFUSA DEI SUOLI TORINESI	49
RENZO BARBERIS ARPA Piemonte GABRIELE FABIETTI & MATTIA BIASIOLI Di.Va.P.R.A.- Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Torino	
VALUTAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI METALLI PESANTI IN SUOLI E MUSCHI DELL'AREA METROPOLITANA BOLOGNESE	57
GILMO VIANELLO & LIVIA VITTORI ANTISARI Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo, Facoltà di Agraria, Università di Bologna	

BONIFICA E RIQUALIFICAZIONE DI SITI INDUSTRIALI DISMESSI IN CONTESTO URBANO (<i>BROWNFIELDS</i>)	61
LAURA D'APRILE & MARCO FALCONI ISPRA – Servizio interdipartimentale per le Emergenze Ambientali, Settore Siti Contaminati	
IL SITO INQUINATO DI INTERESSE NAZIONALE DI TRIESTE	69
ARPA Friuli Venezia Giulia - Dipartimento Provinciale di Trieste	
IL CONSUMO DI SUOLO AGRICOLO NELLE AREE METROPOLITANE DI MILANO E BRESCIA	75
STEFANO BRENNI & DANTE FASOLINI ERSAF – Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste, Milano	
LE DINAMICHE DI CONSUMO DI SUOLO IN CAMPANIA NEL PERIODO 1960/2000 E I NUOVI STRUMENTI DI GOVERNO DEL TERRITORIO	81
ANTONIO DI GENNARO & FRANCESCO P. INNAMORATO Risorsa srl, Napoli AGOSTINO DI LORENZO Regione Campania, Assessorato al Governo del Territorio	
EVOLUZIONE DEL CONSUMO DI SUOLO NELL'AREA METROPOLITANA ROMANA (1949-2006)	85
CARLO NORERO Università di Roma "La Sapienza" MICHELE MUNAFÒ ISPRA – Dipartimento Stato dell'ambiente e metrologia ambientale	
LA VALUTAZIONE DELL'IMPERMEABILIZZAZIONE DEL SUOLO A SCALA NAZIONALE	89
MICHELE MUNAFÒ ISPRA – Dipartimento Stato dell'ambiente e metrologia ambientale	
INTRODUZIONE ALLA BIODIVERSITA' ED AL BIOMONITORAGGIO DEI SUOLI URBANI	93
CARLO JACOMINI ISPRA – Dipartimento Difesa della Natura ANDREA DI FABBIO & FIORENZO FUMANTI ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia LETIZIA POMPILI & ANNA BENEDETTI CRA – Consiglio per le Ricerche e le sperimentazioni in Agricoltura, ROMA	
ESPERIENZE DI CARATTERIZZAZIONE BIOLOGICA DEI SUOLI URBANI TORINESI	99
BONA PIERA GRISSELLI, RENZO BARBERIS, PATRIZIA COMETTO, LORENZA FAÇONDINI, DANIELA FANTONE, SILVANA FINOTTI, PIER LUIGI FOGLIATI, ARIANNA NICOLA & LUCIANA PIACENTINI ARPA Piemonte	
SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE E USO DEL SUOLO	107
GIUSEPPE CAMPILONGO & GIUSEPPE SGORBATI ARPA Lombardia	
PARTE II – IL SOTTOSUOLO E LA CITTÀ	111
PRINCIPALI RISCHI GEOLOGICI NELLE GRANDI AREE URBANE ITALIANE	113
EDI CHIARINI, CHIARA D'AMBROGI, MAURIZIO D'OREFICE, FABRIZIO GALLUZZO, ELENA LA POSTA, MARIA TERESA LETTIERI, LUCIO MARTARELLI, MARIA GRAZIA ROSSI ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia	

RISCHIO DA FRANA NELLE AREE URBANE	117
ALESSANDRO TRIGILA & CARLA IADANZA ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia	
CRITICITÀ IDRAULICHE NEI PRINCIPALI CAPOLUOGHI ITALIANI	123
GIOVANNI BRACA, MARTINA BUSSETTINI, BARBARA LASTORIA ISPRA - Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine BARBARA DESSÌ, CARLA IADANZA & DANIELE SPIZZICHINO ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia	
ANALISI QUANTITATIVA DEL LIVELLO DI ESPOSIZIONE DI ALCUNE PROVINCE ITALIANE A FAGLIAZIONE SUPERFICIALE	127
LUCA GUERRIERI, ANNA MARIA BLUMETTI, PIO DI MANNA, LEONELLO SERVA & EUTIZIO VITTORI ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia	
GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE	133
GIOVANNI CONTE, GENNARO MONTI & GUIDO MOTTERAN ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia	
SITI CONTAMINATI E RISORSE IDRICHE: PROBLEMATICHE EMERGENTI NELLE AREE URBANE	137
NICOLETTA DOTTI & GIUSEPPE SGORBATI ARPA Lombardia	
LE APPLICAZIONI DELLA GEOFISICA E DEL MONITORAGGIO	143
CLAUDIO CESI, STEFANO CALCATERRA, VALERIA EULILLI, FERNANDO FERRI, PIERA GAMBINO, KATIA MERLI, LUCA MARIA PUZZILLI ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia	
GLI EFFETTI AMBIENTALI DEL TERREMOTO DEL 1908; IMPLICAZIONI PER IL RISCHIO SISMICO DI MESSINA E REGGIO CALABRIA	151
ANNA MARIA BLUMETTI, VALERIO COMERCI, PIO DI MANNA, LUCA GUERRIERI, LEONELLO SERVA & EUTIZIO VITTORI ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia	
CITTA' E VULCANI, UNA DIFFICILE CONVIVENZA	159
FIRENZO FUMANTI & ELISA BRUSTIA ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia PAOLA SONIA PETILLO ARPA Campania	

INTRODUZIONE

Il Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano è arrivato alla V edizione, e viene considerato da più parti – decisori, ONG e *stakeholders* in genere – uno strumento importante per la tutela dell'ambiente urbano, molto atteso dagli Amministratori della *cosa pubblica* impegnati, ai vari livelli (statale, regionale, locale) nella programmazione, pianificazione e gestione del territorio. L'ISPRA è consapevole dell'importanza di sviluppare un rapporto di cooperazione in particolare con le istituzioni locali ed in tal senso si è mosso fin dalla prima edizione del Rapporto.

Questa visione si è concretizzata nell'impegno dell'intero Sistema agenziale, e ciò costituisce la novità più rilevante che caratterizza l'Edizione 2008.

Il risultato conseguito, infatti, vuole essere l'inizio di un percorso virtuoso di tutto il Sistema delle Agenzie Ambientali di condivisione puntuale e costruttiva del Rapporto con gli Amministratori locali e centrali: il Rapporto 2008 è il primo realizzato dal Sistema Agenziale, ovvero ISPRA, ARPA e APPA insieme, e contiene dati e informazioni che sono stati sottoposti ad un solido processo di verifica interno ed esterno.

Il tavolo di lavoro composto dall'ISPRA, da tutte le agenzie regionali e delle province autonome, da ANCI e ISTAT ha operato importanti scelte di base:

- il Rapporto 2008 ha interessato 33 aree urbane rappresentative di tutte le regioni italiane; rispetto infatti alle 24 città dell'edizione 2007, sono state aggiunte le città di Aosta, Bolzano, Trento, Udine, Perugia, Ancona, Pescara, Campobasso e Potenza rappresentando così tutte le Regioni e Province autonome italiane;
- la scelta del set di indicatori (prevalentemente di pressione e di stato – ma non solo) è un'altra delle novità che sostanzia l'edizione 2008: è il risultato dei lavori svolti dal tavolo di lavoro, frutto di un confronto tecnico-scientifico virtuoso tra più di venti soggetti comprendenti entità a carattere nazionale (ISPRA, ANCI, ISTAT) e locale (ARPA/APPA);
- il popolamento degli indicatori è avvenuto con l'utilizzo di fonti centrali quali ISPRA, ISTAT, ACI eccetera.

Il Focus, ovvero l'approfondimento tematico che a partire dalla passata edizione completa il Rapporto, quest'anno affronta la tematica *suolo e sottosuolo*, e la sua realizzazione è stata curata dal Dipartimento Difesa del Suolo di ISPRA con i contributi del Sistema agenziale, di Università e di Enti Regionali. La scelta del tema *suolo* è stata fatta in occasione dell'*Anno Internazionale del Pianeta Terra* e sulla base della rilevanza delle problematiche connesse a tale fondamentale risorsa: dalla contaminazione all'uso e consumo del suolo, incluso lo *sprawl* urbano. Dei suoli urbani vengono evidenziate dapprima le funzioni ed in seguito le criticità rappresentate, in particolare, dalla contaminazione e dalle problematiche connesse ad una espansione urbana che è stata, generalmente, poco propensa a tenere in debita considerazione la vocazionalità dei suoli trascurando anche spesso gli aspetti di pericolosità naturale del territorio.

In prospettiva, proseguendo sul percorso avviato con la presente edizione del Rapporto, si potranno approfondire tutti quei confronti tra Amministrazioni centrali e locali necessari ad armonizzare e migliorare sempre più le conoscenze e le informazioni ambientali e territoriali con l'intento strategico di garantire omogeneità e solidità scientifica al Rapporto utilizzando al contempo sempre più *fonti regionali e locali*, intrinsecamente più aderenti alle realtà urbane, per il popolamento degli indicatori.

IL PROCESSO DI COSTRUZIONE DEL RAPPORTO: PROBLEMI APERTI E PROSPETTIVE

a cura di L. Zega, S. Brini
ISPRA

A fine 2003 è partito il progetto “Qualità ambientale delle aree metropolitane urbane” pensato appositamente per strumentare adeguatamente la realizzazione del Rapporto annuale sulla qualità dell’ambiente urbano previsto nella missione del Dipartimento Stato dell’ambiente e metrologia ambientale dell’APAT – oggi confluita in ISPRA.

Si trattava di un progetto intertematico pluriennale che prendendo spunto dai contenuti attesi del Rapporto stesso non ha limitato l’interlocuzione alle altre Unità dell’allora APAT, ma ha ampliato lo spettro d’azione coinvolgendo tutti i Soggetti pubblici - Comuni, Province, Regioni in primo luogo – interessati nelle attività di pianificazione e amministrazione dell’ambiente urbano, inteso quest’ultimo parte essenziale della qualità della vita dei cittadini.

Gli obiettivi principali del progetto erano:

- raccogliere ed elaborare una informazione accurata, che rappresenti la realtà dei problemi ambientali degli agglomerati urbani nel suo evolversi;
- individuare le cause per cui non in tutte le città si prendono i migliori provvedimenti ed identificare le possibili barriere;
- proporre misure ed azioni specifiche per superare queste barriere ed acquisire una visione prospettica su cosa possa essere realisticamente perseguito nel medio termine.

Quel che si voleva assolutamente evitare era il rischio di duplicare sforzi già fatti nei diversi anni in altre sedi tecnico-scientifiche a livello nazionale, europeo e internazionale in merito all’analisi dell’ambiente urbano: si voleva anzi massimizzare la valorizzazione di quanto già esistente in materia.

Vennero operate scelte di fondo che si sono dimostrate ancora oggi in gran parte valide per la realizzazione del V Rapporto. In particolare si pose l’attenzione sulle aree metropolitane baricentrate sulle grandi aree urbane e si individuarono inizialmente – per l’analisi – le principali 8 città italiane: Milano, Torino, Genova, Bologna, Firenze, Roma, Napoli, Palermo.

La scelta ha seguito l’orientamento di due importanti atti:

- a) la Comunicazione della Commissione Europea “Verso una strategia tematica sull’ambiente urbano” adottata nel 2004 che invitava gli stati membri ad elaborare indicatori per l’ambiente urbano e proponeva nell’ambito dei rispettivi piani per lo sviluppo sostenibile l’adozione di una *strategia nazionale per l’ambiente urbano* e l’adozione di un *piano di gestione ambientale* per l’intera area urbana da parte delle capitali europee e delle altre città con popolazione superiore a 100.000;
- b) la Legge 8 giugno 1990, n.142 “Ordinamento delle autonomie locali”, art.17, che individuava dieci città che per rapporti di stretta integrazione, in merito alle attività economiche, ai servizi essenziali alla vita sociale, alle relazioni culturali e alle caratteristiche territoriali con i rispettivi centri minori venivano considerate aree metropolitane.

Venne istituito un Comitato di coordinamento composto da APAT e le ARPA di Lombardia, Liguria, Emilia Romagna, Toscana, Basilicata e Sicilia, più l’Organizzazione Mondiale della Sanità, ENEA e

Euromobility (l'Associazione Mobility Manager). Furono inoltre coinvolti gli Assessori all'Ambiente e alla Mobilità delle otto città e in alcuni casi anche delle relative province e/o regioni.

L'enfasi fu posta sulla verifica della disponibilità dell'informazione ambientale al fine di fornire una visione omogenea e armonizzata dell'informazione per le aree metropolitane considerate.

L'approccio seguito per organizzare il I Rapporto annuale sulla qualità dell'ambiente urbano fu prevalentemente per temi. Approccio confermato anche nei Rapporti successivi.

Ne vennero individuati nove :

- Energia, emissioni in atmosfera e qualità dell'aria
- Trasporti
- Acque
- Rifiuti
- Sostenibilità locale
- Natura
- Aree dismesse
- Esposizione al radon, inquinamento acustico, elettromagnetico, indoor
- Comunicazione e informazione

Il risultato ottenuto ha confortato lo sforzo profuso alla sua realizzazione e ha costituito la base di partenza per contribuire a fornire elementi tecnico-scientifici per capire se e come erano utilizzate le informazioni ambientali nelle decisioni, e fino a che punto la politica ambientale era integrata nelle politiche di settore. *La prospettiva era far diventare il Rapporto uno strumento di supporto alla pianificazione ed all'amministrazione dell'ambiente urbano.*

Sulle scelte così operate e sull'esperienza maturata sul campo si sono realizzati i Rapporti successivi che hanno, a partire dal secondo, progressivamente arricchito e integrato la struttura posta a base dell'analisi.

Il II Rapporto – edizione 2005 – ha allargato l'analisi delle città a Venezia, Trieste, Bari, Messina, Catania e Cagliari, oltre alle già individuate. Nelle fila del Comitato di coordinamento sono entrati anche il Comune di Firenze e l'ARPA Campania.

Nel II Rapporto un elemento caratterizzante è stato il tenere in debito conto le considerazioni emerse durante la tavola rotonda organizzata nell'ambito del convegno di presentazione del I Rapporto il 16 dicembre 2004, alla quale hanno partecipato gli Assessori all'ambiente e alle mobilità delle otto città coinvolte nel progetto. Dal dibattito è emersa una piena volontà di instaurare un rapporto di collaborazione permanente che avesse come ricaduta proposte concrete e operative tali da incidere con efficacia nelle politiche ambientali ai vari livelli istituzionali, contribuendo a realizzare quella sinergia necessaria tra il livello politico istituzionale nazionale e il livello politico amministrativo locale che consenta di attivare politiche ambientali coerenti nel tempo e basate sulla conoscenza delle diverse realtà territoriali. Un altro nodo fondamentale emerso era la carenza di informazione ambientale al cittadino o ancor peggio una informazione "sbagliata". Comprendere, infatti, come viene percepita dai cittadini la gestione del territorio e la tutela dell'ambiente è alla base di una azione amministrativa efficace.

Questi elementi, fondanti per una azione ambientale positiva, hanno orientato e finalizzato l'attività per la realizzazione del II Rapporto. Ai temi già oggetto di analisi sono stati aggiunti il "Territorio e Suolo" (in particolare la caratterizzazione geologica del sottosuolo, l'espansione delle aree urbane, il consumo del suolo e la qualità dei suoli urbani) e la "Pianificazione locale" (in particolare il sistema delle politiche ambientali locali, pianificazione e programmazione urbana sostenibile), quest'ultima è una fra le novità più rilevanti avendo avviato un'analisi degli strumenti di pianificazione a livello locale attraverso lo studio del complesso "sistema" delle politiche ambientali locali. Inoltre sono stati ampliati gli argomenti trattati nel Rapporto introducendo la cogenerazione elettrica, sistemi integrati di pianificazione degli interventi sulla mobilità, le acque di prima pioggia, la contabilità ambientale, l'edilizia sostenibile, gli effetti dell'inquinamento sui monu-

menti, le tecnologie innovative per la manutenzione in città.

I lavori del II Rapporto sono stati accompagnati da una sempre maggiore consapevolezza che i problemi ambientali nelle aree urbane possono essere affrontati solo attraverso una migliore gestione del territorio raggiungibile con un adeguato utilizzo degli strumenti di governo del territorio stesso sia a livello nazionale sia a livello regionale e locale che faccia perno su una *informazione ambientale e territoriale completa e affidabile*, e con la consapevolezza che tali strumenti possono funzionare efficacemente solo se supportati da norme adeguate e congruenti. La sinergia di questi due cardini configura la base dell'azione amministrativa.

Tale impostazione ha consentito al Rapporto di diventare un reale strumento di informazione e diffusione di dati ambientali ma soprattutto di iniziare a essere considerato un punto di riferimento non solo per la comunità tecnico-scientifica ma anche per gli amministratori e per i cittadini.

Il III e il IV Rapporto sono stati realizzati proseguendo la strada tracciata, mantenendo fermo l'obiettivo di voler essere uno strumento di diffusione di dati scientifici e informazioni tecniche relative allo stato dell'ambiente nelle aree urbane e strumento di supporto alle decisioni delle Amministrazioni pubbliche locali.

In questa ottica si è ritenuto, nel III Rapporto, di accogliere le esigenze manifestate dagli Amministratori locali per la realizzazione un Rapporto più incisivo e rappresentativo della realtà territoriale italiana. L'analisi sulle 14 città metropolitane individuate dalla legge consentiva un focus su 13 regioni, ancora troppo parziale per offrire un quadro d'insieme esaustivo. L'attenzione ha allargato l'orizzonte dell'indagine a tutti i capoluoghi di provincia con popolazione superiore a 150.000 abitanti coinvolgendo quindi anche le città di Brescia, Verona, Padova, Parma, Modena, Prato, Livorno, Foggia, Taranto e Reggio Calabria. Il Comitato di coordinamento ha orientato la propria attività con l'intento di evidenziare le criticità ambientali oltre che economiche e sociali del territorio, individuare soluzioni e formulare risposte condivise, predisporre e monitorare indicatori per fotografare lo stato dell'ambiente e analizzare gli impatti e valutare l'efficacia degli interventi.

Il comitato di coordinamento si è arricchito con la partecipazione di ANCI (Associazione Nazionale dei Comuni Italiani), dell'Associazione Coordinamento Agende 21 Locali italiane, della Provincia di Roma.

Nel contempo l'APAT ha siglato un Protocollo d'intesa con l'ANCI (Associazione Nazionale Comuni Italiani) "Adozione e promozione del progetto "Qualità ambientale nelle aree metropolitane"; scelta maturata nella consapevolezza che l'ANCI, per la sua missione, è soggetto indispensabile nelle politiche di sensibilizzazione, coinvolgimento e divulgazione di informazioni nei comuni da essa rappresentati.

Gli sforzi e le esperienze messe in campo hanno trovato la loro espressione e sono stati confortati dall'autorevolezza dei soggetti che hanno contribuito alla realizzazione del prodotto. Le conclusioni del III Rapporto hanno evidenziato in modo marcato l'esigenza di strutturare l'attività futura verso una condivisione e discussione dei dati volta ad una lettura comune di ipotesi concrete e valide per lo sviluppo del territorio.

Con questa aspettativa si sono affrontati i lavori per il IV Rapporto che possono essere considerati propedeutici al raggiungimento dell'obiettivo che oggi possiamo dire di aver raggiunto con questa edizione 2008. Infatti il Rapporto del 2007 è stato oggetto di una rivisitazione degli obiettivi, dei contenuti e dei soggetti coinvolti. E' stata intrapresa la strada di un Protocollo d'intesa con tutte le Agenzie Regionali e Provinciale attualmente in via di finalizzazione. Gli obiettivi erano rendere il Rapporto un prodotto del sistema agenziale, estendere gli studi alle aree vaste urbanizzate baricentrate su tutti i capoluoghi di regione, diffondere in tali ambiti le buone pratiche, attivare rapporti con le Regioni.

L'edizione 2007 è stata una edizione di transizione, strutturata in un testo snello che sintetizzava le tendenze recenti degli indicatori di qualità ambientale dei 24 capoluoghi di provincia oggetto

dello studio, accompagnato da una scheda per ogni città contenente tutte le informazioni relative agli indicatori selezionati, più un approfondimento su un tema specifico tra quelli che nell'anno di riferimento erano stati considerati di maggior rilievo dall'attenzione dedicata dal mondo politico, dall'opinione pubblica e dai media, che per il 2007 è stato "La natura in città".

Il discorso di collaborazione e condivisione con l'intero sistema delle agenzie ha trovato vera espressione nella realizzazione del V Rapporto: un percorso culturale che ha attraversato e fatto crescere tutto il Paese e oggi è un prodotto, frutto di un lavoro di tutto il Sistema Agenziale, all'attenzione della Conferenza delle Agenzie portato come evento centrale della XI Conferenza Nazionale delle Agenzie.

Si è sostanzialmente attivata una delle attività previste nel Protocollo in via di finalizzazione. Il tavolo di lavoro composto da tutte le agenzie regionali e delle province autonome, dall'ISPRA, ANCI e ISTAT ha operato delle scelte di base per avviare i lavori.

Il Focus, ovvero l'approfondimento tematico che a partire dalla passata edizione completa il Rapporto, affronta quest'anno, in occasione dell'*Anno Internazionale del Pianeta Terra*, la tematica "Suolo e sottosuolo", e la sua realizzazione è stata curata dal Dipartimento Difesa del Suolo di ISPRA con i contributi del Sistema agenziale, di Università e di Enti Regionali, come già compiutamente esposto nell'Introduzione.

L'esigenza di dover offrire una analisi maggiormente rappresentativa dell'intero territorio nazionale, esigenza che dalla realizzazione del I Rapporto, in cui sono state prese in considerazione le otto città principali sul territorio nazionale ricadenti in otto regioni, fino all'edizione del 2007 che ha coinvolto nell'analisi 24 città ricadenti in 14 regioni, è stata soddisfatta solo in parte, ha trovato piena soddisfazione nella presente edizione.

Si è voluto infatti coinvolgere tutte le regioni anche se i loro capoluoghi non rispondono al requisito dei 150.000 abitanti. Le ARPA/APPA hanno in questi casi proposto aree urbane in quelle realtà regionali che non erano rappresentate da alcuna delle 24 città.

I lavori hanno, quindi, indagato 33 aree urbane rappresentative di tutte le regioni italiane: in particolare sono state aggiunte, alle 24 città del precedente Rapporto, le città di Aosta, Bolzano, Trento, Udine, Perugia, Ancona, Pescara, Campobasso e Potenza.

Si è concordato di concentrare l'attenzione in particolare – anche se non solo – sugli indicatori di pressione e di stato, ma soprattutto si è concordato su un insieme condiviso di indicatori frutto di un confronto tecnico-scientifico virtuoso tra più di venti soggetti comprendenti entità a carattere nazionale (ISPRA, ANCI, ISTAT) e locale (ARPA/APPA).

La selezione e il popolamento degli indicatori sono stati argomento di ampio dibattito del tavolo di lavoro. La possibilità che fossero le ARPA/APPA a fornire i dati esprimeva appieno la volontà di rendere il Rapporto un prodotto del Sistema Agenziale ed è stata indagata con grande interesse. Sono state avviate tutte le verifiche necessarie di merito. I risultati dell'analisi hanno evidenziato, tuttavia, una serie di nodi tecnico-operativi, in particolare:

- criticità per il reperimento a livello locale, per tutte le città considerate, dei dati di popolamento per alcuni indicatori;
- residue disomogeneità dei metodi e modelli utilizzati a livello regionale e locale per la raccolta dei dati.

Dall'analisi svolta è emerso che, pur essendoci a livello locale una consistente mole di dati in possesso delle ARPA/APPA – ampiamente rappresentativa dello stato dell'ambiente urbano di quelle realtà specifiche - gli stessi dati, in taluni casi, non rispettavano i criteri condivisi necessari a offrire una omogeneità e una copertura esaustiva solida.

L'utilizzo di fonti diverse e quindi di metodi e modelli utilizzati a livello locale per la raccolta dei dati poneva qualche problema in merito all'omogeneità dei dati. Anche riguardo alla disponibilità degli anni di rilevamento del dato, le differenze non sono trascurabili sia per quanto riguarda le serie storiche sia per i singoli anni. Le difficoltà di comparabilità riguardavano un numero consi-

stente di indicatori.

Il confronto posto in essere per tale verifica ha stimolato, in prospettiva, la necessità di proseguire nel percorso condiviso di confronto tra amministrazione centrale e locali volte a superare le problematiche emerse e raggiungere una omogeneità tecnica sufficiente a garantire solidità scientifica al prodotto.

Dopo un ragionato dibattito il Tavolo di lavoro ha convenuto che l'omogeneità e quindi la comparabilità dei dati, necessari alla solidità scientifica del Rapporto, sarebbe stata garantita con l'utilizzo di fonti centrali quali ISPRA, ISTAT, ACI, eccetera.

Il contributo del Sistema agenziale, oltre la realizzazione di un set di indicatori condiviso ed omogeneo per tutto il territorio nazionale, che rappresenta il vero valore aggiunto nella predisposizione di questo V Rapporto perché raggiunge per la prima volta l'obiettivo di una condivisione reale del prodotto, si è concentrato sulla valutazione e verifica dei dati del set di indicatori popolato con fonti centrali.

Il Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano è stato sottoposto al processo tipico delle pubblicazioni scientifiche di revisione dei testi e dei dati del set di indicatori da parte di altri specialisti che non hanno partecipato alla loro stesura.

Queste attività di condivisione, valutazione e verifica dei dati di popolamento e il controllo dei contributi operato dal Sistema agenziale che hanno portato alla strutturazione e realizzazione del V Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, costituiscono il punto di arrivo delle attività messe in campo cinque anni fa con l'intento di realizzare – con il Rapporto – uno strumento essenziale nelle mani degli amministratori.

La condivisione all'interno del Sistema delle Agenzie e con l'ANCI del set di indicatori, che oggi rappresenta il raggiungimento di un ambizioso obiettivo, rappresenta il proseguimento di un percorso virtuoso che prevede un confronto e una condivisione sempre più puntuali e costruttivi con gli Amministratori locali e centrali con la finalità strategica di consolidare il Rapporto come strumento realmente utilizzato dai decisori a supporto della programmazione, pianificazione e gestione dell'ambiente e del territorio urbano.

I vari temi ambientali trattati in questo Rapporto evidenziano la complessità dei fenomeni legati all'ambiente urbano. La loro analisi – qui restituita in chiave tematica e settoriale – costituisce tuttavia l'elemento conoscitivo di base per approntare percorsi integrati di pianificazione strategica finalizzati ad una *governance* ambientale urbana sostenibile.

SINTESI DEL DOCUMENTO

F. FUMANTI, L. GUERRIERI

ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia

In tutte le culture di ogni parte del mondo e di ogni età, si ritrova un forte e profondo legame tra l'uomo e il suolo. Un legame che esprime la consapevolezza di come il suolo sia l'elemento portante di tutte le forme viventi presenti sulla superficie terrestre e che garantisce all'uomo il necessario per il proprio sostentamento. Ma il suolo svolge anche una serie di insostituibili funzioni ambientali come la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento, lo stoccaggio del carbonio, la regolazione dei flussi idrici superficiali. Il suolo è la più grande riserva di biodiversità del pianeta e il luogo di chiusura dei cicli degli elementi nutritivi; è parte integrante del paesaggio e conserva la memoria della nostra evoluzione culturale. Dal suolo e sul suolo l'uomo ha costruito le proprie civiltà. Eppure troppo spesso il suolo viene trattato come un elemento di disturbo da rimuovere, un contenitore degli scarti della produzione umana, oppure un mezzo da sfruttare con una scarsa consapevolezza degli effetti derivanti dalla perdita delle sue funzioni. Le città si sono espanse su direttrici che raramente hanno tenuto in considerazione la qualità dei suoli e la vocazione naturale del territorio. Sono stati asportati, o modificati per sempre, suoli ad elevata fertilità e vocazione agricola che spesso coincidono con territori ad elevata pericolosità geologica e idraulica. Si è edificato nelle aree di naturale espansione fluviale, nelle aree ad elevata sismicità, sui versanti instabili, sui fianchi ed all'interno di vulcani attivi in modo tale che, nonostante i grandi sforzi economici per porre in sicurezza gli abitati, esistono ancora troppe aree in cui eventi anche di moderata intensità possono determinare catastrofi economiche, spesso, purtroppo, con un grande tributo in vite umane.

Il presente volume è articolato in due sezioni: la prima affronta le funzioni, le peculiarità e le criticità dei suoli presenti in ambito urbano, comprendendo anche gli aspetti di trasformazione del territorio dovuti alla progressiva e spesso incontrollata espansione delle aree urbane. La seconda parte affronta invece le problematiche legate alle caratteristiche geologiche del sottosuolo delle aree urbane studiate, con particolare riferimento al grado di esposizione a determinati rischi geologici.

Il suolo ed il sottosuolo rappresentano la base fisica sulla quale sono state costruite le città. In area urbana il suolo si presenta con una varietà di forme che vanno dai suoli seminaturali dei grandi parchi urbani a quelli profondamente modificati dall'attività antropica. Le loro peculiarità, le principali funzioni e le criticità sono descritte nell'introduzione di *Ajmone-Marsan* che sottolinea anche come il suolo contribuisca alla qualità della vita dei cittadini tramite la sua funzione estetico-ricreativa. Concetto ripreso ed ampliato da *Chiesura & Senesi* i quali, identificando le aree verdi con il suolo che le sottende, evidenziano i benefici sullo stato di salute, sul benessere psico-fisico e sulle relazioni interpersonali. Il suolo è anche il mezzo di conservazione delle testimonianze archeologiche e permette di ricostruire le dinamiche della occupazione umana del territorio, assumendo pertanto una grande valenza culturale, come dimostrato nel lavoro di *Di Fabbio et. al.* relativo al Foro di Augusto in Roma. Un quadro sintetico delle principali norme relative ai suoli in ambito urbano e, più in generale, alla pianificazione del territorio è presentato da *Di Leginio & Rischia*.

Nei successivi lavori sono state analizzate le principali problematiche dei suoli urbani rappresentate dalla contaminazione e dal consumo di suolo/impermeabilizzazione legato all'espansione urbana. La contaminazione da fonti puntuali e/o diffuse è un aspetto comune a tutte le aree urbane, in particolare di quelle fortemente industrializzate, ed assume particolare rilevanza anche per la vicinanza della popolazione. *Barberis et al* per la zona di Torino confrontano i dati relativi ai suoli urbani, agricoli e naturali sottolineando le peculiarità dei primi che presentano valori elevati di pH, arricchimento di alcuni metalli pesanti e presenza di inquinanti organici (IPA e PCB), mentre le diossine, comunque al di sotto dei limiti di legge, presentano una diffusione più omogenea. Le principali fonti di contaminazione sono il traffico veicolare, l'attività industriale ed altre attività civili. Anche nella zona di Bologna (*Vianello & Andrisani*) il traffico veicolare è responsabile degli alti valori di Pb registrati in prossimità di alcune arterie stradali, mentre gli arricchimenti di Zn e Cu possono essere associati rispettivamente alle attività artigianali ed agricole. Sia nel caso di Torino che in quello di Bologna è possibile individuare un valore naturalmente elevato per alcuni contaminanti derivante dalle caratteristiche chimiche delle rocce da cui i suoli hanno avuto origine (contenuto di fondo) che è necessario valutare in tutte le azioni volte a definire la contaminazione di un suolo. Per la contaminazione da fonti puntuali è presentato dal *Dipartimento Provinciale di Trieste dell'ARPA Friuli Venezia Giulia* il caso della bonifica del Sito inquinato di Interesse Nazionale di Trieste, interessato da un inquinamento storico e protratto nel tempo. Le criticità del sito sono ben note, a seguito della fase di caratterizzazione, ma la completa riqualificazione necessita ancora di tempi relativamente lunghi. L'esempio, invece, di un sito industriale dismesso, localizzato in prossimità di un'area urbana (*brownfield*) che sta subendo una intensa trasformazione è presentato da *D'Aprile & Falconi*. Gli autori illustrano la prima fase della bonifica in atto nei 2500 ettari della zona industriale di Porto Marghera, una delle più grandi d'Europa, in cui è stato realizzato il Parco Scientifico Tecnologico VEGA (VEnice GAteway) che rappresenta un ponte tra università, centri di ricerca e settore produttivo per favorire la competitività delle aziende sul mercato globale.

Il recupero ed il riutilizzo delle aree degradate è un aspetto importante che può fornire un importante contributo nel limitare il consumo di suolo descritto negli articoli seguenti.

L'espansione urbana, cioè il progressivo, confuso e sregolato allargamento dei limiti della città a scapito dei territori agricoli, frequentemente ad alta vocazione agronomica rappresenta, infatti, una delle problematiche più stringenti anche per il possibile incremento di beni esposti ai pericoli geologici descritti successivamente. L'urbanizzazione comporta la rimozione totale del suolo oppure un suo decorticamento e successiva copertura con materiali impermeabili. Il suolo è perso per sempre oppure non è più in grado di esplicare le sue funzioni, in particolare viene impedita la sua capacità di regolare i flussi idrici con conseguenze sui fenomeni alluvionali. Una stima dell'impermeabilizzazione del suolo per urbanizzazione a scala nazionale è presentata da *Munafò*. Dall'analisi della carta nazionale traspare come i territori impermeabilizzati siano concentrati in corrispondenza delle aree urbane e delle infrastrutture viarie con particolare rilevanza nelle fertili aree di pianura.

Le più elevate percentuali di superfici impermeabilizzate sono rilevate in Lombardia, Puglia, Veneto e Campania. Tali dati, elaborati con la metodologia Corine risultano probabilmente sottostimati, come evidenziato dalle elaborazioni di maggior dettaglio effettuate a scala locale da ERSAF Lombardia, presentate da *Brenna & Fasolini*. In Lombardia le superfici urbanizzate sono pari al 13,7% del territorio e sono cresciute, negli ultimi 10 anni con un ritmo di 10,2ha al giorno, a scapito prevalentemente di aree agricole ad elevato valore agronomico. La situazione è particolarmente preoccupante nell'area metropolitana di Milano e lungo la direttrice per Brescia dove molti comuni presentano un'urbanizzato superiore al 50% del territorio. Situazione analoga si ritrova anche nell'area costiera campana (*Di Gennaro et al.*) in cui, in pochi decenni, circa un centinaio di nuclei urbani si sono saldati originando un'unica conurbazione che si estende da Caserta

a Salerno. Tale situazione urbanistica è particolarmente eclatante anche per il connubio con il rischio vulcanico, che rende l'area vesuviano-flegrea una delle aree a più alto rischio dell'intero pianeta (Fumanti *et al.*). Sia Di Gennaro *et al.* sia Norero & Munafò (area urbana di Roma) mettono in evidenza come, a partire dagli anni '60-'70, la crescita demografica e quella dell'urbanizzato seguano un andamento assolutamente disarmonico, con una tendenza che non mostra segni d'inversione ed alla quale si può cercare di sopperire tramite l'adozione di piani a tutela degli spazi rurali residui e di specifiche normative che limitino il consumo di suolo incentivando il riuso delle aree già urbanizzate e degradate. Legata ai fenomeni precedentemente descritti è la progressiva perdita di biodiversità dei suoli. Jacomini *et al.* nel loro sintetico quadro introduttivo alla tematica evidenziano le peculiarità e le problematiche dei suoli urbani e l'utilità del monitoraggio biologico dei suoli nella definizione del loro stato di salute. Studi in tal senso non sono ancora diffusi in Italia ma un caso di grande interesse è presentato da Bona Griselli *et al.*. Sulla base dei dati derivanti dalla caratterizzazione biologica di alcuni suoli torinesi gli autori rimarcano l'importanza dell'utilizzo di parametri ecotossicologici nella definizione del rischio ecologico legato alla contaminazione e di come tali analisi possano essere utilizzate in tutte le fasi della bonifica di un sito inquinato.

A conclusione della parte relativa al suolo urbano Campilongo & Sgorbati ribadiscono come sia ormai imprescindibile, per garantire una qualità della vita accettabile, porsi il problema di un uso sostenibile di una risorsa finita quale è il suolo. Le strategie per un uso sostenibile comprendono una serie d'interventi che vanno dall'ottimizzazione ed il riutilizzo del patrimonio abitativo ed infrastrutturale esistente alla densificazione urbana, ove possibile e compatibile, alla creazione e mantenimento di aree verdi sino alla necessità di evitare l'uso di aree ad elevata pericolosità naturale, come sarà ribadito nella seconda parte del volume.

Relativamente alla componente sottosuolo i diversi contributi analizzano i numerosi rischi di tipo geologico presenti nelle diverse aree urbane. Pur non potendo essere sufficientemente completo ed esaustivo, il quadro che emerge evidenzia situazioni piuttosto diverse da una città all'altra. Si tratta spesso di problemi noti ma che tuttavia non sempre vengono tenuti in sufficiente considerazione se non addirittura dimenticati, come avviene specialmente quando l'ultimo evento critico è ormai datato.

In Chiarini *et al.* viene sintetizzato il contributo della nuova carta geologica realizzata nell'ambito del progetto CARG nell'individuazione e perimetrazione di tali rischi in alcune aree urbane, laddove sono già disponibili le nuove cartografie.

Diversi contributi pongono l'attenzione su specifici rischi geologici: in Trigila & Iadanza viene analizzata la pericolosità da frana nelle varie città sulla base dei dati del progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia): ne emerge un indice di franosità pari al 2,3%, inferiore al dato medio nazionale (6,8%) ma comunque significativo visto che molte città si estendono prevalentemente in aree pianeggianti. Le situazioni più critiche sono risultate a Genova, Ancona, Perugia e Torino. Relativamente all'esposizione al rischio idraulico, ovvero ai fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua, nel contributo di Braca *et al.* emerge che solo in 9 dei 33 capoluoghi considerati non si hanno situazioni di elevata criticità idraulica. I comuni con maggiori aree ad elevata criticità sono risultati Roma, Padova, Bari e Firenze. Tuttavia, occorre tener presente che questa analisi non tiene conto del livello di vulnerabilità degli elementi esposti né della presenza di interventi di messa in sicurezza.

E' stato anche analizzato il problema dell'esposizione delle diverse città a fagliazione superficiale (Guerrieri *et al.*): sulla base dei dati di ITHACA (Italian Hazard from Capable Faults), in alcune città (es. Catania, Reggio Calabria) il fenomeno sembrerebbe essere significativo e pertanto degno di attenzione.

In Conte *et al.* viene affrontata la questione delle risorse idriche: in alcune città (es. Bologna) lo sfruttamento incontrollato delle falde acquifere ha favorito i fenomeni di subsidenza, mentre

in altre (Milano, Napoli) si sono registrati problemi dovuti all'eccessivo innalzamento del livello della falda. Viene anche esaminato il tema della contaminazione delle falde idriche con particolare riferimento alla bonifica delle aree dismesse, la cui riqualificazione è spesso strategica in numerose aree metropolitane. Il contributo di *Dotti & Sgorbati* esamina la situazione nell'area milanese, affrontando nello specifico le problematiche emergenti dalle richieste di utilizzo di acque pubbliche per sistemi di condizionamento basati sull'utilizzo delle pompe di calore, che sfruttano le acque di falda sotterranea.

Vengono anche illustrate (*Cesi et al.*) le potenzialità delle indagini geofisiche per l'individuazione ed il monitoraggio dei fenomeni di instabilità (fenomeni franosi, cavità sotterranee) che interessano Roma e altre città italiane.

Infine, *Blumetti et al.* presentano uno studio incentrato sulla revisione degli effetti indotti dal terremoto del 1908, e del successivo maremoto, che devastò profondamente le città di Messina e Reggio Calabria, valutando cosa accadrebbe se si ripetesse oggi lo stesso evento sismico: soprattutto lungo i due tratti costieri dello Stretto, gli effetti indotti da un prossimo terremoto (frane, fratturazioni, liquefazioni) e dall'eventuale nuovo maremoto, sarebbero ancora più devastanti in quanto andrebbero ad impattare su un territorio assai più urbanizzato. Devastanti potrebbero essere anche gli effetti di un'eruzione vulcanica nell'area partenopea (*Fumanti et al.*) dove la dissennata urbanizzazione ed una densità di popolazione, soprattutto nelle aree costiere a maggior pericolosità vulcanica, che non ha eguali in Italia, rendono irrinunciabile il proseguimento dei monitoraggi, degli interventi tecnico-politici per la riduzione dei beni esposti e l'educazione della popolazione ad una convivenza consapevole.

PARTE I – IL SUOLO e LA CITTÀ

INTRODUZIONE AI SUOLI URBANI

FRANCO AJMONE-MARSAN

*Di.Va.P.R.A. - Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali,
Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Torino*

Sappiamo da molto tempo quanto il suolo sia un elemento fondamentale dell'ecosistema terrestre. Lo sviluppo dell'agricoltura, delle foreste e l'aspetto del paesaggio che ci circonda dipendono in larga misura dalla natura e dalla funzionalità del suolo. Esso appare senza dubbio come una risorsa indispensabile fintanto che su di esso si vive. Tuttavia, proprio nell'anno 2008, la proporzione di persone abitanti nelle città ha superato quella di chi vive nelle campagne. In Europa, più della metà della popolazione viveva in città già nel 1950 e si prevede che per il 2030 questa proporzione raggiungerà l'80% (United Nations, 2006).

Il suolo urbano è dunque differente da quello agricolo, o forestale, perché subisce l'intensa influenza delle attività umane che nelle città si concentrano. Nelle aree urbane la percezione del suolo si modifica o, più spesso, si diluisce in un paesaggio complesso, dal quale è difficile estrarlo se non con uno sforzo razionale. Invece occorre riconoscere che il suolo è parte essenziale dell'ecosistema urbano e contribuisce, direttamente o indirettamente, alla qualità di vita dei cittadini. Rispetto ai suoli agricoli, forestali o naturali, nelle aree urbane il suolo svolge alcune funzioni supplementari. In particolare è importante la funzione estetico-paesaggistica nei parchi e nei giardini, dove contribuisce alla conservazione della biodiversità, aspetto di estrema importanza in ambienti tanto artificiali come quelli urbani. Non è soggetto, normalmente, alle operazioni agronomiche ordinarie ma subisce rapidi cambiamenti d'uso che spesso si concludono con l'impermeabilizzazione, ciò che altera i rapporti con gli altri comparti ecologici. Può essere mescolato con materiali e sostanze diverse che ne alterano il funzionamento. Infine, le attività industriali, il traffico, l'uso di combustibili e lo smaltimento dei rifiuti hanno spesso come conseguenza la contaminazione. I suoli urbani infatti risultano quasi sempre più contaminati di quelli che si trovano all'esterno delle aree metropolitane. E questo è particolarmente preoccupante considerando la particolare vicinanza tra suolo contaminato ed esseri umani che si verifica in una città. Sembra quindi che tutte le *minacce* alla conservazione del suolo che sono state riportate dalla Commissione Europea nella *Soil Thematic Strategy* (2006) cioè l'erosione, la perdita di sostanza organica, la compattazione, la salinizzazione, l'impermeabilizzazione e la contaminazione, siano attive in ambito urbano.

Nonostante questa situazione piuttosto critica, lo studio dei suoli urbani ha preso corpo soltanto verso la fine del secolo scorso e iniziano adesso ad esser resi noti i dati su varie città del mondo. Un'analisi comparativa di 95 città in ogni continente ha rivelato che i metalli, e in specie il piombo, sono un contaminante tipico dei suoli urbani ad ogni latitudine. Altrettanto si può dire degli idrocarburi anche se i dati non sono così numerosi. Sembra dunque che lo stato di contaminazione renda i suoli urbani molto più simili tra loro di quanto non siano simili a quelli delle aree che circondano le città.

I suoli in ambito urbano presentano alcuni problemi specifici che spesso limitano l'affidabilità e l'utilizzazione dei risultati. La naturale variabilità dei suoli viene intensificata dalle attività antro-

piche. Lo scavo, la redistribuzione e la miscelazione della matrice del suolo, l'aggiunta di materiale estraneo sono frequenti conseguenze dell'uso intensivo del territorio e dei rapidi cambiamenti d'uso. Se un'area viene impermeabilizzata le funzioni del suolo vengono limitate o bloccate e riprendono, modificate, quando la copertura viene tolta. Le caratteristiche del suolo possono essere quindi dovute a fenomeni che sono ben lontani da quelli naturali.

Alla variabilità spaziale, orizzontale e verticale, si aggiunge una distribuzione solitamente discontinua. Gran parte della superficie di una città è coperta da edifici, strade e infrastrutture cosicché le superfici di suolo esposto sono di dimensioni molto variabili e sono distribuite in modo imprevedibile. Il campionamento è quindi forzatamente limitato alle aree esposte. Può essere dunque difficile stabilire la rappresentatività di un sito rispetto all'intera area urbana.

Poiché, al contrario di altri comparti, come l'acqua o l'aria, il suolo è solitamente oggetto di proprietà privata accade spesso che in zona urbana certe aree siano inaccessibili per le indagini.

Infine, considerata l'elevata competizione tra usi diversi che è tipica delle aree urbane, l'uso del suolo cambia rapidamente e di tali cambiamenti è difficile che si riesca tempestivamente a tener traccia in mappe o foto aeree. Cosicché aree campionabili scompaiono e ne vengono esposte altre.

Lo studio dei suoli urbani deve ancora percorrere un lungo cammino che passa attraverso l'elaborazione di nuovi approcci concettuali, nuove metodologie, linee di intervento comuni e, soprattutto, attraverso il rafforzamento di un approccio sistemico, in stretta collaborazione con tutte le discipline che trattano l'ambiente urbano.

Figura 1 – Tipico profilo di un suolo urbano (sx); genesi di un suolo urbano tramite riporti per la costruzione di una aiuola artificiale (dx) (Foto Ajmone-Marsan)

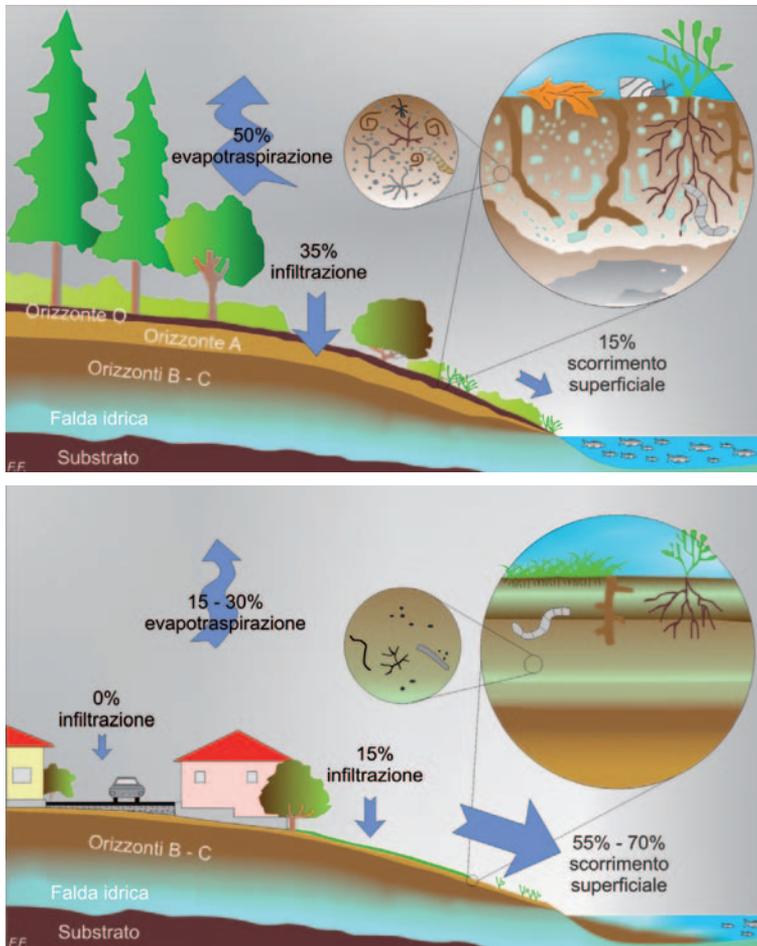


Bibliografia

European Commission, 2006. *Thematic Strategy for Soil Protection. COM(2006)231 final, 22.9.2006.* Brussels, Belgium

United Nations, 2006. *World Urbanization Prospects. The 2005 Revision. Data Tables and Highlights.* United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York, USA. 210 pp.

IL SUOLO E LE ACQUE METEORICHE



Un suolo in condizioni naturali è in grado, in funzione della sua porosità, permeabilità e umidità, di trattenere una grande quantità delle acque di precipitazione atmosferica contribuendo a regolare il deflusso superficiale. Al contrario, in un ambiente antropizzato, la presenza di superfici impermeabilizzate, la riduzione della vegetazione, l'asportazione dello strato superficiale ricco di sostanza organica e l'insorgere di fenomeni di compattazione determinano un grave scadimento della funzionalità del suolo. La diminuzione dell'evapotraspirazione e della capacità di assorbimento delle acque da parte del suolo generano un incremento dello scorrimento superficiale, con aumento dei fenomeni erosivi e trasporto nei collettori naturali di grandi quantità di sedimento, ed una riduzione dei tempi di corruzione. I valori riportati in Figura sono puramente indicativi. Essi variano, anche sensibilmente, in funzione di molteplici parametri (caratteristiche fisico-chimiche del suolo, topografia, geologia, durata e intensità delle precipitazioni, ecc.). (Immagine da: USDA, 2005 - *Urban soil primer, ridis. e modificata*; testo e grafica: F.Fumanti, ISPRA)

IL SUOLO NELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE; SINTESI DEL QUADRO NORMATIVO

MARCO DI LEGINIO & IRENE RISCHIA

ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia

Introduzione

L'attività di pianificazione si trova al giorno d'oggi a dover fare i conti con le necessità sempre crescenti di espansione in aree urbane e più in generale dell'antropizzazione del territorio e, contemporaneamente, a dover dare risposte concrete ed incisive alle esigenze ambientali più urgenti (ripristino di fasce fluviali, riutilizzo di aree libere, mantenimento delle aree verdi, recupero della permeabilità dei suoli), cercando di tutelare, in accordo con le diverse vocazioni agricole, le regole e i tracciati delle esistenti "reti ecologiche" e delle discontinuità abitative (Bedosti & Sacchetti, 2008).

I suoli, anche se non sempre in maniera visibile, condizionano fortemente gli altri elementi del paesaggio costituendo con gli stessi un insieme sociale. Nonostante ciò, la protezione del suolo soffre senza dubbio di un ritardo normativo rispetto ad altre componenti ritenute essenziali quali acqua ed aria e di una scarsa attenzione da parte dell'opinione pubblica (la consapevolezza verso le altre matrici è sicuramente maggiore visti i risvolti diretti sulla salute e sul benessere dei cittadini nei casi di inquinamento atmosferico o idrico). Inoltre la tendenza generalizzata a parlare di suolo e di difesa del suolo solo in seguito a catastrofi ambientali (vedi l'esempio eclatante di Sarno in Campania) favorisce una legislazione di emergenza che certamente non previene il problema ma cerca di arginarlo a danno avvenuto ed in cui il suolo vero e proprio, cioè lo strato superiore della crosta terrestre costituito da componenti minerali, organici, acqua, aria e organismi viventi (EC, 2006) viene puntualmente trascurato.

Riassumere in poche pagine l'intera normativa che riguarda più o meno da vicino la materia "suolo" è senz'altro un compito arduo. Nel presente contributo si cercherà dunque di fare una panoramica il più possibile completa sulla legislazione disponibile ai vari livelli amministrativi (europeo, nazionale, regionale e locale), con particolare riguardo agli aspetti maggiormente caratterizzanti gli ambiti urbani (consumo di suolo, impermeabilizzazione, contaminazione).

La normativa ai vari livelli amministrativi

L'importanza della protezione del suolo viene oggi riconosciuta sia a livello internazionale che nell'ambito dell'Unione Europea (EU). Il 22 settembre 2006 la Commissione europea ha adottato l'ultima strategia tematica riguardante la protezione dei suoli prevista nel sesto programma comunitario d'azione in campo ambientale che è stata poi bloccata da alcuni stati membri ed attualmente in fase di revisione e riproposizione. La strategia tematica è sostanzialmente composta da una Comunicazione della Commissione in cui vengono riconosciute al suolo molte funzioni vitali dal punto di vista ambientale (produzione di biomassa, stoccaggio e trasformazione di elementi minerali, organici e di energia, filtro per la protezione delle acque sotterranee, ecc.) e le relative minacce cui oggigiorno è sottoposto (compattazione, impermeabilizzazione, perdita di biodiversità, erosione, ecc.) e da una proposta di direttiva quadro fondata sul principio "*chi inquina paga*", sulla conservazione delle funzioni del suolo, sulla prevenzione del suo degrado, sul ripri-

stino dei suoli degradati e sull'integrazione di queste problematiche in altre politiche settoriali. Altro strumento finalizzato a contrastare fenomeni di degrado o quanto meno a mitigarne gli effetti rispetto ad alcune minacce individuate nella Comunicazione della Commissione (COM (2006) 231) è la Strategia tematica sull'ambiente urbano che affronta la riqualificazione e il riutilizzo delle aree dismesse, la pianificazione territoriale orientata al risparmio dello spazio allo scopo di ridurre l'impermeabilizzazione, garantendo allo stesso tempo un uso razionale dei terreni.

La confusione e la carenza legislativa che esiste a livello nazionale sul concetto di suolo e sotto-suolo è facilmente individuabile nel primo articolo della Legge quadro sulla difesa del suolo (L.183/89) in cui viene definito suolo *"il territorio, il suolo, il sottosuolo, gli abitati e le opere infrastrutturali"*, definizione ripresa integralmente anche nell'articolo 54 del D. Lgs. 152/06.

Un passo importante verso l'attenzione al "suolo" è stato effettuato dal "Codice dei beni culturali e del paesaggio" n. 42/2004 nel testo del 2008. Il Codice attribuisce al piano paesaggistico, oltre alla tutela dei *"beni paesaggistici"* e alla riqualificazione delle aree degradate, anche il compito di definire *"apposite prescrizioni e previsioni"* orientate *"alla salvaguardia delle caratteristiche paesaggistiche degli "altri" ambiti territoriali, assicurando, al contempo, il minor consumo del territorio"*. Quest'ultima finalità sottolinea l'importanza del suolo (dalle cui funzioni dipendono condizioni di sopravvivenza, salute ecc. dell'intero contesto ambientale) ponendolo sullo stesso piano di altre ben note emergenze ambientali quali fiumi, laghi, mari, boschi.

Con il conferimento agli enti locali delle funzioni e compiti amministrativi in tema di territorio, ambiente ed infrastrutture (D.Lgs 152/98), assumono particolare importanza i Piani Territoriali Regionali (PTR), strumenti in grado di definire i meccanismi di cooperazione istituzionale necessari per garantire la coerenza di piani, programmi e interventi da attuare sul territorio.

All'interno dei PTR approvati da alcune regioni, tra i vari obiettivi, ce ne sono alcuni utili anche per quei suoli posti in prossimità di centri urbani (contrasto dell'erosione attraverso una gestione oculata del territorio, limitazione all'espansione di aree urbane ed industriali per contenere l'aumento delle superfici impermeabili, controllo della qualità delle sostanze utilizzate sul suolo per evitare fenomeni di contaminazione diffusa, contrasto all'aumento del rischio di salinizzazione). Esiste un legame molto stretto tra i suddetti piani e i Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale (PTCP) dove il discorso relativo alla protezione e tutela del suolo si ancora più approfondito. Il ruolo che la pianificazione provinciale può svolgere per la tutela del suolo è da considerarsi strategico anche alla luce dell'art. 57 del D. Lgs. 112/1998, nel quale si stabilisce che le regioni possono prevedere che i PTCP assumano il valore e gli effetti dei piani di tutela nei settori della protezione della natura, della tutela dell'ambiente, delle acque e della difesa del suolo e della tutela delle bellezze naturali. Nei PTCP viene analizzata ed esaminata la vocazione e l'idoneità dei suoli a certi usi (per esempio tramite la loro capacità d'uso) e vengono stabiliti dei criteri e delle norme per limitare l'incremento di territorio urbanizzabile cercando di limitare fenomeni di perdita di suolo (vedi anche, in questo volume, gli articoli di Brenna & Fasolini e di Gennaro *et al.*).

A livello urbano, invece, le scelte di uso del territorio spettano alla pianificazione urbanistica comunale, che deve comunque tener conto delle valutazioni fatte nei piani precedentemente elencati. In questo contesto gli aspetti relativi al consumo di suolo e al suo possibile degrado vengono trattati principalmente all'interno dei Piani di Assetto Territoriali Comunale, i Piani Regolatori Generali (PRGC), i Piani Strutturali Comunali (PSC) ed i Regolamenti Urbanistici ed Edilizi (RUE).

Conclusioni

La pianificazione territoriale ed urbanistica ha il compito di rendere compatibili i cambiamenti di uso del suolo richiesti dalle esigenze di sviluppo del sistema produttivo e di soddisfacimento dei bisogni abitativi con la tutela delle funzioni ambientali del suolo.

Efficaci azioni di tutela possono derivare solo da un'effettiva integrazione tra i contenuti dei diversi piani/programmi e dal coinvolgimento reale di tutti i soggetti istituzionali (Province,

Comuni, ecc.) puntando magari su alcuni aspetti importanti e di maggior richiamo quali il tasso di erosione (maggiore rischio di perdita di fertilità, aumento del potenziale distruttivo delle inondazioni), il contenuto in sostanza organica (sottolineando l'importanza del suolo come maggiore contenitore di carbonio del pianeta e il suo prezioso ruolo nella cattura dell'anidride carbonica atmosferica) e l'impermeabilizzazione dei suoli (importanza della capacità d'uso dei suoli come strumento da inserire a pieno titolo nei piani regolatori e nella pianificazione territoriale come sono riusciti a fare alcuni paesi europei che hanno definito cartograficamente i territori non più utilizzabili per nuove opere).

Bibliografia

- Barberis R., A. Di Fabbio, M. Di Legnino, F. Giordano, L. Guerrieri, L. Leoni, M. Munafò & S. Viti, 2006. *Impermeabilizzazione e consumo dei suoli nelle aree urbane*. In "Qualità dell'ambiente urbano – III Rapporto APAT" – APAT 2006: 631-650
- Bedosti R. & F. Sacchetti, 2008. *Anche il suolo che tutto sottende*. Atti Convegno *La protezione del suolo. Verso l'integrazione tra le strategie tematiche regionali*, Bologna 27-28 novembre 2008.
- Boni I., 2008. *La protezione del suolo, legislazione italiana e regionale*. Atti Convegno *La protezione del suolo. Verso l'integrazione tra le strategie tematiche regionali*, Bologna 27-28 novembre 2008.
- Coscioni F., Turco, Beltrandi, Bernardini, Mecacci, Zamparutti, 2008. *Disposizioni per la protezione del suolo*. Proposta di legge, Atti Parlamentari Camera dei Deputati N. 274
- Di Lorenzo A. & di Gennaro A., 2008. *Una campagna per il futuro. La strategia per lo spazio rurale nel Piano Territoriale della Campania*. CLEAN Edizioni.
- European Commission, 2005. *COM (2005) 718 final, Thematic Strategy on the Urban Environment*
- European Commission, 2006. *COM(2006) 232 final. Establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC*.
- Marmo L., 2007. *La strategia tematica per la protezione del suolo e la proposta di direttiva quadro della commissione europea*. *Rivista Giuridica dell'Ambiente*, 1/2007, 175-180

LA FUNZIONE SOCIALE DEL SUOLO: IL CASO DELLE AREE VERDI URBANE E PERIURBANE

ANNA CHIESURA* & GIOVANNI SANESI**

* ISPRA – Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

**DSPV – Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Università di Bari

Introduzione

Il suolo è “una risorsa non rinnovabile, un sistema dinamico che svolge molte funzioni e fornisce servizi fondamentali alle attività umane ed alla vita degli ecosistemi” (Commissione Europea, 2006). Tali importanti funzioni riguardano sia i servizi ambientali (produzione di biomassa, stoccaggio e trasformazione di elementi minerali, organici e di energia, mitigazione dell'inquinamento atmosferico, depurazione delle acque, etc.), sia le funzioni culturali e sociali che forniscono benefici alla vita e alle attività dell'uomo (svago e ricreazione, salute psico-fisica, qualità estetica e identità del paesaggio, etc.).

Nelle aree urbane e periurbane le funzioni ed i servizi ambientali del suolo assumono particolare rilievo, persino maggiore di quello svolto in ambiti naturali o seminaturali. Negli agglomerati urbani, infatti, sono maggiori le pressioni ambientali che il suolo deve sostenere a causa delle varie attività legate al funzionamento delle comunità antropiche (contaminazione da traffico, aree industriali, smaltimento rifiuti, etc.), e quindi particolarmente preziose sono le sue funzioni ecologiche ed ambientali (le cosiddette *sink functions*, collegate alla degradazione e assimilazione di inquinanti). Tuttavia, se si considera che entro il 2020 circa l'80 % degli europei vivrà in aree urbane e che in 7 paesi tale proporzione salirà al 90 % (EEA, 2006), appare evidente come il suolo assuma - in tali contesti - anche importanti funzioni sociali ed economiche, in quanto fonte di servizi e benefici per la qualità della vita e lo sviluppo umano (*source functions*).

La funzione sociale dei suoli urbani

In questo contributo l'analisi è rivolta alla funzione sociale delle aree verdi urbane; vale a dire quella tipologia di suoli urbani essenzialmente ineditati, caratterizzati dalla scarsa o nulla presenza di superfici impermeabilizzate, rappresentati da aree vegetate aperte al pubblico e fruibili dalla cittadinanza per usi ricreativi di vario tipo. Tali aree sono previste dalla legislazione urbanistica nazionale (D.L. 1444/68) e la loro realizzazione è spesso associata al loro ruolo di “servizio alla collettività” proprio in ragione della loro funzione sociale e ludico-ricreativa¹. Si pensi qui ai giardini di quartiere, agli spazi verdi attrezzati con aree dedicate al gioco dei bambini, ma anche alle aree di maggiori dimensioni, come i parchi urbani e periurbani (sebbene questi ultimi a maggiore funzione ecologica ed ambientale).

¹ Nel corso della seconda metà del XX secolo, a seguito del veemente processo di urbanizzazione, si sono affermati i paradigmi dell' “urbanistica funzionale” che ha previsto, a partire dal 1968, l'applicazione - nella progettazione e realizzazione degli spazi urbani - di standard minimi anche per quanto riguarda il verde. A distanza di quaranta anni è possibile evidenziare il limite dell'imposizione di standard a prevalente fine quantitativo: occorrerebbero, infatti, standard di tipo qualitativo che dimostrino la reale efficacia degli spazi verdi urbani nello svolgere le funzioni assegnate (Sanesi, 2008).

I parchi e i giardini, strutturati ed organizzati all'interno delle diverse parti che compongono le aree urbanizzate, permettono l'emozione e l'evasione, conciliano funzioni urbane ed estetiche, assolvendo a ruoli ornamentali e sociali (Fonti, 2008). Il concetto stesso di qualità urbana e di qualità della vita sociale deriva da un delicato equilibrio tra forma fisica e valutazione estetica, fruizione ed emozione, percezione individuale e sociale (Belgiojoso, 1985). Peraltro il concetto di qualità della vita urbana è al centro dei processi di Agenda 21 Locali, dove le aree verdi sono spesso considerate elementi qualificanti per il miglioramento della vita nelle città (Sanesi & Laforteza, 2002).

Molte sono le fonti bibliografiche che testimoniano degli importanti benefici psicologici, sociali e ricreativi derivanti dalla fruizione di parchi urbani. In Italia, già a partire dagli anni 1930, si è cominciato a discutere dell'importanza di disporre di aree verdi a servizio dei cittadini (Pavari, 1933), ma è soprattutto a partire dalla fine degli anni 1970, che, a livello internazionale, numerosi autori iniziano a studiare e a dimostrare il ruolo del verde pubblico nel favorire l'integrazione sociale, la coesione delle comunità, la promozione del gioco e del movimento, la salute fisica e mentale. In uno studio condotto su alcuni studenti americani è stato rilevato che, già dopo un periodo di 4-6 minuti di osservazione dell'ambiente naturale, si riduceva il livello di stress poiché si verificava un abbassamento della pressione sanguigna e una diminuzione della tensione muscolare (Ulrich, 1979). Altri autori hanno accertato che anche solo la vista del verde accelera il recupero dalla malattia (O'Keefe, 1996; Tyson, 1998; Kaplan & Kaplan, 1990, Ulrich, 1984). La ricerca medica ha poi in seguito accertato l'azione terapeutica e riabilitativa dovuta alla fruizione degli spazi verdi².

La multifunzionalità delle aree verdi urbane (Chiesura, 2008), gli aspetti percettivi e relazionali e quanto possa riguardare la salute umana stanno godendo di una certa considerazione a livello scientifico nazionale, specie negli ultimi anni (Bonaiuto & Bonnes, 2002, Ferrini *et al.* 2002, Bonaiuto *et al.* 2003, Sanesi *et al.* 2006, Bonnes *et al.* 2007).

La Commissione Europea ha finanziato negli anni passati un progetto di ricerca volto a valutare i benefici sociali della natura in diversi parchi pubblici di tre città europee: Amsterdam, Parigi e Siviglia (vedi Figure 1 e 2). La ricerca, condotta attraverso questionari distribuiti ai visitatori dei parchi pubblici (per un totale di oltre 1000 rispondenti), era finalizzata, tra l'altro, alla comprensione della qualità dell'esperienza con la natura, delle motivazioni e dei bisogni che spingono i cittadini a frequentare tali aree, e dei benefici percepiti. In Chiesura (2004) è riportata l'analisi condotta per la città di Amsterdam (n = 467). Alla domanda "*Perché è venuto/a qui?*", le risposte più frequenti in ordine decrescente sono state:

- per rilassarmi (73%);
- per sentirmi in mezzo alla natura (54.4%);
- per fuggire dallo stress della città (32.2%);
- per giocare con i bambini (20%)

Tali risultati confermano la funzione rigenerativa e ricreativa dei parchi, in quanto spazi capaci di rilassare e di offrire occasioni di fuga dalla routine quotidiana e dai ritmi frenetici delle città, per dedicarsi alla riflessione o alle persone care (giocare con i propri figli, incontrare amici, etc). L'indagine ha cercato poi di capire quale fosse la "dimensione emozionale" dell'esperienza a contatto con la natura, tradotta nel questionario con la domanda "*Quali sensazioni le evoca lo stare a contatto con la natura?*". Il sentimento di libertà è stato quello citato più di frequente (64%), seguito da "Unione con la natura", "Felicità", "Unione con me stesso/a".

Infine, si è cercato di capire in che modo l'esperienza in natura contribuisse a migliorare la percezione della qualità della propria vita. Dall'analisi delle risposte (aperte) pervenute, è stato possibile identificare dei benefici diretti soprattutto in termini di possibilità di:

² Vedasi il ruolo terapeutico riconosciuto al verde nella moderna progettazione degli ospedali, come nel caso del nuovo reparto oncologico di Carrara, o del nuovo ospedale pediatrico di Firenze (qui è stata addirittura coinvolta la figura dello psicologo ambientale nell'equipe di progettazione).

- ristabilire un equilibrio psico-fisico attraverso l'esperienza all'aria aperta e nel verde (effetto "ristoratore");
- "staccare la spina" con la vita stressante della città, dimenticare le preoccupazioni e liberare la mente da ogni pensiero (effetto di "svago" e di fuga);
- entrare in una dimensione intima quasi spirituale per ritrovare l'essenza e i valori veri della vita (effetto "spirituale").

Alla domanda "*Quanto importanti sono queste sensazioni per il suo benessere?*" il 60% circa degli intervistati ha risposto con Molto importanti/essenziali, a conferma dell'importanza dell'esperienza diretta con la natura in città per la qualità della vita³.

A livello italiano sono da segnalare, tra le altre, le ricerche effettuate a Bari e Roma. Nel primo caso (Sanesi & Chiarello, 2006), attraverso la somministrazione di questionari per telefono (n = 351) è stato possibile stimare la percezione verso parchi e giardini dei cittadini di una delle città più povere di verde. I risultati mostrano come i baresi credano che poter disporre e accedere ad aree verdi migliori chiaramente la qualità della vita. In particolare per i giovani è prioritario il ruolo di ritrovo e di aggregazione sociale. Nel caso di Roma (Carrus *et al.* 2003), sempre attraverso l'impiego di questionari, ma in questo caso compilati alla presenza dell'intervistato (n = 483), è stato messo invece in evidenza che un'ampia disponibilità (quantitativa e qualitativa) di aree verdi porta ad avere un'elevata frequentazione ed una più alta soddisfazione nei confronti di questi spazi.

Figura 1 – Relax e natura in un parco urbano di Amsterdam (sx) e Siviglia (dx)



Conclusioni

Il suolo urbano - qui identificato con aree verdi a fruizione pubblica - riveste importanti funzioni ambientali, sociali ed economiche. Il presente contributo ha voluto evidenziare gli importanti benefici del verde urbano e periurbano per la qualità della vita umana e la sostenibilità sociale delle città contemporanee. Numerosi studi nazionali e internazionali hanno dimostrato che gli spazi verdi costituiscono un elemento qualificante del nostro vivere e hanno benefici diretti sulla percezione dello nostro stato di salute e di benessere psico-fisico. Tali benefici contribuiscono a miglio-

³ Altro progetto europeo da segnalare è l'azione Cost E 39 "Forests, trees and human health and wellbeing" (www.e39.ee).

rare oltre che la salute (intesa come equilibrio psico-fisico) individuale dei cittadini, anche la qualità delle loro relazioni inter-personali, il loro funzionamento e sviluppo, influenzando a cascata la società nel suo insieme. Gli studi dimostrano anche che, affinché gli spazi verdi delle città possano continuare a elargire i loro benefici alla società, occorre disporre in quantità e qualità adeguate. Se l'importanza delle aree verdi per l'ambiente urbano e la vivibilità è riconosciuto e acquisito almeno nel principio, nella pratica della gestione e della pianificazione del territorio occorre probabilmente un maggiore impegno nel riconoscere e valorizzare la funzione sociale delle aree verdi cittadine come elemento strategico per la sostenibilità locale.

Bibliografia

- Belgiojoso A.B., 1985. *Una metodologia per la qualità urbana*. Unicopli Ed., Milano.
- Bonaiuto M. & Bonnes M., 2002. *Residential satisfaction in the urban environment within the UNESCO-MAB Rome Project*. In: Aragonés J.I., Francescato G., Garling T. (Eds.), *Residential Environments. Choice, Satisfaction and Behavior*. Bergin & Garvey, Westport, Connecticut, 101–133.
- Bonaiuto M., Fornara F. & Bonnes M., 2003. *Indexes of perceived residential environment quality and neighbourhood attachment in urban environments: a confirmation study on the city of Rome*. *Landscape and Urban Planning*, 65, 41–52.
- Bonnes M., Uzzell D., Carrus G. & Kelay T., 2007. *Inhabitants' versus experts' assessment of environmental quality for urban sustainability*. *Journal of Social Issues*, 63, 59-78.
- Carrus G., Fornara F. & Bonnes M., 2003. *Percezione e valutazione delle aree verdi nella città di Roma*. In: Baroni M.R. & Falchero S. (Eds.), *Psicologia ambientale e dintorni. Ricordo di Mimma Peron*. CLEUP, Padova, 265–270.
- Chiesura A., 2004. *The role of urban parks for the sustainable city*. *Landscape and Urban Planning*, 68, 129-138.
- Chiesura A., 2008. *Gestione ecosistemica delle aree verdi urbane: analisi e proposte*. ISPRA - Rapporto tecnico.
- Commissione Europea, 2006. *COM(2006) 232 final. Establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC*.
- EEA (European Environmental Agency), 2006. *La sovraccrescita urbana in Europa*. EEA Briefing 04.
- Ferrini F. & Pisani Barbacciani P.L., 2002. *Uomo e piante, aspetti culturali, psicofisici e salutisti*. Atti Conferenza Nazionale sul Verde Urbano. Accademia dei Georgofili, Firenze 9-10 ottobre, 2002.
- Fonti L., 2008. *Parchi, reti ecologiche e riqualificazione urbana*. Alinea Ed.
- Kaplan R. & Kaplan S., 1990. *Restorative experience: the healing power of nearby nature*. In: Francis M. & Hester R., *The meaning of gardens*, pp. 238-243, Cambridge, MIT Press.
- O'Keefe E., 1996. *Health promotion design on darkest Surrey*. *Health promotion*, September, 5-6.
- Pavari A., 1933. *Castelfusano: grande parco dell'Urbe*. *L'Alpe*, (XX) n. 8-9:297-310.
- Sanesi G. & Laforteza R., 2002. *Verde urbano e sostenibilità: identificazione di un modello e di un set di indicatori*. *Genio Rurale-Estimo e Territorio*. vol. 9, 3-11.
- Sanesi G. & Chiarello F., 2006. *Residents and urban green spaces: the case of Bari*. *Urban Forestry & Urban Greening* 4, 124–134.
- Sanesi G., Laforteza R., Bonnes M. & Carrus G., 2006. *Comparison of two different approaches for assessing the psychological and social dimensions of green spaces*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 5, 121-129.
- Sanesi G., 2008. *Orizzonti e specificità della selvicoltura urbana a livello italiano e mediterraneo*. Atti del III Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina 16-19 ottobre 2008.
- Tyson M., 1998. *The healing landscape: therapeutic outdoor environments*. McGraw Hill, New York.
- Ulrich R.S., 1979. *Visual landscapes and psychological wellbeing*. *Landscape research* 4, 17-19.
- Ulrich R.S., 1984. *View through a window may influence recovery from surgery*. In: *Science Magazine*. American Association for the Advancement of Science, April '84.

IL SUOLO URBANO E LA CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE: IL FORO DI AUGUSTO IN ROMA

ANDREA DI FABBIO*, MAURO LUCARINI* & RICARDO STOCCO**

* ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo

** Archeometra S.r.l.

Introduzione

Il suolo è un elemento fortemente caratterizzante il paesaggio cui appartiene, capace di registrare nel tempo molte dinamiche, tra cui quelle relative all'occupazione umana del territorio in cui è inserito. E' in una visione così ampia che gli si riconosce il ruolo di "cassaforte" di molti reperti archeologici, paleontologici e paleontologici che possono essersi accumulati su un sito pedologico, o che possono essere connesse a quel sito, o funzionalmente dipendenti, tanto da poterlo considerare a tutti gli effetti, anche quelli giuridici, un "bene culturale" (Arnoldus- Huyzenveld *et al.*, 1995).

Sostanzialmente nei suoli antropizzati la presenza di insediamenti archeologici può consentire di porre in luce quei tratti paesaggistici indotti dall'uomo (ad es. disboscamenti intensivi, pratiche agricole, bonifiche, altri particolari usi del suolo) utili a stimare l'uso del territorio da parte delle passate comunità. Ciò permette di valutare, a livello macroscopico, le grandi modificazioni funzionali e dimensionali dell'abitato nel tempo, in stretto rapporto con il contesto territoriale permettendo analisi finalizzate a ricostruzioni paleoambientali dell'intero bacino in cui ricade.

Una buona conoscenza dei processi del suolo permette di trarre informazioni aggiuntive dalle caratteristiche stesse del suolo in relazione ad una analisi più prettamente archeologica. Anche se non esiste un protocollo analitico standardizzato, differenti tipi di analisi possono essere applicati a situazioni diverse, a seconda delle informazioni che si vogliono ricavare. Ad esempio è possibile applicare tutta una serie di analisi tessiturali che permettono di determinare la granulometria dei sedimenti connessi ai siti archeologici, lo scopo di tali analisi è quello di diagnosticare l'ambiente deposizionale del sedimento.

Molti tipi di analisi chimiche sono stati utilizzati per lo studio di suoli e sedimenti archeologici. Il frazionamento degli acidi umici è stato utilizzato per distinguere la natura, antropogena o vegetale di suoli umiferi sepolti. Un'analisi come quella del fosforo è spesso utilizzata per riconoscere suoli che abbiano subito una frequentazione più o meno intensa da parte dell'uomo. Di sicura utilità nell'interpretazione di suoli archeologici e sedimenti è l'applicazione ad ogni situazione di un semplice trend analitico: la determinazione con tecniche standard del contenuto di sostanza organica, dell'ammontare di carbonato di calcio e del pH (Cremaschi, 1990). Le variazioni di sostanza organica e carbonato di calcio possono fornire dati sulla presenza di suoli sepolti all'interno di successioni archeologiche e su importanti processi pedogenetici quali la decarbonatazione e al contrario l'accumulo del carbonato di calcio, che testimoniano un importante controllo climatico. Il pH può dare indicazioni, sia pure approssimative, sullo stato del complesso di scambio nei suoli e sul tipo di processi in atto negli stessi.

Analisi di tipo mineralogico sono normalmente condotte su minerali pesanti e minerali argillosi. Lo studio della frazione sabbiosa fornisce utili notizie sulla provenienza dei sedimenti, sulle alte-

razioni pedogenetiche e sull'agente di trasporto. Ulteriori possibilità offre lo studio dei minerali pesanti da cui è possibile trarre informazioni sulla provenienza dei sedimenti perché sufficientemente differenziati a seconda delle rispettive paragenesi. Inoltre, i minerali pesanti rispondono in modo differenziato all'alterazione pedogenetica e possono quindi essere utilizzati per mettere a punto degli indici di alterazione utilizzata sia per determinare la provenienza dei sedimenti, sia i processi pedogenetici da essi subiti.

La micropedologia, cioè l'osservazione di sezioni sottili di campioni indisturbati di suolo sta affermandosi anche nello studio dei depositi archeologici. I vari componenti del suolo possono così essere osservati nelle loro relazioni originarie (grani di scheletro, plasma, vuoti, figure pedologiche, etc.). La loro natura ed i loro rapporti permettono di ricostruire, talora in grande dettaglio, i processi pedologici e sedimentari avvenuti all'interno del suolo e molti segni dell'intervento dell'uomo.

Il Foro di Augusto

I concetti summenzionati sono stati applicati ad un particolare caso di suolo urbano rinvenuto nel Foro di Augusto in Roma, nel corso di una campagna di scavi archeologici condotta nell'estate del 2005. Una delle evidenze stratigrafiche di maggior interesse individuate nel corso dell'intervento di scavo al Foro di Augusto è sicuramente rappresentata da una serie di potenti orizzonti a tessitura fine (definiti "complesso US 725", Fig. 1), al di sopra dei quali venne impostato il grande cantiere edilizio del cosiddetto "Quartiere Alessandrino" (secolo XVI-XVII).

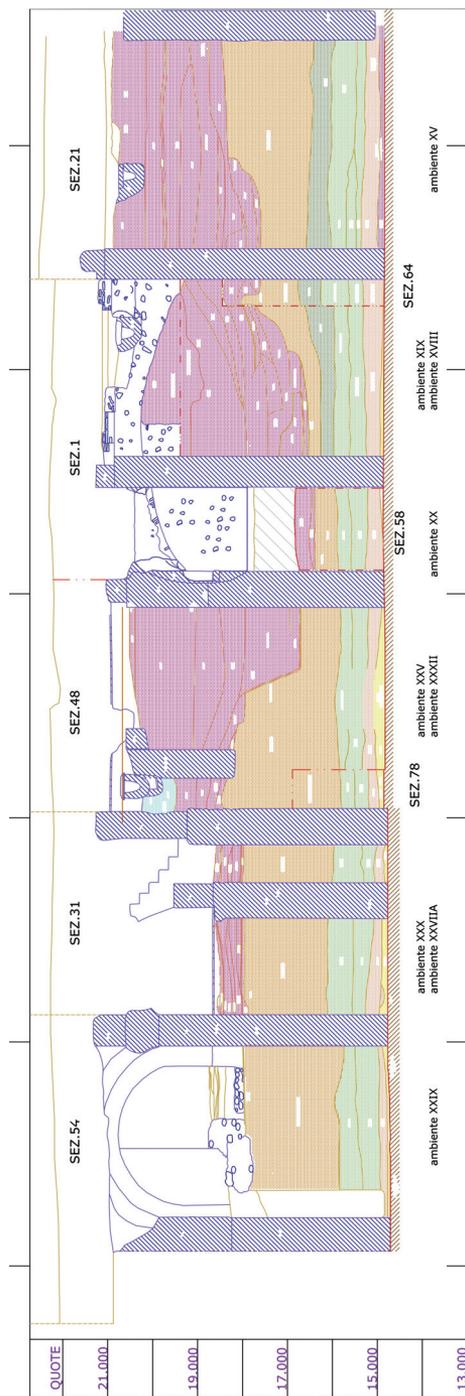
Figura 1 - Solum 725 B: come tutti gli altri sola rinvenuti nell'area del Foro di Augusto, è ascrivibile al "complesso US 725", caratterizzato da una serie di potenti orizzonti a tessitura fine.



Sin dal momento della loro prima individuazione, tali orizzonti, ampiamente presenti su tutto il settore occidentale dell'area di scavo (dove il deposito stratigrafico non risultava intaccato in profondità dai vani interrati dei palazzi del quartiere summenzionato), venivano ipoteticamente assimilati alle risultanze stratigrafiche dei processi deposizionali connessi alla grande area paludosa dei cosiddetti "Pantani", ben noti dalle fonti antiche e oggetto di diffusa trattazione nella letteratura storico-archeologica relativa all'area dei Fori Imperiali in Roma¹.

¹ Per un inquadramento generale dell'area dei "Pantani" e delle principali vicende urbanistiche post-antiche ad essa connesse si rimanda a Passigli (1989).

Figura 2 – Stralcio di sezione NNW-SSE dell'area del Foro di Augusto; in arancio il complesso in oggetto (Fonte Archeometra).



Le tecniche geopedologiche di supporto ai sondaggi archeologici hanno permesso di fornire, dopo l'individuazione di tutte le possibili evidenze di correlazione stratigrafica, la descrizione e la caratterizzazione del complesso stratigrafico in questione e di formulare, infine, anche sulla scorta dei risultati ottenuti dalle analisi di laboratorio, una preliminare proposta interpretativa sulla genesi formativa del deposito, inquadrata in uno specifico contesto "paleoambientale".

Il complesso stratigrafico in esame è stato osservato e descritto in momenti e in punti diversi dell'area di scavo, mano a mano che si procedeva con l'apertura e la messa in sicurezza dei diversi ambiti di intervento². Come per altre serie stratigrafiche analizzate e studiate nel corso dei lavori, anche per il complesso in esame sono stati utilizzati riferimenti stratigrafici diversi, a seconda del settore di scavo all'interno del quale si operava. Nello stralcio riportato in Fig. 2 si ha un'idea del complesso in questione.

Scopo dello studio geopedologico condotto era quello di costruire una pedostratigrafia di riferimento per l'area, che tenesse conto dei rapporti stratigrafici tra un *solum*³ e l'altro con le strutture sepolte. Lo studio pedologico si è basato sull'analisi di profili di suolo costituenti le sezioni pedostratigrafiche di riferimento dei diversi ambiti indagati (Angelelli & Dowgiallo, 1989). Per la denominazione dei vari *sola* si è adottata la numerazione in unità stratigrafiche (US) definita in corso di scavo.

I campioni prelevati (i profili sono stati descritti e campionati per orizzonti di suolo) sono stati sottoposti alle analisi

² Il deposito in questione non è stato infatti mai esposto realmente "in fase", su tutta l'area di scavo, per specifiche esigenze di cantiere e problematiche di sicurezza.

³ Per *solum* si intende l'insieme degli orizzonti; plurale, *sola* (Minieri & Terribile, 2004).

chimiche e fisico-chimiche secondo le metodiche MiPAF⁴, ad eccezione dell'analisi dei fosfati in acido citrico. I saggi effettuati hanno riguardato la determinazione del colore ad asciutto (Masatada, 1970), del pH, della granulometria e della tessitura, del carbonio organico-sostanza organica. Per l'analisi dei fosfati solubili in acido citrico si è adottato invece il metodo proposto nel *Soil Survey Laboratory Methods Manual*⁵.

Il set di analisi è stato scelto con l'idea che poteva essere sufficiente per chiarire sia la somiglianza dei campioni tra di loro, sia l'identità della US 725 anche dal punto di vista chimico-fisico. L'aggiunta di un'analisi come quella dei fosfati solubili in acido citrico, non considerata di *routine* né per gli scopi della pedologia classica né per quelli agronomici, ha apportato ulteriori informazioni sulla frequentazione antropica dei terreni riferibili alla US 725 e sul loro possibile utilizzo. Di seguito si fornisce una breve sintesi dei dati osservazionali relativi ai diversi *sola* analizzati in scavo, integrati con le analisi di laboratorio dei corrispondenti campioni (Di Fabbio & Lucarini M, 2005; Di Fabbio, 2006).

Per la descrizione morfologica dei profili analizzati si sono seguiti i normali metodi del rilevamento pedologico (Cremaschi, 2000; Reed *et al.*, 2000).

Interpretazione dei dati

L'analisi morfologica condotta sul campo ben evidenzia le somiglianze tra *sola* osservati e campionati: salvo minime variazioni di alcuni caratteri, tutti i *sola* in oggetto sono ascrivibili a uno stesso complesso denominato "US 725". Il confronto tra i diversi *sola* ha permesso quindi di ricostruire il profilo "tipo" del deposito in esame, definendo in modo univoco le sue caratteristiche. Allo stesso modo dell'osservazione morfologica, le analisi chimico-fisiche e chimiche di routine danno un'ulteriore *set* di caratteri, relativi al "complesso US 725", che convalidano l'ipotesi di estrema similarità di quanto scavato.

La ricostruzione pedologica diventa allora fondamentale, fornendo agli studiosi uno strumento di confronto che supera la componente di soggettività del singolo rilevatore, in quanto rappresenta un più che valido ausilio per la futura ricerca archeologica, ed inoltre:

- all'interno della stessa area di scavo ha consentito, e consentirà, qualora ve ne fosse bisogno, di riconoscere il complesso in questione con grande affidabilità;
- permetterà di riconoscere con sicurezza i depositi aventi le stesse caratteristiche in aree di scavo limitrofe.

Come già accennato, sin dal momento della sua prima individuazione il deposito in esame veniva ipoteticamente riferito alla grande area paludosa dei cosiddetti "Pantani", un ambito -ben noto dalle fonti antiche e oggetto di diffusa trattazione nella letteratura storico-archeologica relativa all'area dei Fori⁶- che costituiva di per sé un basso morfologico alle pendici dei colli Quirinale, Viminale ed Esquilino, in corrispondenza di quello che doveva essere stato il punto di uscita a valle del corso del torrente *Spinon*, di arcaica memoria.

A prescindere dalle specifiche interpretazioni, praticamente tutte le fonti storiche, anche riferite a epoche diverse, descrivono l'area in oggetto come una zona paludosa influenzata dall'azione di uno o più corsi d'acqua. L'ubicazione sfavorevole e la presenza di ampie zone disabitate o incolte sono chiaro indice del fatto che i "Pantani" non hanno rappresentato, per lunghi periodi, un'area con condizioni ottimali per un adeguato sviluppo urbanistico. Questo quadro è frutto della concomitanza della conformazione topografica depressa del settore in discorso, dell'assenza di un

⁴ *Metodi di Analisi Chimica del Suolo*, in Violante coord., 2000; *Metodi di Analisi Fisica del Suolo*, in Pagliai coord., 2000.

⁵ *Chemical Analyses - Citric Acid Extractable Phosphorus (6S)*, 1996.

⁶ Cfr. *supra*, nota n°2

drenaggio efficace e di probabili effetti ascrivibili all'intasamento della *Cloaca Maxima* che hanno portato, nel tempo, proprio al conio del toponimo "Pantani": un'area interessata da ristagni più o meno persistenti, che la rendevano malsana ed acquitrinosa, dandole l'aspetto di una palude per buona parte dell'anno.

Se gli esiti formativi riferibili a questo particolare ambiente possono, per certi versi, essere riconosciuti, a tratti, anche nella sequenza stratigrafica del periodo storico precedente, la genesi del complesso "a fanghi", in esame, sembrerebbe riconducibile ad un unico importante episodio di esondazione, capace di mettere in posto sedimenti a carattere prevalentemente limoso, come l'analisi delle tessiture ha ben evidenziato.

L'esondazione sarebbe andata ad alimentare la prospiciente zona depressa e impaludata, lasciando depositare i sedimenti limosi costituenti così un unico livello alluvionale con forma simile a ventaglio (deposito da esondazione), almeno per quanto riguarda l'area del Foro di Augusto. Questa ipotesi sembrerebbe avvalorata dal fatto che l'analisi morfologica dei *sola* non ha evidenziato strutture riconducibili a fasi deposizionali diverse al loro interno.

Tutto ciò sarebbe avvenuto in una zona in cui questo tipo di eventi era da considerarsi la normalità e dove la condizione dell'impaludamento era complicata dalla presenza di risorgive il cui contributo, all'epoca, non è quantificabile e localizzabile in modo più puntuale.

Per area impaludata non si intende però un settore perennemente sommerso. Nel periodo estivo, infatti, molto probabilmente il minor apporto meteorico faceva sì che la zona fosse meno alimentata e, quindi, asciutta in parte. Questa ipotesi è suffragata dall'analisi del colore della "US 725" e dalla presenza di figure pedologiche come le screziature nei diversi *sola*.

I colori riscontrati durante i rilievi non indicano, in linea generale, sedimenti sommersi o con falde permanentemente al livello del piano campagna. Le screziature depongono piuttosto a favore di una situazione con falde oscillanti o che manifestano, per problemi di drenaggio, un ristagno idrico (idromorfia). In questi frangenti si instaurano condizioni che portano all'alternanza tra periodi di ossidazione e di riduzione (ossia di scarsa disponibilità di ossigeno), con questi ultimi tipici del periodo invernale e con i primi attivi nel periodo estivo secco, tipico del clima mediterraneo. Il risultato di tale processo è la formazione di zone di colore diverso rispetto alla matrice, denominate appunto screziature, di colore rosso e grigio.

I suoli della zona dovevano avere una modesta evoluzione, come suggerito dall'analisi del *solum* 725, meglio conservato dal punto di vista pedologico. Con tutta probabilità, il profilo era di tipo A-C, con orizzonte A leggermente più strutturato e con incremento della sostanza organica dovuto agli apporti di consorzi vegetali a specie igrofile o che comunque non subivano danni agli apparati radicali frequentemente sommersi.

Anche il dato sui fosfati pare confermare l'ipotesi di un'area decisamente poco consona all'attività dell'uomo. In tutti i campioni il limite per cui, secondo il *Soil Survey Laboratory Methods Manual*, si può parlare di un *epipedon* antropico non è raggiunto: ciò dimostra che questi terreni non hanno assistito ad una frequentazione intensa da parte dell'uomo o, quantomeno, che il periodo in cui ebbe luogo un ipotetico utilizzo non è stato abbastanza lungo o, ancora, che tale uso non è stato decisamente di tipo agricolo.

Conclusioni

L'esperienza riportata in questo lavoro vuole segnalare come, nel contesto delle scienze tradizionalmente applicate ai fini archeologici, l'utilizzo delle Scienze della Terra ed in particolare quello della Scienza del Suolo, può portare ad una più corretta ed efficace interpretazione dei dati archeologici. Il contributo è quello di evidenziare le tracce materiali dei processi indotti dall'uomo distinguendo quanto è artefatto da quanto è naturale e di ricostruire in quale contesto geografico fisico questi siano avvenuti. Si potrà procedere allora ad incrociare i dati gearcheologici con quelli più strettamente archeologici al fine di inferire le scelte che le comunità archeologiche hanno

operato in termini di pianificazione territoriale, di uso del territorio, con quanto ne consegue sul piano della ricostruzione delle strutture economiche e sociali (Cremaschi, 1990).

Bibliografia

- Angelelli F. & Dowgiallo G., 1989. *Studio stratigrafico in un sito archeologico della Valle del Baccano (Lazio Centrale)*. Mem. Soc. Geol. It., 42, 129-138, 5 ff., 1 tab.
- Arnoldus-Huyzendveld A., Gisotti G., Mossoni-Novelli R., Zarlenga F., 1995. *I beni culturali a carattere geologico: i geotopi. Un approccio culturale al problema*. Geologia tecnica ed ambientale, 4/95, 35-47.
- Chemical Analyses - Citric Acid Extractable Phosphorus (6S)*, 1996. In Soil Survey Laboratory Methods Manual - Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. USDA - NRCS - NSSC, pp. 337-341.
- Facoltà di architettura, Università di Genova, 19-20 Maggio 2000. 26-38. Pubblicazione internet. http://www.soilmaps.it/download/ped-suolo_geosito.pdf.
- Cremaschi M., 1990. *Geoarcheologia: Metodi e Tecniche delle Scienze della terra nella Ricerca Archeologica*. In Mannoni T., Molinari A. (a cura di), *Scienze in Archeologia*, Quaderni del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti-Sezione Archeologia, Università di Siena, p. 395-422.
- Cremaschi M., 2000. *Manuale di Geoarcheologia*. Roma-Bari.
- Di Fabbio A., 2006. *Area del Foro di Augusto: relazione sulle analisi di laboratorio*. Sovrintendenza ai Beni Culturali del Comune di Roma - ARCHEOMETRA S.r.l.
- Di Fabbio A. & Lucarini M., 2005. *Area del Foro di Augusto: relazione geopedologica preliminare*. Sovrintendenza ai Beni Culturali del Comune di Roma - ARCHEOMETRA S.r.l.
- Masatada O., 1970. *Revised standard soil colour charts*. Tokyo.
- Metodi di Analisi Chimica del Suolo*, 2000. Coordinatore Pietro Violante, in collaborazione con International Union of Soil Science, Società Italiana della Scienza del Suolo, Commissione II, Chimica del Suolo. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo.
- Metodi di Analisi Fisica del Suolo*, 2000. Coordinatore Marcello Pagliai, in collaborazione con International Union of Soil Science, Società Italiana della Scienza del Suolo, Commissione II, Chimica del Suolo. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo.
- Minieri L. & Terribile F., 2004. *I suoli del bronzo antico sepolti dall'eruzione delle pomice di Avelino. Il contributo della scienza del suolo nello studio dei contesti archeologici*. In Boll. SISS. Vol. 53. N° 1-2, pp. 337-348.
- Passigli S., 1989. *Urbanizzazione e topografia a Roma nell'area dei Fori Imperiali tra XIV e XVI secolo*. In MEFRM 101, 1, pp. 273-325.
- Reed S., Bailey N. & Onokpise O., 2000. *Soil Science for Archaeologists*. Ed. Russo M. & Horak V. Florida Agricultural and Mechanical University and Southeast Archeological Center, National Park Service, Volume 1.

LA CONTAMINAZIONE DIFFUSA DEI SUOLI TORINESI

RENZO BARBERIS^{*}, GABRIELE FABIETTI^{**} & MATTIA BIASIOLI^{**}

^{*}ARPA Piemonte

^{**}Di.Va.P.R.A. - Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Torino

Introduzione

I suoli dell'area urbana torinese, come quelli di tutte le aree urbane, presentano uno spettro molto ampio di utilizzo: giardini pubblici e privati, campi da gioco, discariche, aree ex industriali, argini di fiumi e canali, terrapieni delle ferrovie, aiuole spartitraffico, orti familiari e terreni dedicati all'agricoltura, che pur essendo spesso localizzati alle periferie, sono sempre sotto l'influenza dell'area urbana.

Questi suoli, che si differenziano dagli altri tipi di suolo perché sono fortemente influenzati nella loro composizione dall'azione umana, possono essere considerati gli ultimi componenti di un *continuum* caratterizzato da un graduale incremento dell'attività umana, che va dai suoli naturali indisturbati, ai suoli agricoli, per finire con i suoli urbani, dove l'influenza umana è massima e dove le componenti naturali sono spesso scomparse (Bullock & Gregory 1991, Pichtel *et al.* 1998, Stroganova *et al.* 1998, Biasoli *et al.* 2006).

Negli ultimi anni i suoli della città di Torino sono stati studiati soprattutto nell'ambito di due iniziative, che hanno trovato sviluppo tra il 2004 e il 2006 e che sono state realizzate in modo sinergico:

- Il progetto Europeo URBSOIL (*Urban soils as a source and sink for pollution* – Si veda anche <http://www.urbsoil.unito.it>) coordinato dal DIVAPRA, Chimica Agraria dell'Università di Torino;
- Uno studio promosso dalla Regione Piemonte e realizzato dall'Arpa sullo stato di inquinamento diffuso dei suoli di alcune aree campione a livello regionale, tra le quali l'area metropolitana torinese.

Ciò ha permesso di prendere in considerazione un numero consistente di siti di campionamento (oltre 120 per i metalli e circa 30 per i contaminanti organici) per un totale di oltre 300 campioni. Le attività condotte dall'Arpa sui suoli urbani si inquadrano in una più ampia iniziativa di conoscenza dei suoli portata avanti ormai da diversi anni e collegata all'esigenza di poter disporre di dati georeferenziati e affidabili sulla qualità ambientale dei suoli e di poterne seguire la loro evoluzione nel tempo, cioè, in altre parole, l'esigenza di avere una rete di monitoraggio ambientale del suolo (Barberis *et al.* 2003, Barberis & Fabietti, 2006).

Nei successivi paragrafi sono riportati i risultati degli studi condotti da Arpa e Università di Torino sui suoli urbani, messi anche a confronto con i dati della rete regionale di monitoraggio ambientale dei suoli (rete a maglia fissa 18 x 18 km, in graduale estensione a 9 x 9 km) realizzata dall'Arpa negli ultimi anni.

Proprietà dei suoli e contaminanti inorganici

I suoli urbani torinesi si presentano con un pH decisamente più elevato rispetto a quello delle aree circostanti. Mentre la pianura su cui si trova Torino ha un pH medio di 5.6, in città si riscontra un valore di 7.2. Si ritiene che ciò possa essere dovuto alla miscelazione del suolo originario con

detriti quali ad es. cemento, intonaci, o mattoni provenienti da cantieri di demolizione/costruzione. Questi materiali di origine antropica vengono normalmente incorporati al suolo e possono innalzarne il pH avendo reazione tipicamente alcalina. I valori di carbonio organico sono generalmente bassi, se si considera che l'asporto della biomassa vegetale è ben minore che in campo agricolo, a testimonianza degli scarsi apporti di sostanza organica, della mancanza di una copertura vegetale continua e della velocità del ciclo del carbonio in aree spesso soggette a rimaneggiamento.

I suoli di Torino hanno generalmente una distribuzione granulometrica di tipo sabbioso, con un basso contenuto di argilla. In generale, tuttavia, si deve notare come l'intervento dell'uomo renda le caratteristiche dei suoli urbani molto variabili, come osservato in altre città di analoghe dimensioni (Bonifacio *et al.* 1995, Imperato *et al.* 2003, Manta *et al.* 2002, Murray *et al.* 2004, Stroganova *et al.* 1998).

La contaminazione da metalli pesanti è una delle caratteristiche comuni ai suoli urbani emerse nel corso del progetto URBSOIL; la contaminazione è risultata essere particolarmente importante in città caratterizzate da un forte passato industriale quali ad es. Glasgow (Scozia) o la città di Torino (Biasioli *et al.* 2007).

I risultati ottenuti per i suoli della città di Torino dalle analisi condotte dal DIVAPRA, integrate con quelle dell'Arpa, sono riportati nella Tab. 1, in cui sono riportati anche i limiti previsti dal D.Lgs. 152/06 per i metalli analizzati per le aree a destinazione d'uso residenziale/verde pubblico.

Tabella 1 - Statistica descrittiva (media, mediana, deviazione standard, valori minimo e massimo) e limiti di legge (D.Lgs. 152/06 per le aree verdi pubbliche e private) di V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Sn, Tl e Pb in mg/kg, per i suoli urbani della città di Torino.

	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Sn	Tl	Pb
	mg/kg										
Media	85.6	232.7	27.0	164.4	94.0	170.5	11.5	1.3	18.0	0.5	123.9
Mediana	86.0	210.0	22.0	160.0	74.5	150.0	10.5	0.8	11.5	0.5	83.5
Dev st.	10.3	77.9	30.9	45.8	58.1	98.2	3.1	1.9	14.2	0.1	98.1
Min	61.0	140.0	14.0	91.0	33.0	30.0	7.6	0.2	1.2	0.3	42.0
Max	110.0	480.0	190.0	350.0	290.0	460.0	21.0	8.1	66.0	1.1	490.0
Limiti	90	150	20	120	120	150	20	2	1	1	100

I risultati evidenziano una grande variabilità e concentrazioni che, se confrontate con i limiti del D.Lgs. 152/06, sono spesso al di sopra dei limiti di legge, in particolare per il piombo e lo zinco, sicuramente più vincolati al problema del traffico veicolare. Questi superamenti si riscontrano soprattutto nelle aiuole spartitraffico, dove sono generalmente maggiori anche i contenuti di Cr, Ni. Il rame, che ha varie origini industriali, non sembra invece destare particolari preoccupazioni. Va tuttavia precisato che il contenuto pseudototale non sempre riflette la reale pericolosità ambientale di un elemento che potrebbe trovarsi, come nel caso del piombo, in forme chimiche non immediatamente biodisponibili.

Valori diffusamente elevati sono osservati per il cromo e il nichel (ma anche per il cobalto e il vanadio), quasi sempre superiori ai limiti previsti dalla norma; questi valori sono riscontrabili anche in aree agricole della cintura torinese, per cui si può ipotizzare una loro origine naturale, anche se i valori riscontrati per il Cr e il Ni in alcuni punti fanno pensare ad un sicuro incremento antropico. Valori elevati delle concentrazioni di Cr e Ni, erano già stati notati in analisi analoghe precedentemente svolte dall'Arpa (Barberis *et al.* 2003), e sono fortemente legati alla litologia della roccia madre (Facchinelli *et al.* 2001): la maggior parte dei suoli impostati su substrati rocciosi

a carattere ultramafico o su depositi alluvionali contenenti minerali derivanti dall'alterazione di rocce ultramafiche, infatti, presenta valori di concentrazione superiori ai limiti di legge, talvolta per entrambi gli elementi. Sul territorio piemontese le aree che presentano queste caratteristiche sono essenzialmente due: la prima, che si riflette anche sull'area urbana torinese, è quella compresa tra il limite N-E della Valle di Susa e il Canavese, in cui affiorano prevalentemente rocce ofiolitiche d'origine oceanica riequilibrata in facies eclogitica; la seconda è la zona del Gruppo di Voltri, a S-E del torrente Bormida, nella quale sono nuovamente presenti rocce ultramafiche d'origine oceanica (Biasioli & Ajmone Marsan 2007, Fabietti *et al.* 2008).

Nei suoli urbani torinesi non si evidenziano invece delle differenze significative tra gli orizzonti superficiali e quelli profondi, per cui in Tab. 1 sono riportati solamente i dati degli orizzonti superficiali. È infatti difficile, se non impossibile, definire per i suoli urbani dei profili "credibili" dal punto di vista pedologico. Questi suoli hanno subito nel corso dei secoli tanti e tali rimaneggiamenti da rendere alquanto problematica ogni ricostruzione storica sulla formazione e sulla evoluzione del profilo. Questo aspetto è confermato anche da alcuni approfondimenti condotti dal DIVAPRA, che ha realizzato dei profili in alcune aree verdi; le variazioni con la profondità paiono piuttosto casuali e non correlabili con specifici orizzonti pedologici (Biasioli & Ajmone Marsan 2007).

I valori per lo stagno sono sempre superiori al limite di legge nazionale (1 mg/kg per le aree residenziali e a verde); tale limite è però privo di rilevanza scientifica, in quanto palesemente frutto di un errore di attribuzione: il limite doveva essere riferito ai soli composti organici dello stagno, che sono gli unici significativi dal punto di vista tossicologico e andrebbe applicato solo per tali composti.

Per il cobalto (Co), il tallio (Tl) e il vanadio (V), i valori riscontrati sono spesso vicini o leggermente superiori ai limiti di legge per i suoli residenziali e a verde pubblico e privato. Questi metalli non sono generalmente indagati nei suoli, per cui mancano dei termini di confronto con dati di letteratura; il confronto con i dati ottenuti in altre aree piemontesi evidenzia però dati raffrontabili per il Co, mentre per Tl e V l'area torinese presenta generalmente dei valori più elevati. I dati finora disponibili sembrano comunque collegare la presenza di Co e V alle stesse *facies* litologiche che generano suoli ricchi di Ni e Cr.

Contaminanti organici

Le diossine, i furani, gli IPA (idrocarburi policiclici aromatici) e i PCB (bifenili policlorurati) sono un gruppo di sostanze chimiche tossiche e persistenti che hanno effetti negativi sulla salute umana. La loro presenza nell'ambiente è determinata dall'emissione in atmosfera da innumerevoli fonti civili, industriali e naturali delle quali è molto difficile stabilire un contributo specifico. La definizione di un inquinamento "di base" dei suoli da parte dei microinquinanti converge con l'esigenza di conoscere l'inquinamento prodotto "da fonti diffuse" e può essere utile per definire quelle azioni a medio e lungo termine di riduzione delle fonti emissive ritenute più significative, così come auspicato dalle più recenti normative europee (Barberis e Fabietti, 2006). I dati ottenuti sui suoli torinesi sono riportati in Tab. 2.

Tabella 2 - Statistica descrittiva (media, mediana, deviazione standard, minimo, massimo) e limiti di legge (D.Lgs. 152/06 per le aree verdi pubbliche e private) di PCDD/DF, PCB e IPA, per i suoli urbani della città di Torino.

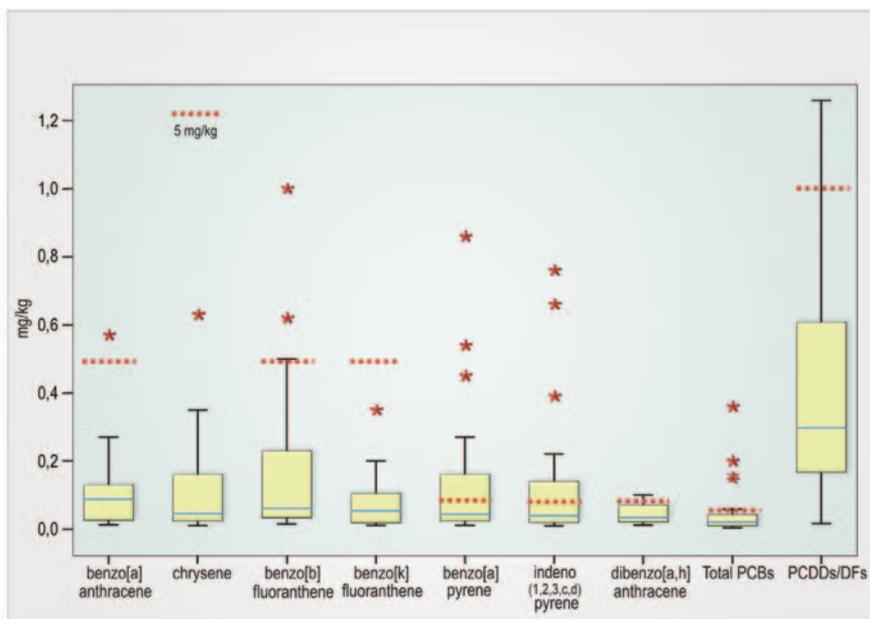
	PCDD/DF ng/kg I-TE	PCB ng/g	IPA
Media	3.97	41	1217
Mediana	2.98	22	455
Dev. St.	2.90	61	1439
Min	0.16	4	100
Max	12.6	310	5980
Limiti	10	60	nd

I *boxplot* riportati in Fig. 1 descrivono meglio alcune caratteristiche della contaminazione organica (Fabietti *et al.* 2008). L'analisi più approfondita degli IPA, evidenzia che i limiti di legge per le aree verdi pubbliche e private sono spesso superati in particolare per benzo[a]pirene, indeno [g,h,i] perilene e indeno[1,2,3]pirene, la cui origine in ambiente urbano è principalmente attribuibile al traffico veicolare di mezzi catalitici e non catalitici; questi composti denotano generalmente una presenza maggiore nelle aiuole spartitraffico.

I valori medi riscontrati per le diossine e i furani sono ampiamente al di sotto del limite (10 ng/kg) stabilito dal D.lgs. 152/06 per le aree ad uso residenziale; tale limite è superato da un solo campione di aree verdi; anche la media dei campioni di aiuole spartitraffico è nettamente al di sotto di questo limite. Naturalmente nessuno dei campioni esaminati si avvicina al limite (50 ng/kg) fissato per le aree industriali e commerciali.

Il valore ritrovato per i PCB è costantemente superiore al limite (1 ng/g) indicato dal DM 471/1999 per i suoli residenziali e a verde pubblico e privato ma, nonostante diversi superamenti (circa il 20%), è mediamente inferiore al nuovo limite (60 ng/g) introdotto dal D. Lgs. 152/06.

Figura 1 - Boxplot di PCDDs/DFs (ng/kg diviso 10), PCB totali (mg/kg) e degli IPA (mg/kg) per i quali sono stabiliti limiti di legge dal D.Lgs. 152/06, dei suoli urbani della città di Torino.



Confronto tra ambiente urbano, agricolo e naturale

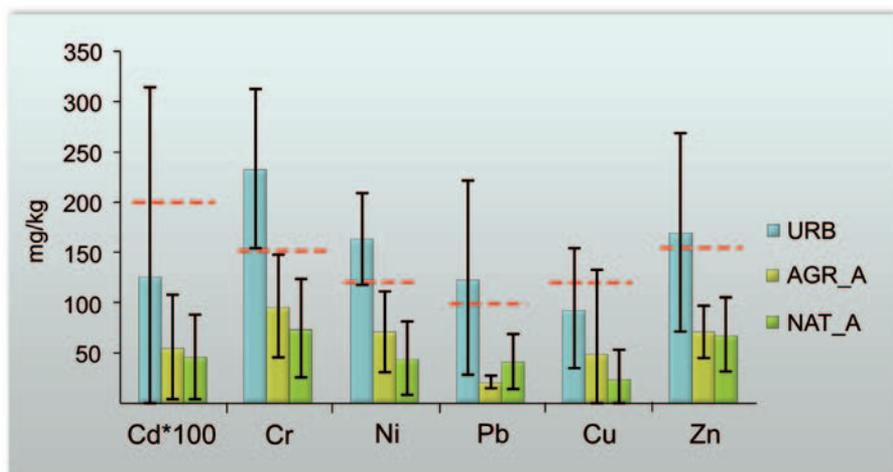
I dati fino ad ora analizzati sono stati comparati con quelli derivanti dalla rete di monitoraggio ambientale dei suoli a scala regionale (rete 18 x 18 km in progressiva estensione a 9 x 9 km) gestita dall'Arpa Piemonte (Fabietti *et al.* 2008).

Gli istogrammi riportati in Fig. 2, evidenziano valori dei metalli di suoli agricoli e naturali nettamente inferiori rispetto a quelli dell'ambiente urbano torinese, in particolare per quanto riguarda Pb, Cu e Zn, a conferma della prevalente origine antropica di questi metalli attribuibile al traffico veicolare e ad altre sorgenti inquinanti tipiche di zone fortemente industrializzate.

Per quanto riguarda Cr e Ni, il divario tra concentrazioni medie dell'ambiente urbano e di quello rurale e naturale è in parte attribuibile alla natura del suolo torinese. Non è comunque da escludere l'apporto antropico di Cr e Ni in relazione all'intensa attività industriale che caratterizza la città.

Dall'ampiezza delle barre degli errori che rappresentano la deviazione standard è inoltre possibile osservare la notevole variabilità che caratterizza i suoli dell'ambiente urbano, rispetto a quelli agricoli e naturali.

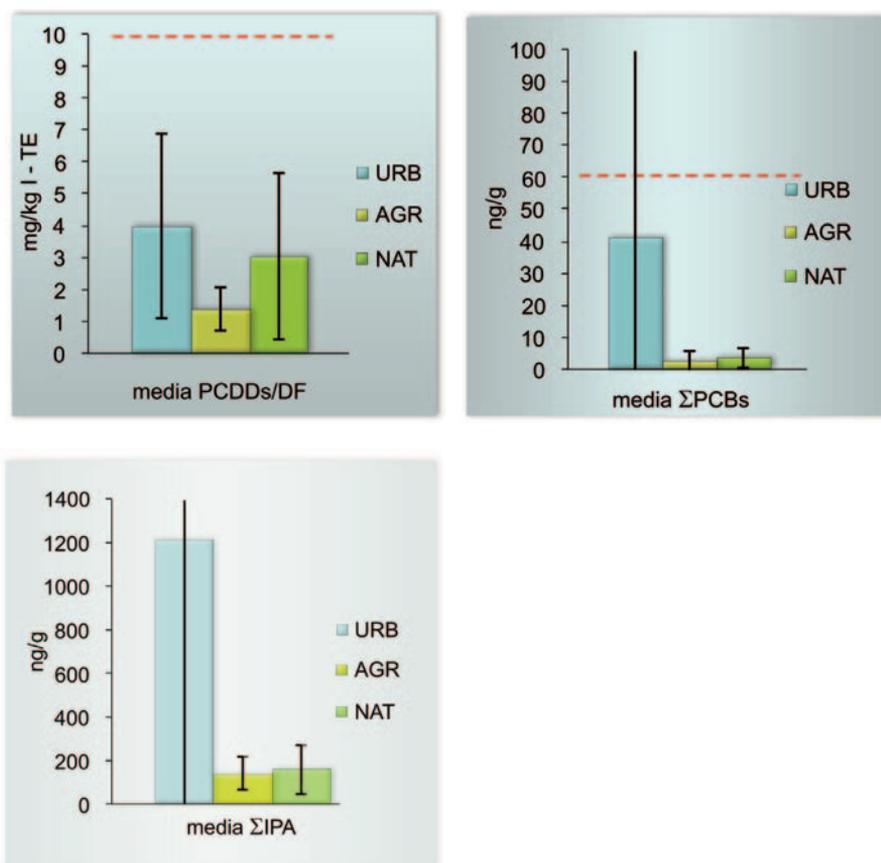
Figura 2 - Concentrazioni medie (istogrammi) e deviazione standard (barra degli errori) degli orizzonti superficiali (A) di Cd, Cr, Ni, Pb, Cu e Zn in mg/kg, per suoli agricoli e naturali del territorio piemontese e per suoli urbani della città di Torino. Le linee orizzontali tratteggiate indicano i valori limite di legge (D.Lgs. 152/06 per le aree verdi pubbliche e private).



Negli istogrammi rappresentati in Fig. 3, le linee orizzontali tratteggiate indicano i valori limite di legge (D.Lgs. 152/06 per le aree verdi pubbliche e private). Per la sommatoria dei 16 IPA non è possibile fare riferimento alla normativa italiana che prevede limiti solo per 7 composti. Anche per gli inquinanti organici, la cui presenza è tipicamente correlata a forme di inquinamento urbano/industriale, sono chiaramente visibili differenze di concentrazione con i suoli agricoli e naturali, che risultano particolarmente marcate per gli IPA e i PCB.

I valori dei PCDD/DF urbani si discostano meno da quelli dei suoli agricoli e naturali. Questo comportamento è attribuibile all'attitudine delle diossine a rimanere sospese nell'atmosfera per lungo tempo, associate al particolato atmosferico o in forma gassosa, e di distribuirsi quindi in maniera diffusa su ampie porzioni di territorio.

Figura 3 - Concentrazioni medie e deviazione standard delle sommatorie di PCDD/DF, PCB e IPA. Le linee orizzontali tratteggiate indicano i valori limite di legge (D.Lgs. 152/06) per le aree verdi pubbliche e private), per la sommatoria dei 16 IPA non è possibile fare riferimento ai limiti forniti dalla normativa italiana.



Conclusioni

I suoli urbani differiscono da quelli rurali per il fatto che sono maggiormente influenzati dalle attività antropiche; tale influenza si traduce, generalmente, in una maggiore contaminazione. Questo fenomeno è stato valutato anche per la città di Torino da uno studio (Biasioli *et al.*, 2006) che ha utilizzato buona parte dei dati riportati nei precedenti paragrafi e che ha cercato di valutare l'influenza dell'area metropolitana sulla qualità dei suoli, considerando non solo i suoli urbani in senso stretto, ma anche i suoli agricoli ormai conglobati nell'area metropolitana.

Come già detto, il suolo urbano non presenta una successione di orizzonti tali da costituire un profilo pedologico, o meglio presenta una grandissima variabilità, sia verticale che orizzontale, proprio perché alla base della sua formazione non ci sono processi pedogenetici, ma la stratificazione di detriti, materiali di riporto, edili, resti di scavi di fondamenta. La componente grossolana (scheletro), di diametro compreso tra i 2mm ed i 10cm circa, è presente in quantità a volte notevole e contribuisce alla caratteristica eterogeneità del suolo urbano.

Questo rende, ad esempio, inapplicabile la valutazione del grado di contaminazione attraverso l'applicazione del fattore di arricchimento, generalmente calcolato come rapporto tra il valore riscontrato nello strato superficiale rispetto agli orizzonti inferiori (Fabietti *et al.* 2008). Tale indice si basa infatti sulla assunzione che i contaminanti di origine antropica si accumulino principalmente

nello strato superficiale del suolo, determinandone un arricchimento rispetto agli strati inferiori; questo non è necessariamente vero nei suoli urbani, dove i suoli sono spesso miscelati e dove sono spesso aggiunti strati di riporto quasi sempre miscelati a materiali di demolizione. Nello studio di Biasioli *et al.* (2006), è stato perciò utilizzato un approccio diverso, confrontando il livello di contaminanti dei suoli urbani con suoli di origine analoga presenti in aree progressivamente meno influenzate dalla città (distanza crescente dal centro urbano). La valutazione di questo indice di contaminazione ha dimostrato una forte influenza della città nel cambiamento di alcune proprietà del suolo, con particolare riferimento all'arricchimento in alcuni metalli pesanti (Pb, Zn e Cu); aumenti più limitati sono stati riscontrati per Ni e Cr, peraltro molto probabilmente dovuti più a fattori naturali che a fenomeni di contaminazione. Il confine tra suoli urbani e suoli rurali è ancora abbastanza netto e il fenomeno di trasporto dei contaminanti è risultato minore del previsto.

Altre importanti differenze sono l'aumento del pH dei suoli urbani, tamponato su valori piuttosto elevati, e la distribuzione delle dimensioni delle particelle, dove prevalgono quelle più grossolane. Entrambi i fenomeni trovano una spiegazione nell'incorporazione nel suolo di materiali estranei, primi tra tutti i residui di demolizione.

Bibliografia

- Barberis R., G. Fabietti, T. Niccoli, R. Verzella & S. Mozzone, 2003. *Suolo*. In *Rapporto sullo stato dell'ambiente in Piemonte*, Arpa Piemonte 2003, 63 – 82.
- Barberis R. 2005. *Consumo di suolo e qualità dei suoli urbani*. In *Qualità dell'ambiente urbano – Il Rapporto APAT*, APAT 2005, 703-729.
- Barberis R. & G. Fabietti 2006. *Suolo*. In *Rapporto sullo stato dell'ambiente in Piemonte*, Arpa Piemonte 2006, 223-242.
- Barberis R., A. Di Fabbio, M. Di Leginio, F. Giordano, L. Guerrieri, I. Leoni, M. Munafò & S. Viti, 2006. *Impermeabilizzazione e consumo dei suoli nelle aree urbane*. In *Qualità dell'ambiente urbano – III Rapporto APAT*, APAT 2006, 631-650.
- Biasioli M., R. Barberis & F. Ajmone Marsan, 2006. *The influence of a large city on some soil properties and metal content*. *Science of Total Environment*, 356, 154-164.
- Biasioli M. & F. Ajmone-Marsan, 2007. *Organic and Inorganic Diffuse Contamination in Urban Soils: the Case of Torino (Italy)*. *Journal of Environmental Monitoring*, 9(8), 862-868.
- Biasioli M., H. Grcman, T. Kralj, F. Madrid, E. Diaz-Barrientos & F. Ajmone-Marsan, 2007. *Potentially Toxic Elements Contamination in Urban Soils: a Comparison of Three European Cities*. *Journal of Environmental Quality*, 36(1), 70-79.
- Bonifacio E., Zanini E. & Alliani N., 1995. *Soil quality in a public garden: heavy metals from pedological and anthropic sources*. *Proceedings of the World Wide Symposium Pollution in large cities*, Padova, Italy, 119-124.
- Bullock P. & Gregory P.J., (eds) 1991. *Soils in the Urban Environment*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Burghardt W., 1994. *Soils in urban and industrial environments*. *Z. Pflanzenernähr Bodenk* 157, 205-214.
- Fabietti G, M. Biasioli, F. Ajmone Marsan, R. Barberis, T. Niccoli, F. Alberi, M. Gaino, D. Rizzo & F. Ghioni 2008. *Suolo*. In *Rapporto sullo stato dell'ambiente in Piemonte*, Arpa Piemonte 2008, 223-241.
- Facchinelli A., E. Sacchi & L. Mallen, 2001. *Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils*. *Environmental Pollution* 114, 313-324.
- Imperato M., P. Adamo, D. Naimo, M. Arienzo, D. Stanzone & P. Violante, 2003. *Spatial distribution of heavy metals in urban soils of Naples city (Italy)*. *Environmental Pollution* 124, 247-256.
- Manta D.S., M. Angelone, A. Bellanca, R. Neri & M. Sprovieri, 2002. *Heavy Metals in Urban Soils: a Case Study From the City of Palermo (Sicily), Italy*. *Science of the Total Environment*, 300(1-3), 229-243.

- Murray K.S., D.T. Rogers & M.M. Kaufman, 2004. *Heavy metals in an Urban Watershed in South-eastern Michigan*. Journal of Environmental Quality 33:163-172.
- Pichtel J., H.T.Sawyer & K. Czarnowska, 1998. *Spatial and temporal distribution of metals in soils in Warsaw, Poland*. Environmental Pollution 98 (2), 169-174.
- Stroganova M., A. Myagkova, T. Prokof'ieva & I. Skvortsova, 1998. *Soils of Moscow and urban environment*. Burghardt W. and University of Essen, Moscow.

VALUTAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI METALLI PESANTI IN SUOLI E MUSCHI DELL'AREA METROPOLITANA BOLOGNESE

GILMO VIANELLO & LIVIA VITTORI ANTISARI

Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo, Facoltà di Agraria, Università di Bologna

Introduzione

In ambiente urbano le cause che portano ad un incremento della concentrazione di metalli pesanti sono imputabili principalmente alla ricaduta di inquinanti aero dispersi emessi da varie sorgenti diffuse e puntiformi, quali inceneritori di rifiuti solidi urbani, attività artigianali, impianti di riscaldamento domestico e traffico veicolare (Gherardi *et al.*, 2008).

Le ceneri prodotte dalla combustione presentano dimensioni e peso molecolare diversi (PM 10 e PM 2,5). Il contenuto in metalli pesanti ed altri elementi in traccia varia sia per il tipo di materiale combusto che dalle tipologie di combustione e la loro ricaduta al suolo dipende dalle condizioni atmosferiche ed in particolare dall'orientamento dei venti dominanti.

Il monitoraggio dei metalli pesanti presenti nelle deposizioni atmosferiche può essere valutato con bioindicatori ambientali come i muschi; infatti la loro nutrizione minerale avviene attraverso le deposizioni secche ed umide (Giordano *et al.*, 2005). Tali briofite presentano alcune proprietà bio-ecologiche, come l'assenza di cuticola, la presenza di costituenti della parete cellulare caratterizzati da gruppi funzionali caricati negativamente, tali da renderle molto vantaggiose per essere utilizzate per monitoraggi di deposizioni atmosferiche (Cenci *et al.*, 2003).

Area d'indagine e modalità del monitoraggio

Il monitoraggio ha interessato suoli e muschi di siti non soggetti a lavorazioni agricole caratterizzati da parchi pubblici o giardini privati inseriti nel contesto urbano della città di Bologna e nei comuni limitrofi. Viene qui presa come esempio una fascia di territorio che si sviluppa dal centro storico di Bologna verso nord-est, interessando gli ambiti comunali di Castenaso e Granarolo dell'Emilia (Fig. 1).

Il territorio in esame è interessato, oltre che dall'area metropolitana, dall'attraversamento di importanti snodi stradali e ferroviari, dalla presenza di aree artigianali e da un impianto di incenerimento rifiuti. I sei siti presi in considerazione vengono denominati rispettivamente: S1 Giardini Margherita sud (comune di Bologna); S2 Giardini Margherita nord (comune di Bologna); S3 Giardini Cervi (comune di Bologna); S4 Villa Clelia (comune di Bologna); S5 Villanova (comune di Castenaso); S6 Quarto Inferiore (comune di Granarolo Emilia).

L'attività di monitoraggio ha avuto durata annuale ed ha previsto due campagne di campionamento di suoli e muschi durante il periodo primaverile (2006) e quello invernale (2007).

Figura 1 - Ubicazione dei siti di monitoraggio nella porzione nord orientale dell'area metropolitana della città di Bologna e dei comuni ad essa adiacenti (Castenaso, Granarolo Emilia).



Legenda

- A.** Centro Storico di Bologna
- B.** Termovalorizzatore del Frullo
- C.** Autostrada A1
- D.** Scalo ferroviario S. Donato
- S.** Ubicazione siti di monitoraggio

Il suolo è stato campionato a tre differenti profondità (0-3, 3-10, 10-50 cm) secondo le modalità del campione composto, e i campioni di muschio appartengono alla specie *Hypnum cupressiforme*.

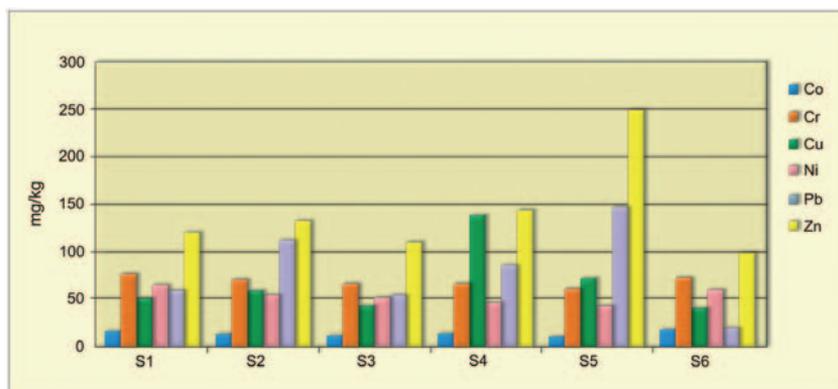
I campioni di suolo e di muschio sono stati mineralizzati in forno a microonde e la concentrazione di metalli pesanti è stata determinata in spettrometria in emissione con rivelatore ottico (ICP-OES, Spectro CIR.O.S.^{CCD}).

Risultati e considerazioni

La Fig. 2 mette in evidenza le concentrazioni medie di alcuni metalli pesanti riscontrati nell'orizzonte superficiale dei suoli dei sei siti indagati. Tali valori vengono discussi in funzione dei limiti previsti dal decreto legge 152/2006 in riferimento al contenuto in metalli pesanti totali dei suoli di destinazione d'uso a verde pubblico e residenziale.

Il Co, Cr e Ni sono presenti nei suoli nell'intervallo di valori rispettivamente di 9-16, 60-76, 42-64 mg kg⁻¹ e nessun sito mostra problema di rilievo. Per quanto concerne il Cu totale l'unico caso in cui viene superato il limite di legge di 120 mg kg⁻¹ è quello relativo al sito 4 Villa Clelia (138 mg Kg⁻¹), mentre negli altri casi l'intervallo dei valori è compreso tra 41 e 69 mg Kg⁻¹. I valori del contenuto totale di Pb superano il limite legislativo (100 mg Kg⁻¹) nei siti S2 (112 mg kg⁻¹) ed S5 (147 mg kg⁻¹), mentre negli altri casi le concentrazioni oscillano tra 21 ed 85 mg kg⁻¹.

Figura 2 - Rappresentazione delle medie delle concentrazioni di metalli pesanti rilevate in due diversi periodi stagionali a distanza di un anno su campioni di suoli prelevati alla profondità tra 0 e 3 cm in ogni sito di monitoraggio secondo la modalità del campione composto.



Lo zinco totale del suolo del sito 5 eccede con 248 mg kg^{-1} la concentrazione massima stabilita dalla legge (150 mg kg^{-1}); mentre l'intervallo dei valori nei campioni superficiali di suolo degli altri siti varia tra 99 e 149 mg kg^{-1} .

Le concentrazioni di Co, Cr e Ni alle diverse profondità del suolo sono omogenee tra loro e, quindi, il contributo può essere imputato ad un arricchimento dovuto al fattore litogenico (Facchinelli *et al.* 2001); al contrario le concentrazioni di Cu, Pb e Zn decrescono all'aumentare della profondità e l'andamento è particolarmente significativo per piombo e zinco (Fig. 3).

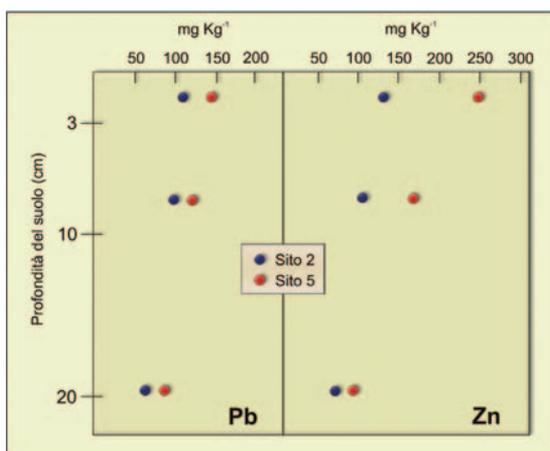
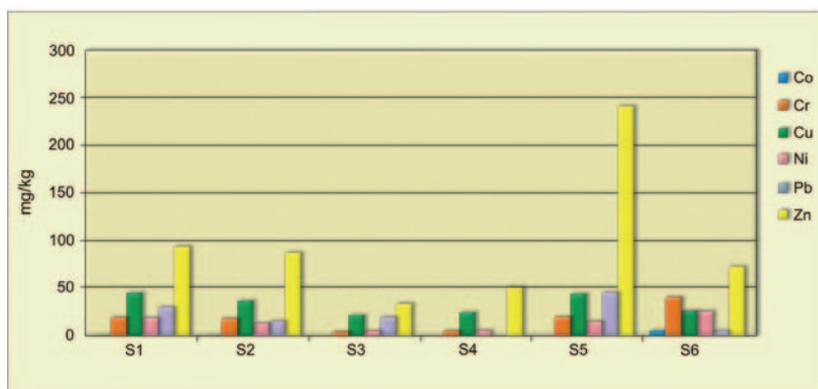


Figura 3 - Andamento delle concentrazioni di Pb e Zn dalla superficie in profondità nei suoli dei siti S2 e S5. L'arricchimento di Pb e Zn negli orizzonti superficiali rispetto a quelli più profondi sta ad indicare un significativo apporto di tipo antropico.

I suoli con le concentrazioni maggiori di Pb sono in prossimità di strade con alto flusso di traffico. Il sito 2, individuato nella zona nord dei Giardini Margherita, si trova in prossimità dei viali di circoscrizione del centro cittadino bolognese, mentre il sito 5 (Villanova di Castenaso) è ubicato all'interno dell'area artigianale compresa tra due strade ad alto scorrimento. Il superamento delle concentrazioni di Zn massime stabilite dal decreto legislativo nella zona artigianale di Villanova (Sito 5) conferma il contributo delle diverse attività artigianali nell'accumulo di zinco nei suoli urbani (Imperato *et al.*, 2003; Haiyan & Stuanes, 2003).

La Fig. 4 mette in evidenza le concentrazioni medie dei metalli pesanti riscontrati nei tessuti dei muschi prelevati in primavera ed inverno a distanza di un anno.

Figura 4 - Rappresentazione delle concentrazioni di metalli e microelementi rilevate in due periodi stagionali su campioni di muschi prelevati in ogni sito di monitoraggio



Le concentrazioni di Co, Cr e Ni sono più alte nel sito posizionato nell'intorno dell'impianto di incenerimento dei rifiuti (S6) mentre la distribuzione di Cu è superiore nelle zone cittadine ed artigianali del territorio (S1, S2 e S5). Pb e Zn presentano lo stesso andamento sopradescritto con valori estremamente elevati nel sito artigianale di Villanova di Castenaso (S5).

Conclusioni

La correlazione significativa tra le concentrazioni di metalli pesanti riscontrate nei campioni di suolo e muschio hanno permesso di identificare i siti più critici dal punto di vista ambientale. Nei siti di campionamento S1, S2 e S5 i suoli mostrano valori di Pb e Zn eccedenti i limiti stabiliti dalla legislazione vigente, allo stesso modo dei muschi che hanno evidenziato concentrazioni elevate degli stessi elementi specialmente nella campagna invernale.

Ciò a conferma che i valori totali elevati di Pb e Zn riscontrati sulla superficie del suolo sono il risultato della progressiva ricaduta nel tempo per cause antropiche diverse che nel caso dell'area in esame possono essere rappresentate dalla vicinanza di strade ad alta percorribilità o di aree artigianali. Gli elevati contenuti di Cu dei suoli del sito 4 possono essere associati ad un passato recente d'appartenenza ad aree coltivate suggerendo quindi un *input* antropico di tipo agricolo, non più riconoscibile dall'analisi dei tessuti dei muschi.

Bibliografia

- Cenci R.M., Dabergami D., Gherardi M., Paracchini M. & Vianello G., 2003. *Rateo di deposizione e origine delle ricadute di elementi in tracce nell'Appennino tosco - emiliano valutate su muschi e orizzonti pedologici di superficie*. Bollettino Società Italiana della Scienza del Suolo (SISS), 52, 233-244.
- Facchinelli A., Sacchi E. & Mallen L., 2001. *Multivariation statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils*. Environmental Pollution 114, 313-324.
- Giordano S., Adamo P., Sorbo S. & Vingiani S., 2005. *Atmospheric trace metal pollution in the Naples urban area based on results from moss and lichen bags*. Environmental pollution 136, 431-441.
- Hayan W. & Stuanes A.O., 2003. *Heavy metals pollution in air-water-soil-plant system of Zhuzhou city, Hunan Province, China*. Water, air and soil pollution 147, 79-107.
- Imperato M., Adamo P., Naimo D., Arienzo M., Stanzione D. & Violante P., 2003. *Spatial distribution of heavy metals in urban soils of Naples city (Italy)*. Environmental Pollution, 124, 247-256.
- Gherardi M., Pontalti F., Vianello G. & Vittori Antisari L., 2008. *Heavy metals in the soil-plant system: monitoring urban and extra-urban parks in the Emilia Romagna Region (Italy)*. Agrochimica (submitted).

BONIFICA E RIQUALIFICAZIONE DI SITI INDUSTRIALI DISMESSI IN CONTESTO URBANO (BROWNFIELDS)

LAURA D'APRILE & MARCO FALCONI

ISPRA – Servizio interdipartimentale per le Emergenze Ambientali, Settore Siti Contaminati

Che cos'è un brownfield?

I *brownfields* possono essere definite come aree caratterizzate dal cessato utilizzo a fini produttivi ed in attesa di una nuova destinazione d'uso. La presenza di tali aree sul territorio è, di fatto, conseguenza delle variazioni nel campo produttivo in determinati settori industriali. Un'industria in perdita, il conseguente taglio di posti di lavoro, la riluttanza dei nuovi investitori a prendersi carico delle problematiche ambientali e delle responsabilità finanziarie e legali connesse con un sito *brownfield*, può influenzare la prosperità economica dell'area circostante, specialmente nelle zone molto urbanizzate.

In genere, i comuni non riescono a predisporre il riutilizzo dei *brownfield* solo con le proprie risorse finanziarie e pertanto tali aree spesso rimangono in condizioni di degrado e sottoutilizzo. Nell'accezione comune, i *brownfields* sono siti contaminati abbandonati con caratteristiche che possono essere molto differenti sia in termini di dimensione che di posizione (completamente o parzialmente interni) rispetto alla città. In ogni caso, richiedono interventi per essere riportati a un appropriato utilizzo.

Area Venice Gateway, Venezia

Il Parco Scientifico e Tecnologico di Venezia – Venice Gateway (VEGA) è situato nella zona industriale di Porto Marghera del Comune di Venezia.

Figura 1 - Veduta aerea dello stabilimento ex ceneri, anni '60 (da Ente Zona Industriale Porto Marghera)



L'area su cui sorge il parco, era occupata dallo stabilimento ex Ceneri di proprietà di Enichem Agricoltura. Lo stabilimento era dedicato alla produzione di fertilizzanti chimici, ed è stato dismesso nel 1986.

L'area è situata a nord est della zona industriale di Porto Marghera, e si affaccia sul Viale della Libertà che è la strada che congiunge la città di Venezia alla terraferma. Questa particolare posizione è strategica dal punto di vista urbanistico all'interno del Comune di Venezia, in quanto rende l'area ben collegata con l'Autostrada A4, con l'aeroporto Marco Polo e con la stazione ferroviaria di Mestre.

Iter della trasformazione e finanziamenti

Nel 1993 è stata costituita la società consortile a responsabilità limitata, VEGA - Parco Scientifico Tecnologico di Venezia S.c.r.s.l. senza fini di lucro, costituita da trentaquattro soci, tra cui il Comune di Venezia, che detiene la maggioranza delle quote, il Gruppo ENI, Veneto Innovazione (l'Agenzia per l'innovazione della Regione del Veneto), la Provincia di Venezia, le due Università veneziane Ca' Foscari e IUAV, due Istituti bancari e numerose piccole e medie imprese.

Al lento e inevitabile declino di Porto Marghera come zona produttiva in senso stretto, la società consortile ha opposto un rilancio dell'area e dell'economia locale, attraverso l'introduzione di un nuovo modello di sviluppo ecocompatibile, che con l'ausilio di Università e Centri di Ricerca e di Eccellenza, rende allettante gli investimenti soprattutto da parte di imprese innovative ad alto contenuto scientifico e tecnologico, in un'area completamente trasformata e strategica per posizione.

Si è quindi passati dalle produzioni di fertilizzanti oramai dismesse ai moderni edifici del centro che prende il nome di VEGA mantenendo almeno in parte alcune strutture opportunamente ristrutturate, che restano come antiche testimoni della vocazione produttiva dell'area sviluppata fin dai primi anni del secolo passato ("archeologia industriale").

Figura 2 - Piazza Auriga - spazio esterno ubicato nel cuore del Parco Vega (Fonte: www.vegapark.ve.it)



L'iniziativa intrapresa, dal punto di vista occupazionale, aiuta a combattere quella che è considerata la nuova disoccupazione, cioè quella di giovani ad alto tasso di scolarizzazione (giovani tecnici e laureati), offrendo sbocchi professionali e nuove possibilità imprenditoriali e facilitando al contempo il

trasferimento di conoscenze, dalle Università e dalle grandi aziende alle imprese venete.

Porto Marghera è stata individuata come area in declino industriale e quindi ha potuto accedere ai finanziamenti dei fondi europei. VEGA ha potuto gestire oltre 30 milioni di euro gestiti dalla Regione Veneto, per demolizione, edificazione di nuove strutture, acquisizione di strumentazione scientifica.

Nella prima fase degli interventi, VEGA ha bonificato 10 ettari (su 35 totali) e si sono già stanziati oltre 200 aziende con circa 2000 addetti. Tali aziende hanno potuto usufruire di uno spazio ben attrezzato e pratico, a poca distanza dalla città ben collegata con autostrade e aeroporto.

Questi investimenti pubblici hanno costituito il volano per gli investimenti privati, in particolare della società "Nova Marghera" che ha continuato il progetto di sviluppo e attuato le attività di marketing per il completamento delle strutture di VEGA.

In totale i primi 10 ettari del Progetto VEGA sono costati oltre 140 milioni di euro per creare attrazione di imprese e svolgere l'attività di Parco scientifico tecnologico.

La fase di caratterizzazione

La società Agricoltura cede al Comune di Venezia l'area "ex Ceneri" tra il 1995 e il 1996.

Nell'Agosto 1996, il Parco Scientifico e Tecnologico presenta i risultati di un'indagine integrativa effettuata nel luglio 1996, all'interno della quale viene anche proposto un progetto di bonifica con messa in sicurezza permanente dei materiali inquinati non riutilizzabili.

Sono stati quindi eseguiti altri 10 sondaggi, con profondità massima di 8 metri da piano campagna, più altri 19 con profondità fino a 2 m.

I risultati delle indagini per i suoli evidenziano in corrispondenza dello strato costituito da materiale di riporto diffuso in tutta l'area (ceneri di pirite), la presenza di contaminazione da metalli pesanti (Cu, As, Pb, Cd, Zn e Hg). Le acque di falda presentano la stessa tipologia di contaminazione e risultano inoltre degradate per l'ingresso del cuneo salino delle acque salmastre della laguna veneta.

Da questa situazione si evince che c'è una corrispondenza tra contaminazione dei suoli e delle acque sotterranee probabilmente a causa dell'assenza di continuità laterale dei terreni limoso-argillosi. Oltre alle ceneri di pirite, è emersa anche una contaminazione localizzata (e con concentrazioni maggiori) dovuta la presenza di gessi fangosi e allo stoccaggio di rifiuti tossico-nocivi.

Gli interventi di bonifica e la riqualificazione urbana

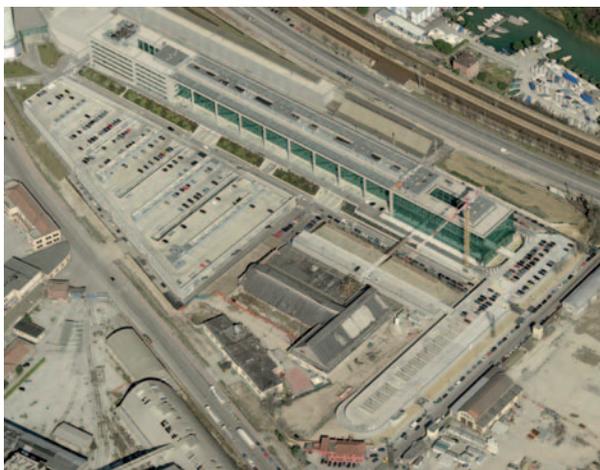
Il VEGA si sviluppa su un territorio di 35 ettari e si articola in quattro aree attigue. Le quattro aree che il Piano Regolatore Generale destina a Parco Scientifico Tecnologico risultano tutte bonificate, ad eccezione di una parte dell'Area 4 "Ex Cargo System", per la quale la bonifica è in corso.

Bonifica e riqualificazione dell'Area 1 (ex Agrimont Ceneri)

L'area su cui sorge il Parco Scientifico Tecnologico era stata sede di numerose attività produttive che hanno modificato e fortemente intaccato la qualità ambientale della zona. In particolare nei fabbricati che sorgevano al posto del PST aveva luogo la produzione di acido solforico e di fertilizzanti ternari ed ureici, e il recupero di rame da ceneri di pirite di varia provenienza.

Nel 1996, al momento del conferimento da parte di Enichem Agricoltura S.p.A., molte strutture presentavano ancora al loro interno sia materiale di produzione che scarti di varia natura (l'ultima destinazione d'uso degli stabili di proprietà dell'Enichem Agricoltura, prima della dismissione nel 1986).

Figura 3 - L'area ex Agrimont Ceneri vista da sud (Fonte: Microsoft VisualEarth)



L'intervento di bonifica dell'AREA 1 è avvenuto nel periodo 1996-2000 attraverso la realizzazione delle seguenti fasi di intervento:

- rimozione ordigni esplosivi e residui bellici;
- demolizione di impianti e di edifici obsoleti e non più convertibili;
- bonifica ambientale del terreno;
- vendita delle ceneri di pirite ad alto titolo di ferro e messa in sicurezza all'interno del perimetro del

sito delle ceneri di pirite a basso contenuto di ferro;

- ripristino ambientale mediante deposizione vegetale, inerbimento e piantumazione su vasche.
- La riqualificazione di quest'area ha conosciuto quattro fasi evolutive.

La prima fase del progetto (1993-1995) ha inizio nel 1993 con la ristrutturazione di un circolo ricreativo risalente agli anni '30 riconvertito nell'edificio denominato Porta dell'Innovazione che ospita aziende che svolgono attività innovative e laboratori di ricerca.

Nella seconda fase del progetto (1994-1996), che ha interessato un'area di 4 ettari, è stato realizzato il complesso "Antares", recupero di un vecchio magazzino di ceneri di pirite ora utilizzato come spazio per convegni ed eventi espositivi. Nella stessa area sono stati realizzati due nuovi complessi: l'edificio "Pegaso" che ospita aziende che nascono nella forma di *start up* e *spin-off* aziendali e universitari e l'edificio "Pleiadi" che ospita uffici, laboratori di ricerca e analisi e un parcheggio pensile di 3200 metri quadrati sul tetto. Con la terza fase del progetto (1997-1999) è stato costruito l'edificio "Auriga", sono stati realizzati parcheggi e una piazza sopraelevata che collega tutti gli edifici del Parco e con la manutenzione strutturale della vecchia Torre evaporativa "Hammon", manufatto utilizzato in origine come sistema di refrigerazione dell'acqua di raffreddamento dei cicli produttivi.

Figura 4 - Padiglione Antares destinato ad ospitare mostre e convegni (Fonte: www.vegapark.ve.it)



Gli interventi della quarta fase (2000-2004) hanno interessato un'area di 4 ettari e sono stati realizzati gli Edifici Lybra, adibito ad attività direzionali e Cygnus, che costituisce il complesso "produttivo". E' ora in corso la realizzazione del City Mall, oltre 1,2 ettari di superficie

destinati alla realizzazione di luogo di incontro e intrattenimento pensato per gli utenti quotidiani del Parco scientifico e per la città.

Bonifica e riqualificazione dell'Area 2 (ex depositi costieri)

L'Area 2, copre una superficie di circa 10 ettari e ospiterà VEGA 2.

Il Progetto redatto dalle società Ambiente e Aquater del Gruppo Eni S.p.A., è iniziato nel 1998 con la demolizione di tutti i serbatoi di stoccaggio dei prodotti petroliferi (capacità complessiva circa 100.000 m³) ed è stato completato in circa quattro anni, in linea con i tempi previsti. La bonifica dei terreni è stata ottenuta applicando tecnologia di tipo biologico mediante la realizzazione di biopile.

La superficie dell'intero Deposito (circa 10 ettari) è stata completamente caratterizzata ai fini della definizione dei terreni da decontaminare, ed è stata individuata una quantità complessiva di ca. 34.000 m³ di terreno da trattare.

Tale terreno è stato rimosso mediante scavi, accumulato nelle Biopile dove è avvenuto il processo di biodegradazione, sino a raggiungere gli obiettivi di qualità previsti da progetto. In seguito il terreno bonificato è stato riposizionato nelle aree soggette a scavo.

La tecnologia della *bioremediation* ha consentito lo svolgimento dell'attività di bonifica direttamente sull'area (*bioremediation on site*), senza necessità di movimentazione dei terreni all'esterno del sito.

Detta tecnologia è basata sull'utilizzo dei processi di biodegradazione naturalmente presenti nel terreno, opportunamente sviluppati realizzando un *habitat* controllato. In particolare, nella definizione di tale *habitat* si è agito sui parametri del terreno di umidità, porosità, ossigeno e concentrazione di nutrienti regolata mediante l'aggiunta di composti naturali, quali quelli normalmente utilizzati in agricoltura.

Il costo complessivo dell'intervento è stato di circa 5 milioni di Euro.

Con il completamento del Progetto di dismissione e bonifica, il sito dell'ex Deposito Costiero, si è reso così disponibile nell'ambito del piano di riqualificazione delle aree di Porto Marghera.

A maggio 2006 è stato approvato il progetto di recupero che prevede la possibilità di costruire edifici per oltre 60.000 mq complessivi, che raddoppieranno l'attuale dimensione degli edifici presenti oggi al Parco.

L'intervento prevede la realizzazione di quattro nuovi edifici destinati a ospitare laboratori, uffici, attività terziarie e servizi.

Figura 5 - L'area ex Depositi Costieri vista da sud (Fonte: Microsoft VisualEarth)



Riqualificazione dell'Area 3 - ex Agrimont Complessi

L'area 3, si situa sulla prosecuzione dell'asse viario che unisce le prime due aree. E' servita da un canale navigabile ed ha una capacità edificatoria di 3 ettari. L'area è caratterizzata dalla presenza di tre grandi capannoni industriali col telaio strutturale in cemento armato e da altri edifici di particolare interesse architettonico.

L'intervento, subordinato alla redazione di apposito strumento urbanistico attuativo di iniziativa privata che è ancora in corso di redazione, prevede il recupero funzionale di questi edifici e la realizzazione di nuovi volumi per attività propriamente definibili di parco scientifico tecnologico: attività direzionali, ricerca e sperimentazione, centri elaborazione e di calcolo, centri di produzione di servizi, unità di servizio per il parco.

Figura 6 - L'area ex Agrimont Complessi vista da nord (Fonte: Microsoft VisualEarth)



Riqualificazione dell'Area 4 "Ex Cargo System"

L'Area 4 copre circa 5,9 ettari: il progetto prevede la riqualificazione funzionale e ambientale di un'area denominata "Ex Cargo System" originariamente adibita a deposito di carbone. L'area ospita ancor oggi il Centro ricerche Venezia Tecnologie, in precedenza, parte dell'area è stata utilizzata come deposito di carbone.

Nel 2006 è stato approvato il piano di recupero che prevede la riqualificazione funzionale e ambientale dell'area con interventi di nuova edificazione (circa 3,4 ettari), il recupero di un centro di ricerca esistente e la creazione di aree verdi (per circa 1,5 ettari) e di parcheggi.

Figura 7 - L'area ex Cargo System vista da est (Fonte: Microsoft VisualEarth)



Attività recenti di monitoraggio e di bonifica delle acque di falda

Dalle attività di monitoraggio delle acque di falda è stata riscontrata una contaminazione diffusa di diversi contaminanti in particolare metalli e composti clorurati.

Nella Conferenza dei Servizi di Gennaio 2007 il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, visti i superamenti riscontrati nelle acque di falda durante i monitoraggi, ha richiesto di avviare immediatamente l'emungimento e il trattamento delle acque di falda contaminate ritenendo inoltre necessaria l'adozione di idonee misure di messa in sicurezza d'emergenza al fine di impedire la diffusione di contaminazione verso le acque lagunari. E' stata inoltre richiesta la presentazione di un progetto di bonifica della falda dell'intera area.

IL SITO INQUINATO DI INTERESSE NAZIONALE DI TRIESTE

ARPA FVG - Dipartimento Provinciale di Trieste

Premessa

L'area del porto industriale di Trieste è individuata fra i siti inquinati a cui si applicano gli interventi d'interesse nazionale di cui all'art. 15 del D.M. 471/99 "Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati" allora vigente ai sensi del D.M. 468/2001 "Regolamento recante Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale". La sua perimetrazione è individuata ai sensi del D.M. 639/2003.

Inquadramento storico-territoriale

Il sito è ubicato a sud-est della Città di Trieste e comprende un'area di circa 1700 ettari. La parte a terra occupa una superficie di circa 500 ettari, ricadente nei territori dei Comuni amministrativi di Trieste e Muggia e confina ad est con il Comune di San Dorligo della Valle; la porzione a mare, di 1200 ettari, si trova compresa entro la parte più orientale del Golfo di Trieste, coincidente con l'area portuale che si estende dal Molo V del Porto Franco Nuovo fino a Punta Ronco ed è delimitata al largo dalle dighe foranee (Fig. 1).

Figura 1 – La perimetrazione del sito di Interesse Nazionale da bonificare di Trieste



Da un punto di vista morfologico la parte a terra del sito occupa un'area prevalentemente pianeggiante, che risulta essere il frutto delle modificazioni antropiche che a partire dall'800 sono state volte al recupero di porzioni di territorio al mare per lo sviluppo portuale e industriale della Città di Trieste.

Con l'imposizione della chiusura delle saline nel 1827 - unica possibile attività nelle aree oggi presenti entro il sito di Interesse Nazionale - e della successiva istituzione nel 1887 dei Punti Franchi di Scalo Legnami e del Porto Petroli e la costruzione della Ferriera di Servola nel 1896 (Fig. 2), vennero eseguiti, per stralci successivi protrattasi fino al 2001, imponenti interventi di rinterro, che costituirono la base per le attività portuali, industriali e cantieristiche della città. Solo con la costruzione delle dighe foranee e del Canale Navigabile si sviluppa poi l'interesse da parte degli industriali triestini per adibire la Piana di Zaule a sede di nuovi insediamenti produttivi.

Figura 2 – La porzione occidentale del sito di Interesse Nazionale di Trieste sede di rinterri successivi



D'estremo interesse per la storia del Sito di Trieste è, però, nel 1934 a seguito dell'emanazione della "legge petrolifera che agevola la creazione di impianti industriali a ciclo integrale per la distillazione del greggio" la costituzione della Società Aquila, che inizia la sua attività nel 1937. Essa rappresenta il più grande complesso industriale che preesista all'istituzione della "zona industriale" nel 1949 ed arriva a coprire un'area complessiva di 1.186.000 mq, rappresentando fino al 1985, anno della sua dismissione, l'industria con la maggiore estensione in tutta la Provincia di Trieste. Per il suo sviluppo, dagli anni cinquanta agli anni settanta, si realizzarono diverse opere di rinterro e di bonifica dell'area precedentemente paludosa della Valle delle Noghère (Fig. 3). Se, quindi, lo sviluppo dell'intera zona industriale di Trieste avvenne verso il mare attraverso opere di interrimento, va rilevato che se in taluni casi i materiali per l'imbonimento di porzioni di costa o per le opere di bonifica idraulica provennero dallo sbancamento degli originari promontori antistanti la città, in altri casi queste opere avvennero attraverso l'impiego di rifiuti, sia inerti, come per esempio le macerie derivanti dai bombardamenti subiti dalla Città nel corso dell'ultimo conflitto mondiale, sia pericolosi, come per esempio le ceneri generate dagli impianti di incenerimento rifiuti presenti in Città. E' importante, infine, sottolineare che ben sette aree su cui si è sviluppata la zona industriale (Piana di Zaule, Valle delle Noghère, Terrapieno di Via Errera, Foce del Rio Ospio, Vasca Area Ex-Esso, Discarica di Monte San Giovanni e Ex Inceneritore di via Giarizzole), ed oggi presenti entro il Sito di Interesse Nazionale, furono sede di discarica autorizzata di rifiuti solidi urbani e di rifiuti inerti, ma anche di rifiuti speciali.

Figura 3 – Veduta della Valle delle Noghere



La situazione attuale

Da quanto sopra esposto si evince che le criticità ambientali legate alla contaminazione delle matrici suolo, sottosuolo ed acque sotterranee sono da un lato legate alle attività svolte ed in corso sul Sito di Interesse Nazionale, dall'altro alla presenza di rifiuti. I risultati delle indagini di caratterizzazione già condotte nel sito hanno evidenziato per i terreni contaminazioni dovute in larga misura ad idrocarburi, idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

e metalli, mentre la presenza di diossine e furani, PCB, amianto, fitofarmaci e fenoli sono limitate ad aree specifiche. Per le acque sotterranee si evidenzia una contaminazione arealmente diffusa da metalli, seguono gli idrocarburi, i composti organici aromatici e gli IPA, che si rinven-gono con frequenza minore per quanto su buona parte del Sito, ed in misura arealmente più limitata alifatici clorurati cancerogeni, fenoli e localmente diossine e furani. Per quanto riguarda la contaminazione da metalli nelle acque sotterranee è, comunque, importante sottolineare come le concentrazioni di ferro e manganese, generalmente al di sopra dei limiti di legge entro il sito ed in buona parte della Provincia di Trieste, siano da ritenersi legati a valori di fondo naturale. A tal proposito il Dipartimento Provinciale di Trieste di ARPA FVG ha già elaborato un primo studio, di cui ha preso atto la Conferenza di Servizi Decisoria del 26 luglio 2007. In collaborazione con EZIT (Ente Zona Industriale di Trieste) il Dipartimento sta terminando le ulteriori analisi previste dal Ministero al fine di integrare lo studio al fine di evidenziare come le concentrazioni dei due elementi non siano attribuibili ad attività antropogeniche.

Ad oggi entro il Sito di Interesse Nazionale di Trieste insistono circa 350 attività produttive, commerciali o di servizi. In accordo con la normativa pregressa e vigente risulta che 53 soggetti si siano attivati al fine di procedere a tutte le attività previste per la bonifica dei siti contami-nati. E', tuttavia, significativo rilevare come 46 soggetti si siano già attivati ai sensi del D.M. 471/99, mentre solo sette procedimenti siano stati avviati ai sensi del D.Lgs. 152/2006. Per quanto riguarda i procedimenti attivati ai sensi del D.M. 471/99 va rilevato che tutti i piani di caratterizzazione sono stati approvati a copertura di circa il 70% dell'intero Sito ed in larga misura sono state eseguite le indagini previste. La conclusione nel mese di novembre 2007 delle indagini previste nelle aree di proprietà EZIT in Valle delle Noghere ha recentemente permesso di portare alla caratterizzazione di un'area di circa 450.000 mq. Questa costituisce una signifi-cativa porzione del Sito di Interesse Nazionale e le attività svolte hanno permesso non solo di conoscere più compiutamente quale sia lo stato di contaminazione dei terreni e delle acque sotter-ranee, ma anche ad un più approfondito livello conoscitivo sull'assetto idrogeologico dell'area. Questo risulta di estremo interesse per individuare le migliori tecnologie di messa in sicurezza e bonifica delle acque sotterranee, anche alla luce della soluzione consortile ed unitaria per la

bonifica dell'intero sito, per la quale è stata già predisposta una bozza di Accordo di Programma da stipularsi fra soggetti pubblici e privati. Significativi per la conclusione della caratterizzazione dell'intero sito sono, inoltre, i 280.000 mq presenti nella parte alta della Valle dell'Ospo, le cui indagini di caratterizzazione verranno concluse nei primi mesi del 2009. Quest'area si inserisce entro il più complesso Piano della Caratterizzazione del Sito di Interesse Nazionale di Trieste redatto da Sviluppo Italia Area Attività Produttive S.p.A. per conto di EZIT, che risulta essere il soggetto unico individuato dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia per delegazione amministrativa ai sensi della L.R. 15/2004 per provvedere agli adempimenti connessi alla caratterizzazione della parte in terraferma del Sito. Il Piano, approvato in sede ministeriale il 31 ottobre 2006, suddivide l'intero Sito in tre macroaree (Valle delle Noghère, Canale Industriale e Servola), in relazione alle attività pregresse ed in atto ed al loro contesto territoriale, geologico ed idrogeologico. Il Piano attraverso un totale di 681 sondaggi e 101 piezometri andrebbe a completare la caratterizzazione dei 170 ettari del Sito ancora prive di indagini.

Per quanto riguarda, infine, la caratterizzazione dello specchio acqueo inserito entro il perimetro del Sito di Interesse Nazionale di Trieste ICRAM ha predisposto uno specifico piano, che è stato approvato con prescrizioni nel corso della Conferenza Decisoria del 19 maggio 2004. Fino ad oggi l'Autorità Portuale di Trieste ha attivato solo in minima parte il piano, per quanto le attività di caratterizzazione dello specchio acqueo antistante la prevista Piattaforma Logistica nello Scalo Legnami cominceranno nei primi mesi del 2009 e porteranno a coprire la conoscenza di un'area strategica per lo sviluppo della portualità triestina.

Le attività del Dipartimento Provinciale di ARPA FVG

Entro il contesto delle attività di caratterizzazione il Dipartimento Provinciale di Trieste di ARPA FVG, in accordo con la vigente normativa e con le disposizioni ministeriali, segue tutte le attività di campo, procede alla valutazione dei dati analitici trasmessi dai diversi proponenti ed acquisisce tutti i campioni necessari per l'esecuzione delle analisi di validazione. A fronte delle procedure di confronto dei dati il Dipartimento di Trieste è in grado di fornire al Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare tutti gli elementi che portano alla validazione dell'intero processo di caratterizzazione o di bonifica. Per evidenziare la mole di attività volte alla validazione si possono prendere ad esempio quelle per l'esecuzione del piano di caratterizzazione delle aree di proprietà di EZIT. I Servizi del Dipartimento hanno assistito all'esecuzione dei 170 sondaggi e dei 36 piezometri previsti con il relativo prelievo di campioni di top soil, di terreno e di acqua e hanno provveduto all'esecuzione delle analisi di validazione su 50 campioni di terreno, su 4 campioni di acqua sotterranea oltre alle analisi di monitoraggio volte alla determinazione dei composti volatili su circa il 30% di tutti i campioni prelevati da EZIT, ovvero 488 di campioni di terreno e 36 di acque sotterranee, provvedendo alla valutazione e alla successiva validazione dei 600 dati ambientali prodotti. Nel novembre del 2009 si è, inoltre, conclusa la bonifica di una porzione di un'area dell'ex raffineria Aquila di proprietà della TESECO S.p.A., che è consistita nella rimozione del terreno contaminato e del suo smaltimento *off-site* o del suo riutilizzo *in situ* nel rispetto delle disposizioni previste dal Decreto di approvazione del progetto di bonifica. Anche in quest'ambito il Dipartimento Provinciale di Trieste si è visto costantemente impegnato, seguendo tutte le attività in campo, provvedendo alla validazione dei risultati analitici relativi ai collaudi degli scavi e al monitoraggio delle acque sotterranee e redigendo la relazione tecnica prevista dall'art. 248 del D.Lgs. 152/2006.

Conclusioni

Da quanto sopra esposto si evince come le criticità del Sito di Interesse Nazionale di Trieste a fronte di tutti gli studi già eseguiti siano ben note. Ciononostante si è ben lontani dal completo

ripristino o dalla riqualificazione dell'intera area sulla quale sono peraltro previsti progetti di rilevanza nazionale. In ogni modo l'introduzione dell'applicazione dell'analisi di rischio potrebbe portare ad una significativa riduzione dei tempi e dei costi negli interventi di bonifica, non dimenticando tuttavia come il Sito di Interesse Nazionale di Trieste per quanto copra un'estensione territoriale inferiore a molti altri siti nazionali si inserisca talora al limite del contesto cittadino.

IL CONSUMO DI SUOLO AGRICOLO NELLE AREE METROPOLITANE DI MILANO E BRESCIA

STEFANO BRENNI & DANTE FASOLINI

ERSAF – Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste, Milano

La Lombardia è regione densamente popolata e caratterizzata da una forte concentrazione di attività economiche ed industriali, che dal dopoguerra ad oggi hanno indotto un progressivo ed imponente consumo di suolo agricolo accompagnato da processi di frammentazione, saturazione e marginalizzazione dello spazio rurale che, nell'insieme, rappresentano una delle dinamiche evolutive del territorio che in questi anni più ha impattato il paesaggio e gli equilibri ambientali e naturali.

Il fenomeno è particolarmente evidente nell'area metropolitana di Milano, soprattutto a nord della città e lungo tutto l'asse – il cosiddetto “Corridoio 5” – che si sviluppa in Lombardia lungo la direttrice Malpensa-Brescia; in molti comuni di queste aree la superficie urbanizzata raggiunge e spesso supera il 50% dell'intero territorio comunale.

In Regione le superfici antropizzate sono pari a 328.510 ha, circa il 13,7 % del territorio, e sono cresciute del 8,8% dal 1998-99 al 2005-07 ad un ritmo medio di 10,2 ha/giorno.

Per quanto il fenomeno, dopo il 1980, abbia cominciato ad interessare in modo sempre più significativo anche le province della bassa pianura più tradizionalmente agricole, il consumo di suolo è continuato anche nelle province che erano già fortemente urbanizzate.

L'agricoltura, a causa della debolezza strutturale che si manifesta in modo ancora più evidente nelle aree di frangia urbana, non riesce infatti ad essere un argine contro la “voracità di suolo” degli altri settori economici e la richiesta di superfici per finalità residenziali e servizi; inoltre gli oneri di urbanizzazione e i contributi di costruzione che l'occupazione di suolo porta con sé sono rapidamente divenuti la via più facile per fare fronte alla crisi della finanza pubblica locale, con una sempre più fatale attrazione da parte dei Comuni per lo sviluppo insediativo, spesso allargatosi al di là delle reali esigenze della domanda.

In Lombardia, la nuova legge urbanistica regionale (L.R. 12/05 sul “governo del territorio”) ha previsto spazi per procedure di pianificazione locale più partecipata, facendo proprio il principio della minimizzazione del consumo di suolo e riconoscendo il valore e le funzioni delle aree agricole. Tuttavia i nuovi strumenti urbanistici messi in campo dalla legge, sia di livello comunale che di area vasta (Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale), per essere realmente efficaci in questa direzione richiedono ancora che le tematiche del consumo di suolo e dello sviluppo del sistema insediativo assumano un carattere di priorità nelle scelte di governo del territorio.

Al tempo stesso deve crescere la consapevolezza che la conservazione e la valorizzazione delle funzioni svolte dallo spazio rurale e dai suoli – quali regimazione idraulica e mitigazione degli effetti determinati da fenomeni naturali quali alluvioni e altre forme di dissesto, cattura di carbonio nei suoli e nei sistemi agroforestali – sono determinanti per mantenere gli equilibri paesistici ed ambientali e, in definitiva il miglioramento della qualità della vita.

In tale contesto lo sviluppo del sistema delle conoscenze sulle dinamiche del territorio lombardo riveste un carattere di preminente importanza per consentire ai soggetti impegnati nei processi pianificatori di valutare non solo lo stato attuale dei luoghi, ma anche le modificazioni che sugli stessi sono intervenute e, nello stesso tempo, definire ed organizzare un sistema di monito-

raggio delle modificazioni che in futuro interverranno.

Con tale finalità, è stata recentemente aggiornata, ed è ora disponibile nel Sistema Informativo Territoriale regionale, la base informativa dell'uso del suolo della Lombardia denominata DUSAF. La versione precedente (ver.1.1), risalente al 1998-1999, e quest'ultima (ver. 2.0), datata 2005-2007, sono state utilizzate per analizzare le trasformazioni dell'uso del suolo nelle aree metropolitane di Milano e Brescia di seguito illustrate. Inoltre è stato effettuato un confronto con una carta della Capacità d'Uso dei Suoli elaborata a partire dalla base informativa regionale dei suoli a scala di semidettaglio (ERSAF, ver. 3.0, 2008), per verificare il valore e la qualità dei suoli sottratti all'agricoltura.

La base informativa dell'uso del suolo DUSAF

Entrambi gli strati informativi dell'uso del suolo lombardi presenti nel sistema informativo regionale (ver. 1.1, 1998-1999 e ver.2.0, 2005-2007) sono stati realizzati per foto interpretazione utilizzando quali fonte di dati ausiliari i database elaborati e gestiti dal sistema regionale. L'utilizzo di tali banche dati (Dichiarazioni d'uso agricolo per accedere ai contributi UE, Tipologie forestali, dati dei PRG/PGT, Mosaico immagini *Landsat*, Archivio Integrato delle Attività produttive, Mappa della popolazione residente, Anagrafe zootecnica) ha costituito un elemento fondamentale di supporto all'attività del foto interprete che, nella sua valutazione, ha potuto disporre di una sorta di "verità a terra".

L'uso del suolo è realizzato ad una scala informativa di dettaglio (1:10.000) ed utilizza una legenda articolata secondo un sistema comprendente 5 livelli di approfondimento, conforme al sistema di nomenclatura europeo del progetto "*Corine Land Cover*". Dei 5 livelli gerarchici i primi tre sono costituiti dalle classi della legenda "*Corine*". I successivi due sono stati prevalentemente desunti dalle banche dati accessorie e descrivono elementi utili alla rappresentazione del territorio lombardo.

I dati considerati dal presente contributo sono principalmente il frutto del confronto tra le due versioni dei dati DUSAF per quanto attiene il primo livello gerarchico della legenda (aree antropizzate, aree agricole e territori boscati e ambienti naturali).

Il consumo di suolo agricolo nell'area metropolitana di Milano

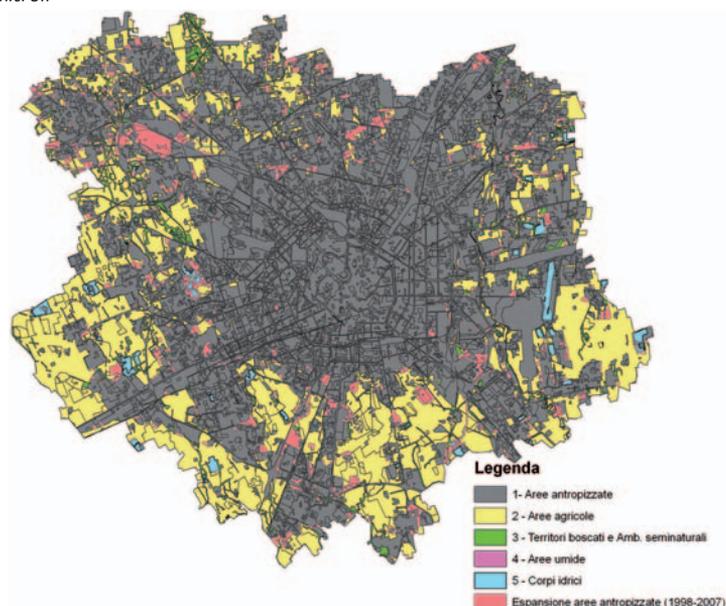
Per l'analisi della variazione delle principali classi d'uso del suolo nell'area milanese, sono state analizzate le variazioni considerando tre ambiti differenti: la provincia di Milano, il comune di Milano e la fascia dei comuni limitrofi al capoluogo regionale. Nella tabella sotto riportata i dati calcolati sono messi a confronto anche con i valori regionali.

Tabella 1 – Variazione d'uso del suolo nell'ambito territoriale milanese. (Fonte strati informativi DUSAF 1.1 e 2.0)

Classi	Ambiti	Sup. DUSAF1 (ha) 1998-99	Sup. DUSAF2 (ha) 2007	Variazione superficie (ha)	Variazione %	Sup. Totale ambito (ha)	% Annua di variazione su Sup. Tot.
1-Aree antropizzate	Prov. Milano	76.928	84.171	7.243	9,4	198.008	0,41%
	Comune di Milano	13.557	14.189	632	4,7	18.175	0,39%
	Hinterland Milano	12.258	13.466	1.208	9,9	22.432	0,60%
	Regione	301.899	328.510	26.611	8,8	2.386.953	0,16%
2-Aree agricole	Prov. Milano	103.512	96.671	-6.841	-6,6	198.008	-0,38%
	Comune di Milano	3.987	3.522	-465	-11,7	18.175	-0,28%
	Hinterland Milano	8.815	7.700	-1.115	-12,6	22.432	-0,55%
	Regione	1.086.546	1.055.157	-31.389	-2,9	2.386.953	-0,19%

Da un primo confronto tra i dati si può notare che, malgrado il già alto livello di urbanizzazione, gli indici di incremento delle aree antropizzate si collocano per la provincia di Milano al di sopra della media regionale. Tale trend è ancora più evidente se si considera l'*hinterland* milanese. In tutta la fascia settentrionale la saturazione dello spazio rurale è ormai pressoché totale, mentre nell'area meridionale facente parte del Parco Agricolo Sud Milano, pur essendo evidenti i processi di progressiva erosione del tessuto rurale, alcune zone sembrano resistere meglio all'avanzata delle aree urbane.

Figura1 – Uso del suolo (DUSAF2.0) ed espansione aree antropizzate del comune di Milano e prima fascia comuni limitrofi



Se si passa poi ad analizzare e confrontare questi dati con lo strato informativo della Capacità d'Uso dei Suoli, si osserva che lo sviluppo delle aree antropizzate è avvenuto a discapito prevalentemente (>90%) di suoli ad alto valore agricolo, sottraendo suoli di prima, seconda e terza classe di LCC (*Land Capability Classification*)□

Il consumo di suolo agricolo nell'area metropolitana di Brescia

Nell'area metropolitana bresciana sono stati presi in considerazione due ambiti differenti: il comune di Brescia e la fascia dei comuni limitrofi al capoluogo provinciale. Anche in questo caso i dati calcolati sono messi a confronto con i valori regionali.

Tabella 2 – Variazione d'uso suolo nell'ambito territoriale bresciano (Fonte strati informativi DUSAF 1.1 e 2.0)

Classi	Ambiti	Sup. DUSAF1 (ha) 1999	Sup. DUSAF2 (ha) 2006	Variazione superficie (ha)	Variazione %	Sup. Totale ambito (ha)	% Annuale di variazione su Sup. Tot.
1 - Aree antropizzate	Comune di Brescia	4.644	4.912	268	5,8	9.052	0,42%
	Hinterland Brescia	4.478	4.905	427	9,5	19.394	0,31%
	Regione	301.899	328.510	26.611	8,8	2.386.953	0,16%
2 - Aree agricole	Comune di Brescia	2.638	2.308	-330	-12,5	9.052	-0,52%
	Hinterland Brescia	8.593	8.069	-523	-6,1	19.394	-0,39%
	Regione	1.086.546	1.055.157	-31.389	-2,9	2.386.953	-0,19%

L'analisi dell'area metropolitana bresciana evidenzia dinamiche simili a quelle del milanese, con indici annui di incremento delle aree antropizzate su superficie totale al di sopra della media regionale.

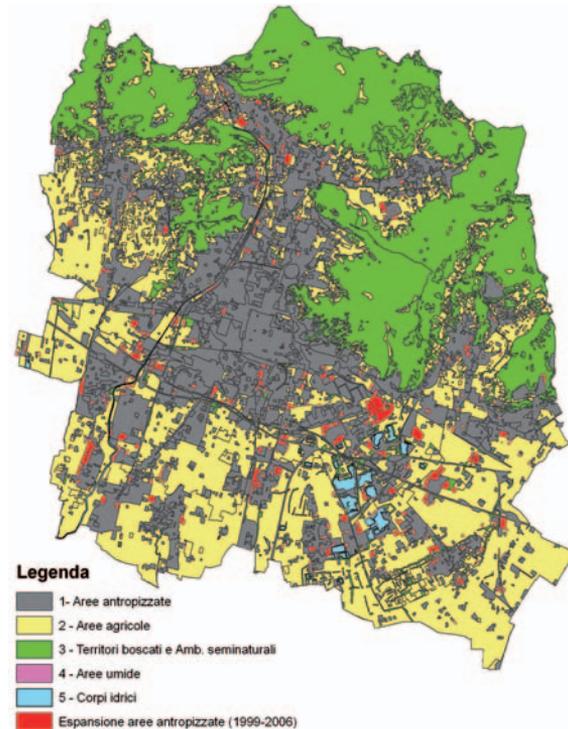
Se si prende in considerazione la variazione percentuale il fenomeno è in particolar modo evidente nella fascia dei comuni limitrofi al capoluogo provinciale.

Nell'*hinterland* bresciano l'espansione dell'urbanizzato si è rivolta, soprattutto negli ultimi decenni, prevalentemente a sud causando la progressiva frammentazione della fascia di territorio agricolo che circonda la città.

Anche a Brescia si sta assistendo dunque ad una dinamica di evoluzione del territorio del tutto analoga a quella già osservata intorno a Milano, che si materializza con l'instaurarsi di una sorta di spirale in continua ed apparentemente irreversibile accelerazione secondo cui "l'urbanizzato richiama sempre più nuovo urbanizzato".

Confrontando i dati relativi alle nuove aree antropizzate con lo strato informativo della Capacità d'Uso dei Suoli, si evidenzia infine anche in questo caso la tendenza ad occupare suoli (>95%) di alto valore agricolo con sottrazione prevalentemente di suoli di prima e seconda e, in misura minore rispetto all'area milanese, terza classe di LCC.

Figura 2 – Uso del suolo (DUSAF2.0) ed espansione aree antropizzate del comune di Brescia e prima fascia comuni limitrofi



Bibliografia

- Camagni R., 2007. *L'Unione Europea e le città: linee guida per l'area metropolitana milanese*. In atti convegno *Limitare il consumo di suolo e costruire ambiente*, Milano.
- Cavailhès J., 2004. *L'extension des villes et la periurbanisation*. In *Ville et économie*, 2004.
- ERSAF, ARPA e Regione Lombardia. *Dusaf 2.0 (foto aeree 2005-2007) e Dusaf 1.1 (foto aeree 1998-1999), uso del suolo Regione Lombardia*, ed. 2008.
- European Environmental Agency, 2004. *Urban sprawl in Europe: the ignored challenge*. Copenhagen, 2004.

LE DINAMICHE DI CONSUMO DI SUOLO IN CAMPANIA NEL PERIODO 1960/2000 E I NUOVI STRUMENTI DI GOVERNO DEL TERRITORIO

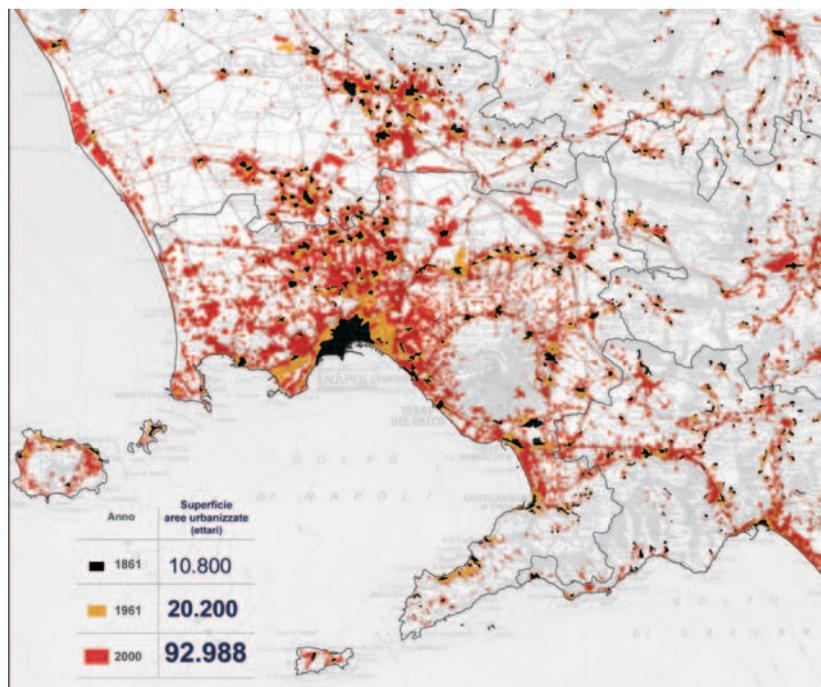
ANTONIO DI GENNARO*, **AGOSTINO DI LORENZO**** & **FRANCESCO P. INNAMORATO ***

* *Risorsa s.r.l., Napoli*

** *Regione Campania. Assessorato al Governo del Territorio*

La superficie complessiva delle città della Campania è decuplicata dall'Unità ad oggi, passando da 10.000 a 100.000 ettari (Fig. 1). Il processo di urbanizzazione del territorio regionale si divide in due fasi distinte, con il punto di discontinuità che si colloca grosso modo alla fine degli anni '50 dello scorso secolo.

Figura 1 – Carta storica delle superfici urbanizzate nel periodo 1861-2000 nella fascia costiera della Campania



Nella prima fase, dal 1861 al 1961, l'espansione della città asseconda la crescita demografica, in qualche modo si adatta ad essa; così, al progressivo raddoppio della popolazione corrisponde quello delle aree urbanizzate. Nella fase successiva, invece, i due processi si disgiungono: l'espansione urbana impenna, proprio mentre la curva demografica rallenta, si appiattisce. Il risul-

tato è che le superfici urbanizzate sono più che quadruplicate nell'ultimo quarantennio (+ 321%), mentre la popolazione è cresciuta solo del 21% (Fig. 2).

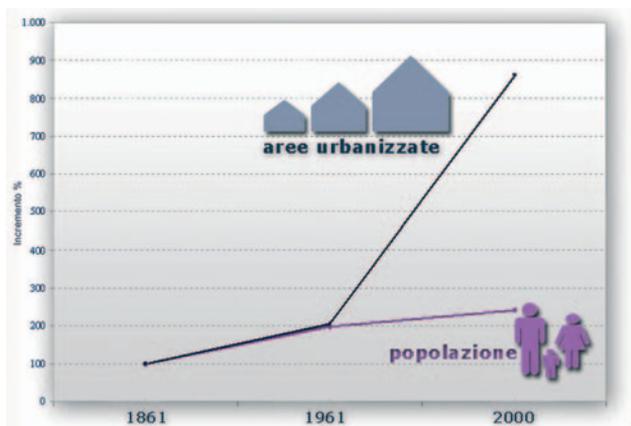


Figura 2 – Incremento delle superfici urbanizzate e della popolazione in Campania nel periodo 1861-2000 (1861=100)

Le cause di questo fenomeno sono riconducibili ai cambiamenti della struttura demografica, con l'aumento del numero delle famiglie e la diminuzione della loro composizione media; come anche all'incremento della domanda pro-capite di suolo per abitazioni, infrastrutture, servizi, attrezzature, legato alla crescita complessiva del tenore di vita del paese (EEA, 2003).

In Campania la strutturale debolezza delle funzioni pubbliche di controllo e governo del territorio, unitamente all'influenza della illegalità organizzata, ha determinato una divaricazione ulteriore della forbice tra demografia e sviluppo urbano, legata all'influenza di una produzione edilizia abusiva che assegna alla regione un poco invidiabile primato (Legambiente, 2004).

Il risultato è la saldatura di un centinaio di nuclei urbani della fascia costiera, con la formazione, in pochi decenni, sulle terre nere della pianura vulcanica, di un'unica, sterminata conurbazione lunga 100 chilometri, che da Caserta giunge sino alla piana del Sele; una interminabile incrostazione urbana che occupa il 15% del territorio regionale, nella quale vivono come possono quattro milioni di persone, i tre quarti quasi della popolazione della Campania (De Lucia & Frisch, 2008).

Nei paesaggi della pianura vulcanica di Campania felix si è così passati da un'assetto a matrice rurale prevalente, con lo schema insediativo ed infrastrutturale di impianto sette-ottocentesco di fatto immerso, disperso in una matrice rurale ad elevata continuità, ad un'assetto di frangia periurbana, dove lo spazio rurale è frammentato in isole e chiazze sempre meno interconnesse, impoverite ed imbruttite, altamente esposte al degrado, alle interferenze ed alle pressioni delle attività urbane adiacenti.

Per contrastare le dinamiche di declino territoriale, la Regione Campania ha di recente approvato un Piano territoriale che introduce finalmente uno statuto del territorio regionale, con regole stringenti di tutela dello spazio rurale, della "non città" (Di Lorenzo & di Gennaro, 2008). All'interno del piano regionale, il territorio rurale – sarebbe a dire il ricco e variegato patrimonio di ecosistemi naturali, boschi, pascoli e aree agricole - non è più considerato come area bianca, riserva inesauribile di spazio per la crescita urbana. Piuttosto, esso è riconosciuto come ecosistema multifunzionale, che fornisce quotidianamente alla collettività un flusso di servizi essenziali: sicurezza idrogeologica, acqua da bere, aria pulita, alimenti di qualità, biodiversità, paesaggio, occasioni di vita all'aria aperta (CCE, 1988, 2000). Il territorio rurale è dunque istituzionalmente riconosciuto come ecosistema di supporto della vita (Odum & Barret, 1987): un bene comune che deve essere gelosamente difeso da comportamenti criminali che avvelenano e degradano irreversibilmente le sue matrici costitutive, i suoli e le acque, mettendo a rischio il diritto costituzionale alla salute.

Figura 3 – Veduta della Piana del Sarno dal valico di Chiunzi, sullo sfondo: il Vesuvio (Foto Di Gennaro)



Le misure di tutela strutturale e funzionale dello spazio rurale contenute nel piano territoriale regionale rispondono a due esigenze.

La prima è, naturalmente, quella di tutelare ciò che rimane del territorio rurale della Campania, complessivamente inteso come patrimonio comune, dal cui stato di salute dipende la qualità di vita dei cittadini e l'intera economia regionale.

La seconda, ugualmente importante, riguarda invece le aree urbane: perché è solo attraverso la tutela dei *vuoti* – gli spazi rurali aperti del territorio regionale, le aree rurali – che è possibile pensare di restituire forma e qualità ai *pieni*, sarebbe a dire gli spazi urbanizzati. Si tratta del solo modo a nostra disposizione per riqualificare la sterminata conurbazione campana senza consumare nuove terre, nuovi ecosistemi, nuovi paesaggi.

La strategia per il territorio rurale contenuta nel piano regionale si basa su tre criteri principali, mutuati dallo *Schema di sviluppo spaziale europeo*, il documento comunitario di riferimento in materia di pianificazione territoriale (EC, 1999). Il primo è che i piani delle province e dei comuni devono privilegiare per le nuove edificazioni il riuso di aree già urbanizzate, sottoutilizzate, dismesse, degradate, evitando ulteriori e ingiustificati consumi di suolo. In secondo luogo, per frenare la frammentazione dello spazio rurale e la dispersione insediativa, le nuove edificazioni devono localizzarsi in continuità con l'urbanizzazione esistente, e comunque in posizione marginale rispetto agli spazi rurali. In ultimo, l'edificabilità del territorio rurale è strettamente funzionale all'attività dell'azienda agricola, così come comprovata da un piano di sviluppo aziendale (Scano, 2006).

Questa strategia non è presente solo nel piano territoriale, ma è condivisa dagli altri strumenti di programmazione, a partire dal Documento strategico regionale che regola l'utilizzo dei fondi

comunitari 2007-2013. Ancora, il *Piano di sviluppo rurale* e il *Piano forestale* costituiscono gli altri due pilastri della strategia per il territorio rurale regionale: tra l'altro, essi destinano risorse significative alle misure che possono essere impiegate per la stabilizzazione e riqualificazione del margine città-campagna, come il sostegno dell'agricoltura urbana e periurbana, la promozione delle filiere agroalimentari corte; il recupero e l'uso alternativo delle aree rurali degradate e contaminate con incentivi per la forestazione, le colture *no-food* e energetiche, la creazione di *zone cuscinetto*.

Bibliografia

Commissione della Comunità Europea, 1988. *Il futuro del mondo rurale*. COM/88/501 def., Bruxelles.

Commissione della Comunità Europea, 2000. *Riforma della Pac: sviluppo rurale*. Bruxelles

Di Lorenzo A. & di Gennaro A., 2008. *Una campagna per il futuro. La strategia per lo spazio rurale nel Piano Territoriale della Campania*. CLEAN Edizioni.

European Commission, 1999. *ESDP. European Spatial Development Perspective. Toward balanced and sustainable development of the territory of the European Union*. Committee on Spatial Development, 1999, Bruxelles.

Legambiente, 2004. *Rapporto ecomafia 2004. Il caso Campania. L'illegalità ambientale in Italia e il ruolo della criminalità organizzata*. Napoli.

Odum E. P. & Barrett G. W., 1987. *Fondamenti di ecologia*. Piccin, 372-373.

Scano L., 2006. *Disposizioni per il contenimento del consumo di suolo nella legislazione regionale*. In M. C. Gibelli & E. Salzano (a cura di), *No Sprawl. Perché è necessario controllare la dispersione urbana e il consumo del suolo*, Alinea, 153-165.

EVOLUZIONE DEL CONSUMO DI SUOLO NELL'AREA METROPOLITANA ROMANA (1949-2006)

CARLO NORERO*, **MICHELE MUNAFÒ****

* *Università di Roma "La Sapienza"*

** *ISPRA – Dipartimento Stato dell'ambiente e metrologia ambientale*

Introduzione

Il consumo di suolo è la misura dell'espansione delle aree urbanizzate a scapito dei terreni agricoli e naturali e il suo monitoraggio è un tema di estremo interesse nell'ambito dell'analisi e della pianificazione del territorio e delle risorse ambientali (Berdini, 2008).

A livello italiano non esiste una definizione univoca di consumo di suolo e vengono spesso usati indifferentemente i termini: consumo di suolo, suolo urbanizzato, copertura del suolo, uso del suolo e suolo impermeabilizzato.

Nell'ambito del presente lavoro si è utilizzata la definizione data dall'Agenzia Europea dell'Ambiente con riferimento al suolo impermeabilizzato (*soil sealing*), secondo cui si considera suolo impermeabile quello in cui si è verificato un cambiamento della sua condizione naturale di mezzo permeabile (EEA, 2009).

Per l'impostazione e l'attuazione delle politiche di pianificazione del territorio e per la valutazione dell'efficacia degli strumenti di gestione e di tutela del suolo, è importante poter garantire una quantificazione del fenomeno attraverso una misura, alle diverse scale di analisi, dell'effettivo suolo che si è consumato nel corso degli anni a causa dell'espansione urbana (Pileri, 2007). Per tali motivi, si è messa a punto una metodologia per la valutazione del consumo di suolo a scala urbana che possa fornire una stima della perdita della risorsa, omogenea a livello nazionale. Si è quindi proceduto, in prima istanza, all'applicazione della metodologia al territorio del comune di Roma in un periodo storico che va dal 1949 al 2006.

Materiali e metodi

La valutazione del consumo del suolo nel corso degli anni è stata compiuta su un campione di 1.477 punti all'interno del comune di Roma. Tale campione rappresenta un inquadramento della rete di 12.000 punti, sull'intero territorio nazionale, che ISPRA utilizza per il monitoraggio dell'uso del suolo e per la validazione dei dati del *CORINE Land Cover* (Maricchiolo *et al.*, 2005). In particolare, sull'area del comune di Roma è stata definita una griglia regolare a maglia quadrata di lato pari a 2 km e, all'interno di ogni cella, sono stati selezionati, in maniera casuale, 5 punti. Ogni punto è stato quindi fotointerpretato sulla base di ortofoto relative agli anni 1994 (ortofoto B/N AIMA), 2000 (volo IT2000, Compagnia Generale Riprese aeree) e 2006 (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare), valutandone la caratteristica di permeabilità o impermeabilità ed assegnando a ciascun punto un valore, rispettivamente, di 1 o 0. Per stimare un valore di superficie impermeabilizzata negli anni precedenti è stato necessario ricorrere alla carta topografica dell'IGM a scala 1:25.000 (che per la zona di Roma risale al 1949) ed alla Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000 (basata su riprese aeree del 1990-1991).

Tali carte, simboliche, sono state utilizzate per valutare, sulla base del dettaglio geometrico comunque fornito dalle ortofoto più recenti, la presenza o meno di manufatti o di altre coperture artificiali del suolo.

In questo modo è stato possibile valutare come il campione statistico di punti sia cambiato nel corso degli anni, vedendo aumentare i punti impermeabili a discapito di quelli permeabili ed è stato possibile stimare la variazione di consumo di suolo, in ettari, nel comune di Roma con il passare degli anni.

Risultati e prime considerazioni

I risultati ottenuti con il processo di fotointerpretazione delle ortofoto e di interpretazione delle carte sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 1 – Variazione negli anni considerati dei punti permeabili ed impermeabili

Anno	Punti permeabili	Punti impermeabili
1949	1.360	117
1990	1.168	309
1994	1.130	347
2000	1.116	361
2006	1.089	388

Il campione dei punti è stato quindi utilizzato per valutare la superficie complessiva, in termini assoluti e percentuali, che risulta impermeabilizzata nel periodo analizzato. Come si evince dai dati ottenuti (Tab. 2), la superficie impermeabilizzata ha avuto un incremento continuo nel corso degli anni ed è più che triplicata dal secondo dopoguerra ad oggi, arrivando, secondo le stime ottenute, a coprire più di un quarto del vasto territorio comunale romano¹. In tabella sono riportati anche la varianza, l'errore campionario e il limite fiduciale 95%² dei valori di suolo impermeabile stimati.

Tabella 2 – Superficie impermeabilizzata, sia in termini assoluti che percentuali rispetto alla superficie del comune di Roma, nel periodo analizzato

Anno	Suolo impermeabile		Varianza	Errore campionario	Limite fiduciale del 95%
	[ha]	[%]			
1949	10.189	7,92	0,00005	0,70%	7,92% ± 1,38%
1990	26.908	20,92	0,00011	1,06%	20,92% ± 2,07%
1994	30.218	23,49	0,00012	1,10%	23,49% ± 2,16%
2000	31.437	24,44	0,00013	1,12%	24,44% ± 2,16%
2006	33.788	26,27	0,00013	1,15%	26,27% ± 2,24%

La tabella si riferisce al campionamento, su base statistica, di 1477 punti sul territorio comunale

¹ Il territorio del comune di Fiumicino, benché in passato appartenente al comune di Roma, non è stato considerato nell'indagine

² L'errore di campionamento è calcolato come radice quadrata della varianza e viene impiegato per la determinazione del limite fiduciale (o intervallo di confidenza) del 95% secondo la seguente formula:

$$p \pm 1,96 \cdot \sqrt{VAR}$$

dove p rappresenta la percentuale dei punti impermeabili per ogni anno campionato, e VAR la varianza (Piccolo, 2000).

Una valutazione dell'andamento del consumo di suolo è stata realizzata mediante un confronto dei risultati ottenuti nei vari anni riportati in termini assoluti e percentuali, considerando i quattro periodi storici (1949-1990, 1990-1994, 1994-2000, 2000-2006), e, su base annua, calcolando il numero di ettari di suolo consumati annualmente. I dati mostrano come l'espansione delle aree urbane sia ben lontana dall'essersi arrestata. In particolare si può notare come il valore degli ettari che ogni anno vengono impermeabilizzati si mantenga elevato anche negli ultimi decenni e, nel periodo 2000-2006, sia tornato nuovamente a crescere (Tab. 3).

Tabella 3 – Aumento del suolo impermeabilizzato, nei quattro periodi considerati, in ettari totali, in termini percentuali ed in ettari per ogni anno

Periodo	Aumento suolo impermeabilizzato		
	[ha]	[%]	[ha/anno]
1949 - 1990	16.720	164%	408
1990 - 1994	3.309	12%	827
1994 - 2000	1.219	4%	203
2000 - 2006	2.351	7%	392

Il confronto della variazione del consumo di suolo con l'andamento della popolazione, ricavato dai dati dei censimenti ISTAT, ha permesso di valutare i metri quadrati di suolo impermeabilizzato pro capite nei diversi anni. Riportando a 100 i valori della superficie impermeabilizzata e della popolazione nel 1949, si evidenzia un disaccoppiamento delle due curve, fino a quel momento parallele, a partire dai primi anni '70. Nuova edificazione e nuovi residenti, che erano andati di pari passo per più di 20 anni, divergono nettamente e la forbice continua ad allargarsi con continuità fino ai giorni nostri: a fronte di una popolazione stabile, o addirittura in diminuzione, il consumo di suolo rimane sostanzialmente costante negli anni con una crescita quasi lineare del suolo impermeabilizzato (Fig. 1).

Per quanto riguarda la quantità di suolo impermeabile pro capite, calcolata in m², si nota come essa sia in progressivo aumento, tanto che dal 1949 al 2006 essa è praticamente raddoppiata (Fig. 2).

Figura 1 – Andamento del consumo di suolo rispetto alla popolazione residente nel periodo considerato. Si noti la forbice tra le curve, che sembra destinata ad allargarsi anche nei prossimi anni

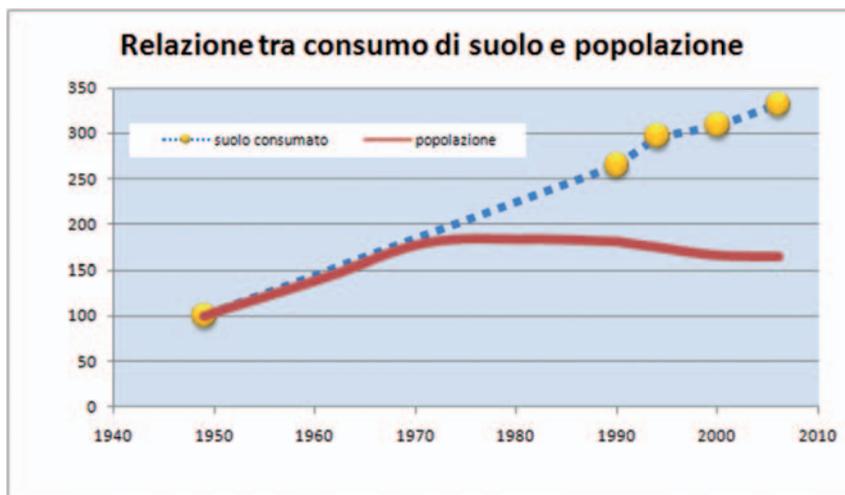
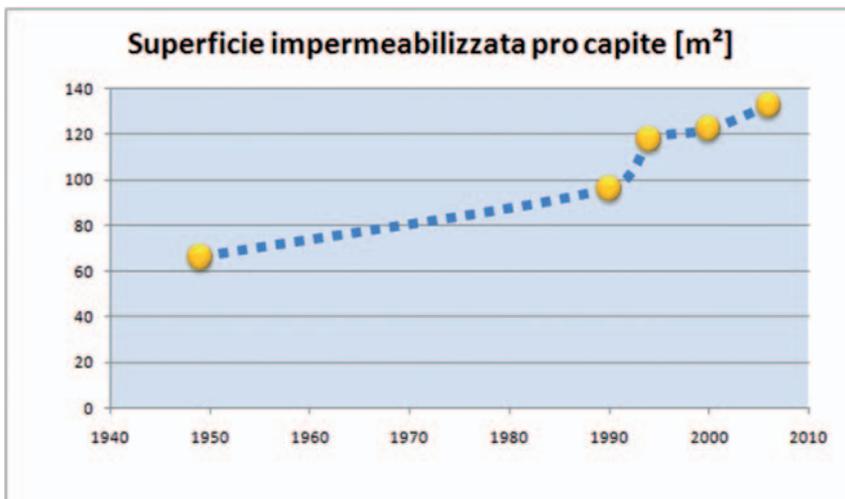


Figura 2 – Aumento del suolo impermeabile pro capite, calcolato in m², nel periodo considerato



Bibliografia

- Berdini P., 2008. *La città in vendita. Centri storici e mercato senza regole*, Donzelli, Roma.
- EEA, 2009. *Environmental Terminology and Discovery Service (ETDS)*, <http://glossary.eea.europa.eu>.
- Maricchiolo C., V. Sambucini, A. Pugliese, M. Munafò, G. Cecchi & E. Rusco, 2005. *La realizzazione in Italia del progetto europeo Corine Land Cover 2000*, APAT, Rapporti 61/2005, Roma.
- Piccolo D., 2000. *Statistica. Seconda edizione*, Il Mulino, Bologna.
- Pileri P., 2007. *Compensazione ecologica preventiva, principi, strumenti e casi*, Carocci editore, Roma.

LA VALUTAZIONE DELL'IMPERMEABILIZZAZIONE DEL SUOLO A SCALA NAZIONALE

MICHELE MUNAFÒ

ISPRA – Dipartimento Stato dell'ambiente e metrologia ambientale

Introduzione

L'impermeabilizzazione del suolo (*soil sealing*) è uno dei processi di degradazione che il suolo subisce a causa dell'urbanizzazione del territorio e del cosiddetto *sprawl*/urbano. Quando il terreno viene impermeabilizzato, si riduce la superficie disponibile per lo svolgimento delle funzioni del suolo, tra cui l'assorbimento di acqua piovana per l'infiltrazione e il filtraggio. Inoltre, le superfici impermeabilizzate possono avere un forte impatto sul suolo circostante, modificando le modalità di deflusso dell'acqua ed incrementando la frammentazione della biodiversità. L'impermeabilizzazione del suolo è pressoché irreversibile.

Non esistono molte definizioni internazionalmente riconosciute d'impermeabilizzazione. Burghardt *et al.* (2004) ne danno tre diverse:

- la separazione dei suoli dagli altri compartimenti dell'ecosistema, quali la biosfera, l'atmosfera, l'idrosfera, l'antroposfera e altre parti della pedosfera svolta da strati od altre strutture di materiale totalmente o parzialmente impermeabile;
- la copertura della superficie del suolo con un materiale impermeabile o il cambiamento della sua natura tale che il suolo diventa impermeabile, questo tipo di suolo non è più capace di svolgere le funzioni ad esso associate;
- il cambiamento della natura del suolo che si comporta come un mezzo impermeabile.

L'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA, 2004) afferma che l'impermeabilizzazione si riferisce al cambiamento della natura del suolo tale che esso si comporti come un mezzo impermeabile (compresa, ad esempio, la compattazione da macchine agricole) o, in alternativa, solo alla copertura permanente della superficie del suolo con materiali impermeabili come, calcestruzzo, metallo, vetro, catrame e plastica (EEA, 2009).

In questo lavoro s'intende per impermeabilizzazione il rivestimento del suolo per la costruzione di edifici, strade o altri usi, senza far rientrare in tale termine i suoli compattati da attività agricole.

La "misura" dell'impermeabilizzazione

In Europa, la superficie di suolo coperta da materiale impermeabile è mediamente pari a circa il 9% della superficie totale degli Stati membri. Nel decennio 1990-2000 la superficie interessata da questo fenomeno nell'UE-15 è aumentata del 6% e la domanda di nuove infrastrutture di trasporto e di nuove costruzioni, rese necessarie dalla maggiore urbanizzazione, è in continua crescita (Giacomich *et al.*, 2008). Nel corso degli ultimi anni, sono state portate avanti a livello europeo diverse iniziative finalizzate alla valutazione dell'impermeabilizzazione a diverse scale nell'ambito, ad esempio, del programma GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*). Anche a livello nazionale e regionale sono state sperimentate metodologie basate su tele-rilevamento o fotointerpretazione allo scopo di derivare tematismi relativi alla copertura del suolo

ed all'individuazione di aree urbanizzate (si vedano, ad esempio, Barberis *et al.*, 2003; Giacomich *et al.*, 2008).

L'APAT ha proposto una metodologia per ottenere una carta nazionale dell'impermeabilizzazione dei suoli, a scala 1:100.000, basata sulla fotointerpretazione a video di ortofoto di un campione di punti localizzati sul territorio italiano (Romano e Munafò, 2005). Nell'ambito del progetto *CORINE Land Cover 2006*, ancora in corso, che ha come obiettivo l'aggiornamento dei dati di copertura del suolo a livello europeo, è prevista, tra i risultati finali, una banca dati geografica specifica sull'impermeabilizzazione dei suoli (*Built-up areas and degree of soil sealing 2006*), realizzata a livello europeo e con un dettaglio geometrico di 20 m¹.

La carta nazionale dell'impermeabilizzazione del suolo

La carta nazionale dell'impermeabilizzazione nasce dall'esigenza di sviluppare procedure standard per creare mappe tematiche di impermeabilizzazione dei suoli al fine di una valutazione omogenea a scala nazionale.

I punti utilizzati per la fotointerpretazione sono quelli impiegati per la validazione dei dati del progetto *CORINE Land Cover 2000* (Maricchiolo *et al.*, 2005). Le unità campionarie sono costituite da punti dislocati in modo casuale all'interno di celle generate da un reticolo sistematico con passo di 5 km appoggiato al sistema di coordinate UTM - WGS 84, fuso 32 N, per un totale di circa 12.000 unità.

Per la realizzazione della carta i punti sono stati fotointerpretati sulla base della copertura di ortofoto digitali del volo IT2000 della Compagnia Generale RipreseAeree. Dall'osservazione delle ortofoto in corrispondenza dei punti è stato possibile ricavare informazioni sul *soil sealing*. La caratterizzazione delle singole classi di copertura/impermeabilizzazione è stata quindi fatta tramite confronto con i dati *CORINE Land Cover 2000* con la prospettiva di poter trarre gli evidenti vantaggi derivanti dal riferirsi ad una nomenclatura comune e dal produrre una cartografia ad una scala che sia significativa a livello nazionale.

La metodologia utilizzata, tuttavia, permette di definire il grado di impermeabilizzazione legato allo sviluppo dell'urbanizzazione ma non quello dovuto ad altre cause (ad esempio la compattazione dei suoli). Il livello di accuratezza raggiunto è derivante dall'impiego di un campione statistico per le valutazioni e, quindi, condizionato dalla numerosità oltre che rappresentatività dello stesso. L'utilizzo dei dati *CORINE* (unità minima cartografata pari a 25 ha) rende, inoltre, l'informazione non utilizzabile per elaborati di dettaglio. L'impiego della stessa rete di monitoraggio dell'impermeabilizzazione del suolo su dati del 2006, permetterà di valutare, su base nazionale, il processo di consumo del suolo e di evoluzione del processo di urbanizzazione del nostro territorio.

Nella Tab. 1 sono riportate le percentuali delle aree impermeabilizzate suddivise per regione. I valori più elevati si riscontrano in Lombardia, Puglia, Veneto e Campania mentre nella carta di Fig. 1 è possibile osservare come le aree impermeabilizzate siano concentrate in corrispondenza delle aree urbane e lungo i principali assi stradali. In particolare il fenomeno assume proporzioni preoccupanti nelle grandi aree di pianura, dove alla componente dovuta all'urbanizzazione deve essere sommata anche quello derivante dall'agricoltura intensiva, e nella fascia costiera.

¹ <http://terrestrial.eionet.europa.eu>

Figura 1 – Carta nazionale dell'impermeabilizzazione del suolo legata all'urbanizzazione

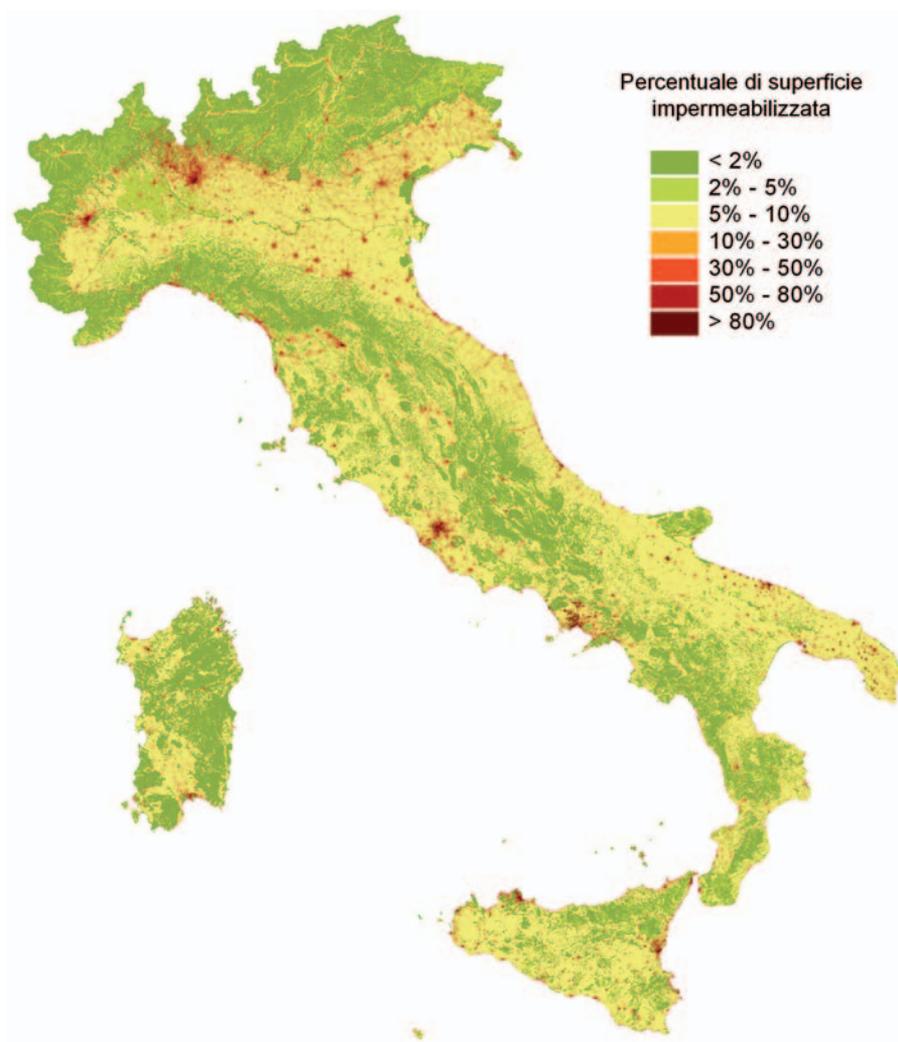


Tabella 1 – Percentuale di superficie impermeabilizzata rispetto alla superficie territoriale regionale

Regione	Area impermeabilizzata [%]	Regione	Area impermeabilizzata [%]
Lombardia	9,3	Piemonte	5,9
Puglia	8,6	Umbria	5,7
Veneto	8,5	Calabria	5,5
Campania	8,4	Abruzzo	5,3
Sicilia	7,8	Liguria	5,2
Lazio	7,7	Molise	5,1
Friuli Venezia Giulia	7,4	Basilicata	4,7
Marche	7,3	Sardegna	4,5
Emilia Romagna	7,2	Trentino Alto Adige	3,3
Toscana	6,0	Valle d'Aosta	2,2
		ITALIA	6,7

Bibliografia

- Barberis R., G. Fabietti, T. Piccoli, R. Vergella, P. Navone, A. Penon, P. Boccardo & E. Agosto, 2003. *Popolamento di indicatori inerenti il territorio e i siti contaminati tramite l'utilizzo di immagini satellitari e ortofoto ad alta risoluzione*. Atti della 7^a Conferenza Nazionale ASITA, L'Informazione Territoriale e la dimensione tempo, Verona 28-31 ottobre 2003.
- Burghardt W., G. Banko, S. Hoeke, A. Hursthouse, T. De L'escaille, S. Ledin, F. Ajmone Marsan, D. Sauer, K. Stahr, E. Amann, J. Quast, M. Neger, J. Schneider & K. Kuehn, 2004. *Task Group 5 on Soil Sealing, Soils in Urban Areas, Land Use and Land Use Planning*. Working Group on Research, Sealing and Cross-cutting issues. Final Report, 05/2004.
- EEA, 2004. *Soil Sealing Workshop. Summary Report*, European Topic Centre Terrestrial Environment.
- EEA, 2009. *Environmental Terminology and Discovery Service (ETDS)*, <http://glossary.eea.europa.eu>
- Giacomich P., M. Munafò, A. Ianiro, M. Ricci, S. Caruso, G. Onorati, E. Lionetti, L. Paglia, M. Carrino, E. Bonansea & M. Alibrando, 2008. *Studio di casi: la valutazione del grado di impermeabilizzazione del territorio*; in: Munafò M. (a cura di), *Valutazione della sostenibilità ambientale ed integrazione di dati ambientali e territoriali*, APAT, rapporti 82/2008.
- Maricchiolo C., V. Sambucini, A. Pugliese, M. Munafò, G. Cecchi & E. Rusco, 2005. *La realizzazione in Italia del progetto europeo Corine Land Cover 2000*, APAT, Rapporti 61/2005, Roma.
- Romano L. & M. Munafò, 2005. *Carta nazionale dell'impermeabilizzazione dei suoli*, atti della 9^a Conferenza Nazionale ASITA, Catania.

INTRODUZIONE ALLA BIODIVERSITÀ E AL BIOMONITORAGGIO DEI SUOLI URBANI

CARLO JACOMINI *, **ANDREA DI FABBIO****, **FIRENZO FUMANTI****, **LETIZIA POMPILI *****,
ANNA BENEDETTI***

* ISPRA – Dipartimento Difesa della Natura

** ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo

*** CRA – Consiglio per le Ricerche e le sperimentazioni in Agricoltura, Roma

Introduzione

Gli ambienti urbani sono ecosistemi che mostrano aspetti chiaramente differenti da quelli naturali, sia per natura che per intensità. Ricordiamo, ad esempio, il processo di alcalinizzazione del suolo e l'accumulo di metalli pesanti (specialmente zinco, rame e piombo) e di idrocarburi incombusti, oltre all'asfaltatura e la cementificazione delle superfici, che sigillano irreversibilmente il suolo. Questo disturbo, accoppiato con stress successivi, sempre ad opera dell'uomo, quali fertilizzanti, pesticidi, deposizioni atmosferiche, contaminanti urbani, calore estremo e traffico pedonale, hanno il potere di produrre proprietà uniche dei suoli (anthrosoli) e delle reti trofiche negli ecosistemi urbani (Park & Grewal, 2009).

In questo contesto, i suoli urbani mostrano alcune caratteristiche distintive (Wiseman 2007): la grande variabilità verticale e spaziale, il volume limitato a causa dell'urbanizzazione o della roccia madre, la struttura del suolo modificata dal compattamento, l'aerazione e il drenaggio limitati, l'attività biologica e il ciclo dei nutrienti interrotti, la presenza di contaminanti, in particolare metalli pesanti (Angelone *et al.* 2002, Manta *et al.* 2002, Hursthouse *et al.* 2004) e composti organici (Cenci *et al.*, 2005), oltre al pH del suolo alterato.

Gli impatti della frammentazione e dell'uso ricreativo sulla vegetazione sottochioma e sulla comunità microbica, misurati ad Helsinki (Finlandia), hanno mostrato che la tolleranza al calpestio aumenta con la produttività del sito, mentre l'impatto sulla vegetazione è proporzionale alla densità di abitanti, tanto che un aumento di 15.000 persone residenti entro un km dall'area forestale determina una diminuzione del 30% del sottobosco (Malmivaara-Lämsä, 2008). Anche i muschi sono la metà nelle aree calpestate. Inoltre, viene segnalato un effetto isola, tanto che le aree frammentate più piccole risultano essere significativamente meno ricche di piante e muschi delle aree urbane di maggiori dimensioni (Malmivaara-Lämsä, 2008). Infine, la struttura delle comunità microbiche del suolo differiscono significativamente tra i sentieri e le aree non calpestate, facendo risentire gli effetti di margine fino ad un metro intorno ai sentieri.

Monitoraggio biologico dei suoli urbani

Uno strumento utile a dedurre la struttura delle modifiche e le regole che governano i cambiamenti nei suoli urbani è il monitoraggio effettuato tramite organismi bioindicatori che, sfruttando la sensibilità ai cambiamenti ambientali, può fornire indicazioni su tali cambiamenti (v. ad es. Agnorelli *et al.*, 2001, Barberis *et al.*, questo volume).

Come anche in altri campi d'applicazione del monitoraggio biologico dei suoli, gli effetti dell'ur-

banizzazione sulla biodiversità e sui servizi ecosistemici del suolo sono stati oggetto di relativamente poche ricerche.

Cenci *et al.* (2005) hanno effettuato in tre parchi della città di Roma uno studio su suoli superficiali e muschi per valutare la determinazione delle concentrazioni di metalli pesanti quali Al, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn, Pt e Rh. I valori ottenuti hanno permesso di valutare l'andamento spaziale e l'origine delle ricadute degli elementi. Inoltre, su un campione medio di suolo per ciascun "parco" è stata stimata la concentrazione di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), policlorobifenili (PCB) e altri composti organoclorurati. Sono stati altresì utilizzati indicatori microbiologici, biochimici e molecolari raccolti nelle aree dei parchi pubblici di Villa Borghese, Villa Ada e Villa Doria Pamphilj. L'insieme dei dati ottenuti ha permesso di avere una visione d'insieme sullo stato di salute dei tre parchi a Roma.

Anche i funghi sono stati utilizzati per monitorare un gradiente di habitat diversi, tra cui boschi urbani (Ochimaru & Fukuda, 2007). In quattro anni di censimento, sono state identificate 132 specie, riunite in cinque gruppi sulla base del substrato di crescita: 22 specie di funghi decompositori della lettiera, 39 parassiti del legno, 10 decompositori del legno marcio (saprofiti), 23 decompositori dell'humus e 38 specie formanti ectomicorrize. Nelle foreste urbane e suburbane, la ricchezza e la diversità dei funghi ectomicorrizici si è rivelata inferiore, in particolare con un limitato numero di Amanitaceae e un'alta frequenza di Russulaceae. Al contrario, sono stati rilevati molti più funghi decompositori della lettiera e patogeni del legno nelle aree urbane rispetto a quelle rurali, mentre i saprofiti e i decompositori dell'humus non hanno mostrato differenze significative. Cambiamenti nella biomassa e nell'attività dei funghi micorrizici possono ridurre sensibilmente il tasso di rigenerazione delle sementi (v. ad es. Waltert *et al.*, 2002), complicando anche il mantenimento delle piante autoctone nei tratti residui di foreste urbane (Malmivaara-Lämsä, 2008).

Anche da un punto di vista microbiologico, la diminuita attività microbica implica tassi di decomposizione della lettiera più bassi, e perciò un cambiamento nei cicli dei nutrienti per tutto l'ecosistema (Pennanen, 2001). Ciò può influire sulla struttura e la diversità delle comunità vegetali (Ettrema & Wardle, 2002).

La fauna ad invertebrati negli habitat artificiali urbani va ancora indagata da un punto di vista sistematico. Ad esempio, Zelezna e Blazejewicz-Zawadzinska (2005) hanno esaminato la diversità di specie dei coleotteri carabidi in tipi differenti di ambienti suburbani e della cintura verde attorno a Bydgoszcz (Bromberg), in Polonia.

Park e Grewal (2009) hanno studiato gli impatti della lunghezza del periodo di urbanizzazione sulle proprietà chimiche e sulle comunità di nematodi in tratti di vegetazione che avevano ricevuto intensità diverse di input antropici.

Per indagare sull'impatto delle influenze dell'urbanizzazione sulle specie di formiche in città, Yamaguchi (2003) ha confrontato la ricchezza di specie nei parchi urbani di Tokyo e della vicina area di Chiba (Giappone), in forte sviluppo urbano, rilevando 43 specie di formiche in 98 parchi.

Anche Sanford *et al.* (2009) hanno valutato le risposte delle comunità delle formiche e della vegetazione all'urbanizzazione nel bacino del lago Tahoe (tra Nevada e California, USA), campionando lungo un gradiente di impatto antropico e urbanizzazione crescente. Le formiche, raggruppate in unità funzionali ("gilde" o SPU: aeratori, decompositori, e compilatori) in base ai servizi ecosistemici forniti, dimostrano di poter fornire un'indicazione significativa dell'antropizzazione, dando risposte proporzionali alle attività umane. Servizi ecosistemici come infiltrazione dell'acqua e produttività del suolo sembrano resistere fino ad uno sviluppo urbano pari al 30-40%, oltre cui vengono ridotti drasticamente.

Jordan e Jones (2007), in uno studio in Ohio (USA), hanno visto che gli invertebrati già dopo un mese riescono a colonizzare tanto i siti con suolo nudo, quanto quelli coperti con quattro tipi di pacciamatura (segatura di legno duro, di legno riciclato, corteccia di pino e ghiaia). I gruppi

tassonomici (*taxa*) rinvenuti erano prevalentemente gruppi saprofiti: millepiedi (32.6%), anelidi (19.8%), isopodi (6.7%), e diverse famiglie di coleotteri (1.5%), mentre le percentuali tra i gruppi di predatori erano: centopiedi (9.8%), formiche (9.7%), coleotteri carabidi e stafilinidi (7.3%), ragni (0.9%). I gruppi di invertebrati erano simili in tutti i tipi di copertura del suolo, benché l'abbondanza di individui fosse differente in maniera significativa. Gli invertebrati erano presenti tutto l'anno nei siti coperti da pacciamatura, e i siti coperti con pacciamatura organica mostravano numeri significativamente maggiori dei siti coperti di ghiaia. Come era logico aspettarsi, il suolo nudo ha evidenziato contenere sempre il numero più basso di invertebrati, mentre non sono state differenze rispetto all'esposizione degli edifici.

Smith *et al.* (2006) hanno effettuato uno studio sulla biodiversità della macrofauna del suolo in 11 parchi pubblici e giardini domestici di diversa grandezza a Londra, identificando le specie di lombrichi, isopodi, millepiedi, centopiedi e formiche. Il valore della biodiversità dei due habitat principali (i bordi degli orti e i prati all'inglese) è stato valutato assieme all'influenza di diversi fattori ambientali sulla densità di specie (numero di specie per unità d'area). Le densità di specie nei giardini domestici erano comparabili con quelle trovate negli ecosistemi naturali, benché i bordi alberati (contenenti un livello maggiore di nutrienti e di biodiversità floristica, a fronte di una concentrazione minore di metalli pesanti) contenessero più specie di invertebrati rispetto ai prati. Variabili utili a predire in maniera significativa le densità di specie nei bordi alberati erano la percentuale di lettiera di foglie, il mese di campionamento e l'acidità del suolo, mentre nei prati le densità di specie erano correlate con la distanza dei campioni dal bordo del prato.

Conclusioni

Lo sviluppo urbano causa un disturbo significativo all'ecosistema del suolo, sia nello spazio sia nel tempo: la rimozione degli strati superficiali del suolo, il compattamento e l'aggiunta di materiali trasportati modificano lentamente, ma costantemente le condizioni fisiche, chimiche e biologiche dei suoli urbani. In questi *habitat* così peculiari, la composizione in specie delle fitocenosi urbane diminuisce sempre più e in genere porta alla sostituzione delle associazioni erbacee naturali con cenosi estremamente poco diversificate (Florgård 2000, 2004; Malmivaara-Lämsä, 2008). In particolare, anche ambienti tipicamente stabili come le foreste sono sottoposte in ambienti urbani a stress a causa della frammentazione degli *habitat*, dell'inquinamento, del calpestio di suolo e vegetazione causati dall'uso ricreativo di tali *habitat*. A causa di questi stress, la composizione e la copertura vegetale possono cambiare (Bhaju & Ohsawa 1998, Florgård 2000, Lehvä-virta & Rita 2002, Littlemore & Barker 2001, Hamberg *et al.*, 2008), così come intere funzioni ecosistemiche, come la decomposizione, la mineralizzazione dell'azoto e la nitrificazione possono diminuire sensibilmente nelle foreste urbane (Goudie 2000).

Tuttavia, gli stress causati dalle città hanno avuto interazioni complesse negli ecosistemi forestali urbani: sono stati riscontrati effetti sia negativi sia positivi sulla funzionalità dell'ecosistema (McDonnell *et al.* 1997). Ad esempio, nelle foreste urbane di New York gli effetti positivi dovuti al fenomeno delle isole di calore e la presenza di lombrichi alloctoni sembrano aver superato gli effetti negativi della contaminazione da metalli pesanti ed aver innescato un aumento nei tassi di decomposizione della lettiera (Pouyat *et al.* 1997).

È tuttavia difficile generalizzare, dato che scarseggiano gli studi degli ecosistemi urbani in aree geografiche differenti e in differenti zone vegetative. Vi è necessità quindi di raccogliere queste informazioni in maniera sistematica, sia sulla varietà nello spazio che nel tempo che si registra nei suoli in ambito urbano e periurbano, per confermare le impressioni ottenute dai primi studi sperimentali. Una prima analisi della mesofauna in un'area protetta nei pressi di Roma (Podrini *et al.*, 2006), infatti, ha fatto registrare il valore dell'indice di qualità biologica dei suoli più elevato registrato finora in Italia, testimoniando come l'assenza di disturbi anche in aree periurbane possa

permettere la conservazione della biodiversità edafica. Sarà tuttavia necessario costruire un database dei casi studio finora effettuati, e progettare sulla base delle informazioni pedologiche disponibili una campagna di monitoraggi mirati, per avvalorare le ipotesi fin qui solo abbozzate.

Bibliografia

- Agnorelli C., Monaci F., Bravi F. e Bargagli R., 2001. *Il biomonitoraggio delle deposizioni atmosferiche di elementi in tracce mediante muschi*. In: Cenci, R.M. e Aleffi. M. (Ed.), *L'utilizzo delle briofite nel monitoraggio ambientale: stato della ricerca in Italia*. EUR 19817 IT
- Angelone M., Armiento G., Cinti R., Somma R. & Trocciola A., 2002. *Platinum and Heavy metal concentration levels in urban soils of Naples (Italy)*. Fresenius Envir. Bull. 8, 432-436.
- Griselli B., Barberis R., Cometto P., Facondini L., Fantone D., Finotti S., Fogliati P.L., Nicola A., Piacentini L., 2009. *Esperienze di caratterizzazione biologica dei suoli urbani torinesi*. Focus. Il suolo e il sottosuolo in città. ISPRA.
- Bhaju D.R. & Ohsawa M., 1998. *Effects of nature trails on ground vegetation and understory colonization of a patchy remnant forest in an urban domain*. Biol. Conservation 85,123-135.
- Cenci R.M., Benedetti A., Pompili L., Mellina A.S., Beccaloni E., Stacul E., Musmeci L., 2005. *Contaminanti organici e inorganici presenti in muschi e suoli urbani: i parchi della città di Roma*. Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo 54 (1-2): 45-55.
- Ettema C.H. & Wardle D.A., 2002. *Spatial soil ecology*. Trends in Ecology & Evolution 17.
- Florgård C., 2000. *Long-term changes in indigenous vegetation preserved in urban areas*. Landscape and Urban Planning 52,101-116.
- Florgård C., 2004. *Remaining original natural vegetation in towns and cities – Introduction*. Urban Forestry & Urban Greening 3, 1-2.
- Giordano S., Sorbo S., Adamo P., Basile A., Spagnuolo V., Cobianchi R.C., 2004. *Biodiversity and trace element content of epiphytic bryophytes in urban and extraurban sites of southern Italy*. Vegetatio 170 (1), 1-14.
- Goudie A., 2000. *The Human Impact on the Natural Environment*. 5th Ed., MIT Press. 511 pp.
- Hamberg L., Lehvavirta S., Malmivaara-Lämsä M., Rita H. & Kotze D.J., 2008. *The effects of habitat edges and trampling on understory vegetation in urban forests in Helsinki, Finland*. Applied Vegetation Science 11, 83-98.
- Hursthouse A., Tognarelli D., Tucker P., Ajmone Marsan F., Martini C., Madrid L., Madrid F. & Diaz-Barrientos E., 2004. *Metal content of surface soils in parks and allotments from three European cities: initial pilot study results*. Land Contamination & Reclamation, 12 ,189-196.
- Jordan K., Jones S., 2007. *Invertebrate diversity in newly established mulch habitats in a Midwestern urban landscape*. Urban Ecosystems, 10 (1), 87-95.
- Kirwan J.L. & Wiseman P.E., 2006. *Do we really value urban and community trees?* Virginia Forests 62(1),10-14.
- Lehvavirta S. & Rita H., 2002. *Natural Regeneration of Trees in Urban Woodlands*. Journal of Vegetation Science 13 (1), 57-66.
- Littlemore J. & Barker S., 2001. *The ecological response of forest ground flora and soils to experimental trampling in British urban woodlands*. Urban Ecosystems 5 (4), 257-276.
- Malmivaara-Lämsä M., 2008. *Effects of recreational use and fragmentation on the understory vegetation and soil microbial communities of urban forests in southern Finland*. Dissertationes Forestales 54, 39 p. URL: <<http://www.metla.fi/dissertationes/df54.htm>>.
- Manta D.S., Angelone M., Bellanca A., Neri R., Sprovieri M., 2002. *Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy*. The Science of the Total Environment 300, 229–243.
- McDonnell M.J., Pickett S.T.A., Groffman P., Bohlen P., Pouyat R.V., Zipperer W.C., Parmelee

- R.W., Carreiro M.M. & Medley K., 1997. *Ecosystem processes along an urban-to-rural gradient*. Urban Ecosystems 1(1), 21-36.
- Marcotullio P.J., Braimoh A.K., & Onishi T., 2008. *Chapter 10. The Impact of Urbanization on Soils*. In: A.K. Braimoh & P.L.G. Vlek (eds.), *Land Use and Soil Resources*, Springer.
- Niemelä, J. 1999. *Ecology and urban planning*. Biodiversity and Conservation 8, 119-131.
- Ochimar, T.; Fukuda, K. 2007. *Changes in fungal communities in evergreen broad-leaved forests across a gradient of urban to rural areas in Japan*. Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne de Recherche Forestiere. 37(2), 247-258.
- Park S., & Grewal P.S., 2008. *Exploring urban soil ecology: Influence of urbanization on soil chemical properties and nematode community*. 93rd ESA Annual Meeting, Milwaukee, Wisconsin, Aug 3-8, 2008. PS 41-57.
- Park S., McSpadden Gardener B.B. & Grewal P.S., 2009. *Exploring urban soil ecology: Influence of the length of urbanization period on soil chemical properties and nematode community*. Ohio Agricultural Research and Development Center, 2008 Grad Student Poster Winners, Ph.D. Category, 3rd place. URL: <http://hdl.handle.net/1811/31882>.
- Pennanen T., 2001. *Microbial communities in boreal coniferous forest humus exposed to heavy metals and changes in soil pH - a summary of the use of phospholipid fatty acids, Biolog® and 3H-thymidine incorporation methods in field studies*. Geoderma 100, 91-126.
- Podrini A., Di Fabbio A., Jacomini C., Dowgiallo G., 2006. *Relationships between pedological matrix and soil mesofauna in the Natural Reserve of Decima-Malafede (Latium): a new approach and possible applications*. Proceedings of the 16th Meeting of the Italian Society of Ecology, 19-22 September 2006, Viterbo/Civitavecchia. <http://www.ecologia.it/congressi/XVI/articles/jacomini-267.pdf>
- Pouyat R.V., McDonnell M.J. & Pickett S.T.A., 1997. *Litter decomposition and nitrogen mineralization in oak stands along an urban-rural land use gradient*. Urban Ecosystems 1, 117-131.
- Sanford M.P., Manley P.N., Murphy D.D. 2009. *Effects of Urban Development on Ant Communities: Implications for Ecosystem Services and Management*. Conservation Biology, 23 (1), 131-141.
- Smith J., Chapman A., Eggleton P., 2006. *Baseline biodiversity surveys of the soil macrofauna of London's green spaces*. Urban Ecosystems 9 (4), 337-349.
- Waltert B., Wiemken V., Rusterholtz H.-P., Boller T. & Baur B., 2002. *Disturbance of forest by trampling: Effects on mycorrhizal roots of seedlings and mature trees of Fagus sylvatica*. Plant and Soil 243, 143-154.
- Wiseman P.E., 2007. *Surviving in an Urban Soil. Urban Forestry at Virginia Tech*. 2007 CVNLA Short Course. URL: <<http://www.cnr.vt.edu/urbanforestry>>.
- Yamaguchi T., 2003. *Influence of urbanization on ant distribution in parks of Tokyo and Chiba City, Japan I. Analysis of ant species richness*. Ecological Research, 19(2), 209-216.
- Zelezna E., Blazejewicz-Zawadzinska M., 2005. *Species diversity of Carabids (Coleoptera, Carabidae) in different types of Bydgoszcz urban green belts and suburban environments*. Folia biol. (Kraków) 53 (Suppl.), 179-186.

ESPERIENZE DI CARATTERIZZAZIONE BIOLOGICA DEI SUOLI URBANI TORINESI

BONA PIERA GRISELLI, RENZO BARBERIS, PATRIZIA COMETTO, LORENZA FACONDINI, DANIELA FANTONE, SILVANA FINOTTI, PIER LUIGI FOGLIATI, ARIANNA NICOLA & LUCIANA PIACENTINI

ARPA Piemonte

Introduzione

In Arpa Piemonte tra il 2005 e il 2008 sono stati effettuati alcuni approfondimenti atti a caratterizzare da un punto di vista ecotossicologico ed ecologico alcuni suoli urbani del capoluogo piemontese. Tali studi sono stati condotti nell'ambito di due progetti finanziati dalla Regione Piemonte.

Le indagini ecotossicologiche in generale rappresentano uno strumento indispensabile per stimare in modo integrato il livello di compromissione di una matrice. Il loro impiego su suoli di siti contaminati o comunque compromessi da inquinamento di tipo diffuso, consente l'acquisizione di informazioni sia sull'effetto complessivo derivante dalle interazioni fra i vari contaminanti, sia sulla loro biodisponibilità. Tali indagini permettono una stima del danno "potenziale" e consentono di monitorare l'effettiva diminuzione degli effetti tossici, unitamente all'aumento dei livelli qualitativi del suolo, a seguito di interventi di bonifica.

L'analisi della struttura delle comunità del suolo rappresenta inoltre un altro tassello di grande importanza in quanto in assenza di comunità ben strutturate e diversificate la funzionalità ecosistemica ne risulta compromessa.

Area d'indagine

Sono stati indagati 5 Parchi di cui 4 localizzati nella città di Torino (Parco del Valentino, Parco Ruffini, Parco della Tesoriera, Parco della Pellerina) e 1 situato nella cintura torinese (Parco della Mandria a Venaria Reale); in aggiunta è stata monitorata un'area a ridosso di un'importante arteria di traffico, dove sono stati eseguiti due campioni: Corso Mortara1 e Corso Mortara2 (il campione 1 era confinante con la strada, il 2 a ridosso del precedente e più distanziato rispetto alla via di traffico).

Materiali e Metodi

Test ecotossicologici

Sono stati eseguiti test ecotossicologici su campioni di suolo superficiale (10-15 cm) essiccati e setacciati a maglia 2mm.

Alcuni test sono stati effettuati direttamente sulla matrice suolo (test di fitotossicità con *Cucumis sativus*, *Lepidium sativum*, *Sorghum saccharatum*, test di inibizione del collembolo *Folsomia candida*, test di tossicità con l'ostracode *Heterocypris incongruens*) altri su elutriati (test di inibizione della bioluminescenza di *Vibrio fischeri* e test di inibizione della motilità di *Daphnia magna*), utilizzando complessivamente 7 organismi; in Tab. 1 sono riportati i metodi adottati. Nella scelta della presente batteria di test si è ritenuto indispensabile includere organismi vegetali, che in qualità di produttori primari, ricoprono un ruolo fondamentale a livello ecosistemico.

Gli elutriati sono stati ottenuti sottoponendo ad agitazione per 30 minuti una parte di campione con tre parti di acqua milliQ o equivalente (diluizione 1:4 w/v), tenendo conto della percentuale di acqua già contenuta nel campione, secondo quanto definito nella Guida tecnica RTI CTN_TES 1/2004.

Analisi ecologiche

E' stata analizzata la mesofauna del suolo con l'applicazione dell'indice QBSar secondo la metodica di Parisi, 2001.

Risultati e discussione

Saggi ecotossicologici

I risultati derivanti dai test ecotossicologici sono stati sintetizzati in Tab. 2.

Per meglio evidenziare il grado di tossicità esibita e confrontare i differenti organismi tra di loro si è ritenuto utile individuare quattro differenti livelli di tossicità a cui è stato associato un colore, secondo i criteri descritti in Tab. 3.

L'organismo più sensibile nei confronti delle matrici analizzate è risultato *Folsomia candida*.

I restanti organismi, ad eccezione di *Cucumis sativus* e *Sorghum saccharatum*, che non hanno evidenziato alcun effetto di inibizione, hanno manifestato talora una debole tossicità.

Il campione che ha esibito maggiori effetti tossici è risultato quello di Corso Mortara1, localizzato più a ridosso della strada, tutti i restanti campioni hanno presentato una debole tossicità con almeno due organismi ad eccezione del Parco della Mandria, ubicato nella cintura cittadina, che è risultato debolmente tossico solo con l'ostracode *Heterocypris incongruens*.

Tabella 1 – Metodiche utilizzate

Organismo	Metodo	Titolo	Parametri	Matrice
TEST ECOTOSSICOLOGICI				
□□□□□ □□□□□□□□	IRSA-CNR 8030 Man 29/2003	<i>Valutazione della tossicità acuta con batteri bioluminescenti</i>	I% EC50	elutriato
□□□□□□□□□□□□ Straus	UNI EN ISO 6341:1999	- <i>Determinazione dell'inibizione della mobilità della Daphnia magna Straus (24h)</i>	I% EC50	elutriato
	ISO/CD 20664 Daphnia 7 giorni	- <i>Determinazione dell'inibizione della mobilità della Daphnia magna Straus (7 giorni)</i>	% EC50	elutriato
□□□□□□ □□□□□□□□	ISO 11267:199 9(E)	<i>Soil quality – Inhibition of reproduction of Collembola (Folsomia candida) by soil pollutants</i>	M% IR%	suolo
□□□□□□□ □□□□□□□ L.	UNICHIM 1651:2003	"	IG%	suolo
□□□□□ □□□□□□□□□□ L.	UNICHIM 1651:2003	"	IG%	suolo
□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ Moench	UNICHIM 1651:2003	"	IG%	suolo
□□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□	Ostracodot oxkit	<i>Chronic direct contact Toxic test for Freshwater sediments</i>	M% Ig%	suolo
ANALISI ECOLOGIC E				
Analisi ecologica del suolo Valutazione Indice BSar Metodo Parisi □□□□□				

Tabella 2 – Risultati endpoints ecotossicologici su suoli o elutriati

	Parco eiro	alrice	Parco Peerina	Parco Valenino	Parco Rini	Parco Tesoriera	Parco La Mandria	Corso Morlara	Corso Morlara
<i>Vibrio fischeri</i>	l %	elutriato	8,3	41,2	46,5	40,8	15,6	17,8	31,1
<i>Daphnia magna</i>	l% (24 h)	elutriato	0	nd	nd	nd	nd	0	0
	l% (7 gg)		12,1	nd	nd	nd	nd	35,6	-10,5
<i>Heterocypris incongruens</i>	M%	suolo	3	13	7	0	22	7	0
	Ig%		2	27	7	7	28	25	10
<i>Folsomia candida</i>	M%	suolo	27	nd	nd	nd	nd	27	42
	Ir%		44,7	nd	nd	nd	nd	61,3	49,5
<i>Cucumis sativus</i>	IG%	suolo	119	106,7	111,8	117,9	118	136	118
<i>Lepidium sativum</i>	IG%		56	58,4	62,2	55,9	98	47	52
<i>Sorghum (radice)</i>	IG%		147	123,2	86,2	104,5	142	123	176
<i>Sorghum (germoglio)</i>	IG%		153	139,5	113,3	124,5	102	111	165

Legenda: nd = non determinato

Tabella 3 – Endpoints tossicologici e giudizi di tossicità

	l	M	IG	Giudizio di tossicità
	≥ 80%	≥ 80%	≤ 20%	molto tossico
	80% < l% ≤ 50%	80% < M% ≤ 50%	20% < IG% ≤ 50%	tossico
	20% < l% ≤ 50%	20% < M% ≤ 50%	50% < IG% ≤ 80%	debolmente tossico
	l% < 20%	M% < 20	80% < IG%	assenza di tossicità

Analisi ecologiche: la mesofauna

Lo studio della mesofauna consente di acquisire informazioni sulla qualità biologica del suolo, che a sua volta è strettamente condizionata dalle caratteristiche chimico-fisiche di questa matrice e da situazioni che più genericamente possono essere definite di stress.

La valutazione dell'indice QBSar si basa sul rilevamento delle "forme biologiche" presenti, intese come un insieme di organismi, che hanno in comune modificazioni morfologiche finalizzate all'adattamento alla vita ipogea. Maggiore è la presenza di organismi con caratteristiche di adattamento, migliore è la qualità del suolo.

Figura 1 – Mesofauna del suolo



Sono stati analizzati complessivamente 10 campioni, così ripartiti: 1 Parco Valentino; 1 Parco Ruffini; 1 Parco La Mandria; 4 Parco Pellerina, 3 Corso Mortara.

In Tab. 4 e in Fig. 2 sono riportati i risultati sintetici derivanti dallo studio della mesofauna.

Il **QBSar** è un indice che si ottiene sommando gli Indici Ecomorfologici Massimali (EMI) di tutti i gruppi sistematici rinvenuti nei 3 campioni (Parisi, 2001).

Scopo principale nella determinazione dell'indice è quindi, attraverso l'individuazione all'interno di ogni gruppo sistematico della forma biologica meglio adattata al suolo, di valutare il grado complessivo di adattamento. Maggiore è il grado di adattamento osservato migliore è il funzionamento delle reti trofiche del suolo e quindi il livello di qualità biologica dello stesso.

Con **FBT** s'intende il numero complessivo di Forme Biologiche, presenti anche con 1 solo organismo, rinvenute complessivamente sulla totalità dei 3 campioni (la metodologia di studio della mesofauna prevede che all'interno di ogni area di campionamento vengano individuati 3 punti, in cui effettuare i prelievi in base a criteri oggettivi e considerando una zona rappresentativa dell'area oggetto d'indagine, con copertura e caratteristiche morfologiche del suolo omogenee).

Con **FEs** s'intende il numero di forme euedafiche non presenti occasionalmente. Una forma euedafica viene considerata come presenza occasionale quando si rinviene in un unico campione e con un numero totale di presenze < 3. Si è infatti osservato che dare rilevanza a forme biologiche adattate alla vita ipogea rinvenute in modo occasionale può comportare una sovrastima del livello qualitativo.

Tabella 4 – Risultati dello studio della mesofauna

	Parco Pell.1	Parco Pell.2	Parco Pell.3	Parco Valentino	Parco Ruffini	Parco La Mandria	Corso Mort.1	Corso Mort.2	Corso Mort.3	Corso Mort.4
□□□□□	107	86	81	86	106	93	97	82	103	75
□□□	10	7	7	7	8	9	8	8	10	10
□□	3	2	2	3	3	3	2	2	3	2

I valori dell'indice QBSar in tutti i campioni esaminati sono risultati piuttosto contenuti, variando da un minimo di 75 a un massimo di 107 (Fig.2). I risultati ottenuti sono indicativi di una qualità piuttosto scarsa del suolo soprattutto se si considera la destinazione d'uso a Parco.

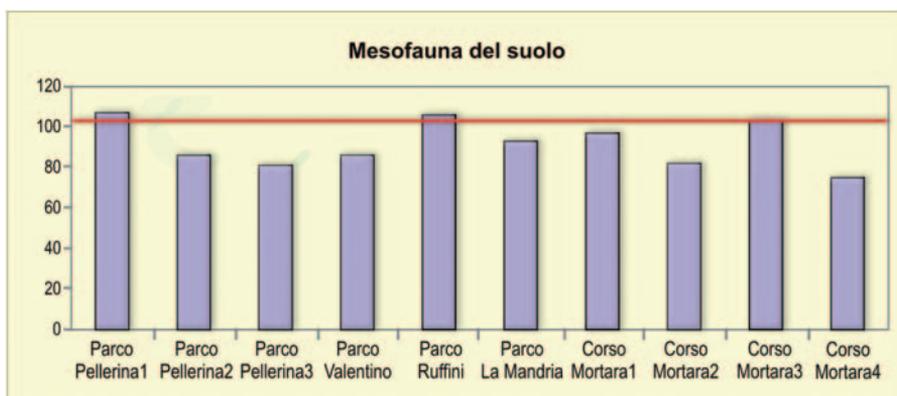
Il valore di QBSar medio ottenuto in Piemonte nei seminativi avvicendati è risultato 103 (dato ricavato da 95 campioni eseguiti nel periodo 2004-2007). I valori ottenuti nel presente studio sono nella maggior parte dei casi inferiori al valore medio dei seminativi, che rappresentano una tipologia d'uso del suolo soggetta forti pressioni antropiche.

La biodiversità osservata è modesta, come pure la presenza di forme adattate. Forme euedafiche quali Dipluri, Diplopodi, Paupodi, Chilopodi, Proturi, Pseudoscorpioni (quest'ultimi si rinvenono solo in condizioni di qualità molto elevata e di norma in altre tipologie d'uso del suolo) sono

completamente assenti. Le forme euedafiche osservate sono riconducibili ad acari e collemboli; esse si rinvenivano frequentemente e sono poco discriminanti da un punto di vista della qualità biologica del suolo. Nei casi in cui si sia osservata una terza forma biologica essa era rappresentata da Sinfili, organismi abbastanza ubiquitari e più resistenti rispetto ad altre forme euedafiche a situazioni di stress.

Le FBT variano da un minimo di 7 a un massimo di 10; nella maggior parte dei campioni si riscontrano imenotteri, larve di ditteri e coleotteri. In 2 campioni di Corso Mortara (TO_310 e TO_312) la comunità è particolarmente povera e banalizzata e si assiste anche alla scomparsa di collemboli adattati. Questa situazione è indicativa di condizioni qualitative modeste del suolo.

Figura 2 – Confronto QBSar dei campioni di studio con il valore medio (linea rossa) riscontrato in Piemonte nei seminativi avvicendati



Le analisi chimiche dei suoli per i parametri pedologici, i metalli pesanti e i contaminanti organici sono riportate in Tab. 4.

Anche se quasi tutti appartenenti alla stessa area geografica, ad eccezione del suolo della Mandria, i suoli presentano caratteristiche differenti sia nelle proprietà chimico-fisiche generali che nel grado di contaminazione.

I suoli dei parchi urbani risultano avere una tessitura sabbiosa o sabbioso-limosa, e un pH neutro o leggermente alcalino; il contenuto in carbonio organico è piuttosto variabile e il rapporto C/N va da valori equilibrati ad altri che denunciano carenze di azoto. Il suolo della Mandria è invece subacido, a tessitura franca ed è ben dotato di carbonio ed azoto.

Tabella 5 –Analisi chimiche dei suoli

	□ □	Cor□	C□N	Co	Cr	Ni	Pb	Zn	C□	ΣPCDD□DF	ΣPCB	ΣIPA □ esan□i
		%		mg/kg						ng/kg	ng/g	mg/kg
Parco Pellerina	7,2	5,3	10	21	139	148	77	210	74	2,73	43	1,2
Parco Valentino	7,2	2,4	10	22	190	140	56	120	56	2,14	10	0,04
Parco Ruffini	7,5	1,04	12	21	210	160	180	290	86	9,04	59	0,91
Parco Tesoriera	7,5	2,2	12	22	230	170	91	170	110	1,94	8	0,24
Parco La Mandria	5,6	3,1	11	38	770	370	56	150	51	4,06	13	0,34
Corso Mortara1	7,5	2,3	15	25	163	150	202	264	92	5,3	59	4,7
CorsoMortara2	7,5	2,6	13	25	165	155	213	297	93	5,98	85	4
<i>Limiti verde (D.lgs.152/06)</i>				20	150	120	100	150	120	10	60	10

Paragonando le concentrazioni dei metalli pesanti totali ai limiti imposti dal D.Lgs. 152/06 per le aree residenziali e a verde pubblico e privato, si nota come i limiti di legge per il Cr, il Ni e per il Co, siano molto spesso superati, probabilmente per le caratteristiche litogeniche dei suoli dell'area torinese, posti a valle di montagne ricche di serpentiniti e rocce ultramafiche; questo è particolarmente evidente nel campione della Mandria. Ovviamente l'origine prevalentemente naturale di questi metalli non esclude la possibilità di un arricchimento di origine antropica.

Il Pb e lo Zn, sicuramente originati da contaminazione antropica, sono presenti in diversa misura, e spesso superano anche i limiti di legge; meno evidente, ma comunque presente, la contaminazione da rame.

Come per i metalli pesanti, anche per i contaminanti organici i livelli di contaminazione differiscono tra i vari suoli e si avvicinano ai limiti di legge, soprattutto nei casi delle diossine e dei PCB, per i quali si riscontra anche un superamento.

Benchè la sommatoria degli IPA non evidenzi dei superamenti dei limiti di legge, i limiti per i singoli IPA per i suoli a verde pubblico sono invece in spesso superati. I superamenti, non evidenziati in tabella, riguardano, in particolare, il Benzo[a]pirene, il Benzo[g,h,i]perilene, il Dibenzo[a,e]pirene, il Dibenzo[a,l]pirene e l'Indeno[1,2,3,cd]pirene, tutti idrocarburi derivanti principalmente dalla combustione di prodotti petroliferi e collegabili al traffico veicolare. Anche in questo caso, come per le diossine e i PCB, si tratta di situazioni non nuove, già riscontrate in precedenti studi sulla contaminazione dei suoli urbani.

Conclusioni

L'utilizzo di parametri ecotossicologici, atti a stimare il potenziale effetto di suoli contaminati, sulla mortalità, metabolismo, capacità di crescita e sviluppo di organismi, unitamente alla valutazione delle alterazioni nella composizione delle comunità biotiche, rappresenta uno strumento indispensabile per indagare con un approccio integrato il rischio ecologico associato alla contaminazione sia essa puntiforme o diffusa.

La analisi ecotossicologiche eseguite nel presente studio in aree di Parco hanno evidenziato una modesta compromissione dei suoli da un punto di vista tossicologico, che è invece risultata più marcata in prossimità della via di scorrimento del traffico cittadino. Queste risultanze si accordano alla presenza di superamenti in tutti i campioni di alcuni metalli (indipendentemente dalla loro origine litogenica o antropica) e talora di composti organici. In particolare in corso Mortara, unico campione in cui si sono ottenuti *endpoints* indicativi di tossicità si sono osservati i più alti superamenti in Pb, Zn e PCB.

Il punto di forza dei test tossicologici è proprio quello di stimare la tossicità derivante dall'interazione di composti differenti, che per effetti sinergici possono rappresentare un rischio per le componenti biotiche dell'ecosistema. Il loro impiego può essere previsto a differenti livelli di indagine: dalla fase di caratterizzazione, al monitoraggio dell'efficacia degli interventi di bonifica. L'analisi della comunità edafica ha invece per tutti i campioni evidenziato una qualità piuttosto scarsa del suolo, indicativa di condizioni generiche di stress attribuibili sia alla presenza di contaminanti, sia di caratteristiche qualitative del suolo tali da non supportare popolamenti di mesofauna sufficientemente adattati e diversificati; in aggiunta una caratteristica fisica sfavorevole è rappresentata da fenomeni di compattazione dovuti probabilmente a calpestio. Seppure le informazioni derivanti dallo studio della mesofauna risultino aspecifiche e non strettamente correlabili alla presenza di inquinanti chimici, esse completano il quadro conoscitivo di un ambiente e rappresentano un utile strumento per monitorarne il recupero o tenerne sotto controllo il livello qualitativo. Non bisogna infatti dimenticare l'importante ruolo funzionale e strutturale svolto dalla meso e micro fauna del suolo e il fatto che, solo in seguito all'evidenza di una sua adeguata ricolonizzazione, si può parlare di effettivo recupero qualitativo di questa matrice.

Bibliografia

- Barberis R., 2005. *Consumo di suolo e qualità dei suoli urbani* - In *Qualità dell'ambiente urbano - Il Rapporto Apat*, APAT 2005, 703-729
- Biasioli M., R. Barberis e F. Ajmone Marsan, 2006. *The influence of a large city on some soil properties and metal content*. Science of Total Environment, 356 (2006), 154-164
- Bretti L., 2006. *Analisi di rischio sanitario-ambientale: confronto tra le linee guida APAT 2005 ed il Dlgs. 152/2006*; Corso di formazione avanzata ARPA/DITAG 2006, Modulo 1.
- Environment Agency UK, 2002. *Review of sublethal ecotoxicological tests for measuring harm in terrestrial ecosystems*, EA 2002, 192 pp.
- Fabietti G, M.Biasioli, F. Ajmone Marsan, R. Barberis, T. Niccoli, F. Alberi, M. Gaino, D. Rizzo & F. Ghioni, 2008. *Suolo*. In *Rapporto sullo stato dell'ambiente in Piemonte*, Arpa Piemonte 2008, 223-241
- Griselli B., 2008. *I test ecotossicologici e le analisi dei suoli contaminati*. In *Guida alla conoscenza della biologia e dell'ecologia del suolo; funzionalità, diversità biologica, indicatori*, Menta C., Oasi, 217-224.
- INIA, 2000. *Desarrollo de criterios para la caracterizacion de suelos contaminados y para determinar umbrales para la proteccion de los ecosistemas*. Instituto National de Investigation y tecnologia Agraria y alimentaria Madrid, Spagna.
- Kamenga J., 2000. *Potential and limitations of soil invertebrate biomarkers : final report of the EU BIOPRINT field project*, SETAC Europe 11th Annual Meeting, Madrid.
- Marchini S., 2005. *Ecotossicologia e qualità delle acque*. Ann. Ist. Superiore Sanità 2005, 41 (3), 371-379.
- Parisi V., 2001. *La qualità biologica del suolo. Un metodo basato sui microartropodi*. Acta naturalia de "Ateneo Parmense" 37, 3/4 (2001),97-106.
- Rota E., 2003. *Test su Folsomia e Eisenia; da seminario: Ecotossicologia dei siti contaminati. Suoli e sedimenti*. UNICHIM Milano 03 /06/2003.
- RTI CTN_TES 1/2004. *Guida Tecnica su metodi di analisi per il suolo ed i siti contaminati - Utilizzo di indicatori biologici ed ecotossicologici*.
- Rutgers M., Faber J., Postma J. & Eijsackers H., 2000. *Site-specific ecological risk: a basic approach to function-specific assessment of soil pollution. The Netherland Integrated Soil Research Programme Report*, Vol.28, RIVM, Aquasense, Alterra.

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE E USO DEL SUOLO

GIUSEPPE CAMPILONGO & GIUSEPPE SGORBATI

ARPA Lombardia

Il continuo processo di trasformazione di aree libere in aree urbanizzate rischia di compromettere la possibilità di mantenere gli spazi necessari per consentire quei delicati equilibri tra specie viventi, di cui anche l'uomo fa parte.

Le modalità di uso del suolo che determinano questa situazione dipendono dal modo con cui oggi l'uomo abita, lavora e si sposta sul territorio. Occorre pertanto farsi carico del problema ispirando ad adeguati criteri di sostenibilità il governo degli usi del suolo, considerandolo quindi una componente ambientale da salvaguardare al pari delle altre.

Abitare, lavorare e spostarsi determinano l'uso del suolo

Come tutti gli esseri viventi l'uomo trae dall'ambiente di cui fa parte quanto gli necessita per i suoi bisogni, che sono determinati dalla necessità di trovare spazi e risorse per abitare, lavorare e spostarsi:

- abitare: azioni finalizzate a proteggersi dalle avversità climatiche e mantenersi in vita, quindi uso del suolo per realizzare abitazioni;
- lavorare: azioni finalizzate alla produzione di ogni tipo di oggetto e servizio e quindi uso del suolo per realizzare gli edifici necessari alle diverse attività produttive;
- spostarsi: azioni finalizzate a consentire la mobilità di persone e cose, quindi uso del suolo per realizzare reti e infrastrutture per la mobilità (strade, ferrovie, stazioni, aeroporti, ecc).

L'evoluzione dei bisogni legata a queste funzioni ha comportato il passaggio da un rapporto compatibile con l'ambiente ad un rapporto in cui il consumo e il degrado delle risorse ambientali ha in molti casi superato la capacità delle stesse di rigenerarsi, con una continua riduzione della biodiversità e dei relativi *habitat*.

Inoltre la popolazione umana è oggi molto più numerosa che nel passato e si concentra nelle aree urbane dove vive e lavora.

Le aree urbane si possono assimilare ad un "organismo vivente con i suoi flussi di materiali che ogni giorno riceve dall'esterno, trasforma e usa, generando rifiuti gassosi, liquidi e solidi" (Nebbia, 2004). Inoltre la domanda di spazi determinata dal tentativo di sfuggire alle criticità presenti nelle aree urbane (inquinamento, traffico, costi elevati degli immobili, ecc.) sta determinando nelle aree limitrofe alle città un'offerta di spazi casuale, non correttamente pianificata e collegata alla rete del trasporto pubblico di massa (*sprawl* urbano), intercalata da grandi centri di vendita e di divertimento.

Le aree urbane si sviluppano quindi senza che l'uomo si ponga il problema di limitare allo stretto necessario l'uso del suolo, che deve invece svolgere anche altre funzioni non comprimibili, come consentire la ricarica della falda¹, costituire spazio vitale per il mantenimento della biodiversità,

¹ Il rapporto tra suolo urbanizzato e suolo filtrante deve mantenersi inferiore al $\leq 55\%$ (Odum, 1994).

ma anche spazio per l'agricoltura.

Il suolo inoltre è stato usato anche per eliminare ogni tipo di rifiuto, creando così problemi di contaminazione che hanno interessato anche le acque sotterranee.

Alcune proposte per un uso sostenibile del suolo

Nell'individuare proposte concrete per rendere sostenibile l'uso del suolo si deve tenere conto sia del suo consumo che delle relative modalità d'uso.

Attualmente la domanda di spazi per la realizzazione di abitazioni e attività è determinata da motivazioni diverse, come la ricerca di luoghi più vivibili e/o adeguati allo svolgimento delle attività, la ricerca di edifici a costi più bassi, la valorizzazione dei patrimoni immobiliari, l'acquisizione di risorse economiche ed opere da parte dei comuni (oneri e opere di urbanizzazione), mentre la risposta dovrebbe tendere il più possibile ad ottimizzare le risorse esistenti.

Si ritiene quindi quantomeno opportuno che questi meccanismi siano ricondotti entro modalità d'uso del suolo che mettano comunque al primo posto il riuso del patrimonio edilizio esistente e delle aree già inserite in contesti dotati delle necessarie infrastrutture e servizi.

Quanto sopra determina l'obiettivo di densificare la città nelle parti dove lo stato del territorio consente di aumentare la concentrazione di abitanti e attività in quanto risulta possibile potenziare e integrare le infrastrutture e servizi necessari, quali l'approvvigionamento idrico, la raccolta e depurazione delle acque reflue, la raccolta e trattamento dei rifiuti, l'eventuale fornitura di acqua calda tramite teleriscaldamento, il trasporto pubblico, le strade, le aree verdi (per citare solo quelli di interesse ambientale). Così facendo si contiene lo sviluppo delle città entro i confini delle aree urbane e si evita di incrementare l'utilizzo dell'auto privata.

Pertanto risulta indispensabile evitare nuove previsioni dove non è opportuno o conveniente estendere la rete delle opere di urbanizzazione primaria e del trasporto collettivo.

Occorre inoltre evitare il più possibile di dividere le aree libere interessate dai tracciati delle infrastrutture collocandole in corridoi già esistenti e prevedendo adeguate fasce di rispetto necessarie per garantire la sicurezza, i futuri ampliamenti e limitare l'esposizione al rumore.

Si ritiene importante che all'interno delle aree urbanizzate siano presenti adeguate aree verdi, ove possibile collegate tra loro e con le aree verdi esterne all'abitato, in modo da costituire un sistema a rete utile per favorire la biodiversità, migliorare il microclima, la qualità dell'aria, ridurre la CO₂, il rumore e aumentare le superfici drenanti. Inoltre si ritiene opportuno prevedere e incentivare la presenza di verde anche nelle aree private.

Al fine di tutelare anche la qualità e salubrità dei suoli occorre che siano recapitati in fognatura tutti gli scarichi di acque reflue, civili e industriali e le acque di prima pioggia.

Per le zone agricole occorre invece prevedere limitazioni all'uso di prodotti chimici e allo spandimento di liquami.

Occorre inoltre evitare la permanenza di centri di pericolo per il suolo (aree industriali dismesse, serbatoi interrati, ecc.) e a regolamentare l'esecuzione di opere interrate al fine di evitare ogni possibile situazione di inquinamento.

L'uso del suolo deve garantire spazi adeguati di collegamento tra le aree di interesse naturalistico (corridoi ecologici) per consentire alla fauna maggiori possibilità di sopravvivenza.

Occorre garantire inoltre l'integrità dei corsi d'acqua e gli spazi necessari per la rinaturalizzazione delle sponde, in quanto elementi portanti della rete ecologica.

Occorre in sostanza che le aree agricole, boscate, a parco, i corsi d'acqua, siano connotati invece per la loro capacità di mantenere e di migliorare la biodiversità e pertanto vanno tutelate e valorizzate.

Ai fini della sostenibilità ambientale occorre inoltre evitare l'uso di suoli ricadenti in aree soggette a esondazione o ubicate in prossimità di versanti instabili e non interporre ostacoli al drenaggio delle acque meteoriche.

Risarcire il consumo di suolo attraverso la compensazione ambientale

La perdita di specie viventi e la sparizione dei loro habitat implica la rottura dei delicati equilibri in cui si trovano gli ecosistemi e quindi delle condizioni che permettono lo scambio vitale di risorse fra esseri viventi, con conseguenze rilevanti sulle condizioni di vita dell'intera biosfera. Tramite azioni di compensazione ambientale è possibile riequilibrare la continua riduzione della biodiversità e degli spazi ad essa necessari in quanto, a fronte di nuovi utilizzi di suolo per abitare, lavorare e spostarsi, si può risarcire l'ambiente, generando nuova natura o migliorando lo stato di naturalità delle parti del territorio non destinate alla urbanizzazione.

La compensazione ambientale consiste quindi in uno scambio tra una parte dell'ambiente che sarà utilizzata per scopi diversi e un intervento di risarcimento opportunamente quantificato (Pileri, 2007). È opportuno prevederla sempre, anche quando le pressioni sulle componenti ambientali sono state adeguatamente mitigate, in quanto si determina comunque un consumo di suolo e quindi di natura. La tutela dell'ambiente non avviene solo attraverso la riduzione e la mitigazione delle pressioni sulle componenti ambientali, ma anche attraverso il mantenimento della biodiversità e dei relativi *habitat*, da cui dipende anche la vita dell'uomo.

Le aree destinate alla compensazione possono essere individuate tra le parti del territorio che hanno ormai perso le loro caratteristiche naturali originarie, oppure in ambienti naturali esistenti che necessitano di essere migliorati o nelle aree agricole nelle quali sia possibile inserire elementi di naturalità come siepi, filari alberati, ecc. . .

È auspicabile quindi la formazione di una riserva di aree, non casuale ma frutto di uno specifico piano di rinaturalizzazione che individui le aree maggiormente vocate, consentendo così di mettere a sistema i singoli interventi di compensazione attraverso un quadro progettuale d'insieme che, partendo dalle diverse tipologie di aree e dai diversi livelli di rinaturalizzazione compatibili, configuri un sistema il più possibile continuo di aree rinaturalizzate. In questo modo si possono prevedere interventi di rinaturalizzazione di maggiore importanza, integrati tra loro e interventi più limitati disseminati nell'urbanizzato.

Le aree possono essere di proprietà pubblica o di privati con i quali concordare la possibilità di attuare interventi di rinaturalizzazione (ad esempio aree agricole nelle quali si pensa di poter introdurre elementi di naturalità), oppure possono essere acquisite dai soggetti cui compete l'effettuazione delle relative compensazioni ambientali. L'entità dovrà essere proporzionale agli impatti degli interventi da compensare.

A riguardo, sono significative alcune esperienze straniere tra cui quella bavarese, che individua una metodologia tecnica in grado di convertire gli impatti delle nuove previsioni in una quantità d'area e in una serie di interventi di rinaturazione.

Questa metodologia si basa su fattori di compensazione calcolati sulla base della qualità naturale delle aree da utilizzare e da rinaturalizzare e delle soluzioni adottate per introdurre natura e per ridurre la copertura del suolo, nell'area da trasformare (Pileri, 2007).

La quantificazione potrebbe basarsi anche su metodi di calcolo come l'*Impronta Ecologica* (Wackernagel *et al.*, 2002 e 2004).

L'impronta ecologica misura quanto è richiesto alla biosfera in termini di terra e acqua biologicamente produttive necessarie per fornire le risorse che usiamo e per assorbire i rifiuti che produciamo.

Si cita infine una recente deliberazione della Giunta Regionale della Regione Lombardia (DGR 22.12.2008, n. VIII/8757 "Linee guida per la maggiorazione del contributo di costruzione per il finanziamento di interventi estensivi delle superfici forestali") che, in attuazione della LR 12/2005 Governo del Territorio, prevede che "*gli interventi che sottraggono superfici agricole nello stato di fatto sono assoggettati ad una maggiorazione percentuale del contributo di costruzione, determinata dai comuni entro un minimo di 1,5 ed un massimo del 5 per cento, da destinare obbligatoriamente a interventi forestali a rilevanza ecologica e di incremento della naturalità*".

Bibliografia

- Chambers N., Simmons C. & Wackernagel M., 2002. *Manuale delle impronte ecologiche. Principi, applicazioni esempi*. Edizioni Ambiente Milano.
- Nebbia G., 2004. *Il metabolismo della città di Roma*. Energia, Ambiente e Innovazione, 5/2004.
- Odum E. P., 1994. *Ecologia per il nostro ambiente minacciato*, Piccin, Padova.
- Pileri P., 2007. *Compensazione ecologica preventiva*. Carocci Editore, Roma.
- Wackernagel M. & Rees W., 2004. *L'impronta ecologica. Come ridurre l'impatto dell'uomo sulla terra*. Edizioni Ambiente, Milano.

PARTE II – IL SOTTOSUOLO E LA CITTÀ

PRINCIPALI RISCHI GEOLOGICI NELLE GRANDI AREE URBANE ITALIANE

EDI CHIARINI, CHIARA D'AMBROGI, MAURIZIO D'OREFICE, FABRIZIO GALLUZZO, ELENA LA POSTA, MARIA TERESA LETTIERI, LUCIO MARTARELLI & MARIA GRAZIA ROSSI

ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia

Premessa

Già nei rapporti precedenti è stata evidenziata l'importanza della cartografia geologica per la conoscenza del territorio, fondamentale per la programmazione e pianificazione (predisposizione di piani regolatori, piani di assetto idrogeologico, piani paesistici, ecc.), per l'individuazione e il corretto sfruttamento delle georisorse, prima tra tutte l'acqua, per la previsione e prevenzione dei rischi naturali, a cominciare da quelli derivanti dal dissesto idrogeologico che caratterizza il nostro paese. Solo una profonda conoscenza dell'ambiente fisico e una corretta programmazione territoriale possono mitigare gli effetti, spesso dannosi e a volte catastrofici, degli eventi naturali che interessano il paese. Questo è particolarmente vero nelle grandi aree urbane dove, per la densità abitativa, l'intensa antropizzazione e la concentrazione di infrastrutture, si aggravano le problematiche ambientali ed aumentano le situazioni di rischio.

Il Progetto di Cartografia geologica alla scala 1:50.000 (Progetto CARG)

Il Progetto CARG è coordinato dal Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia dell'ISPRA e realizzato attraverso la collaborazione con le Regioni e Province Autonome, con i Dipartimenti universitari di Scienze della Terra e con vari istituti del CNR. Le risorse economiche rese finora disponibili hanno permesso di finanziare circa il 40% del totale dei fogli alla scala 1:50.000 che coprono il territorio nazionale.

Il Progetto prevede che il rilevamento geologico venga effettuato alla scala 1:10.000; i dati vengono restituiti alla scala 1:25.000 e stampati alla scala 1:50.000 (in fogli completi di nota illustrativa). Tutti i dati raccolti, di superficie e del sottosuolo, vengono informatizzati e organizzati in una banca dati alla scala 1:25.000. Nel caso di fogli nei quali ricadono grandi centri abitati, in particolare le maggiori aree urbane, è necessario acquisire, oltre ai dati superficiali – generalmente scarsi - una gran mole di dati del sottosuolo, derivanti da pozzi, sondaggi, gallerie, indagini geofisiche, ecc., che permettono di avere un quadro generale non solo della situazione geologica di superficie ma anche di quella profonda. Vengono inoltre raccolti ed elaborati i dati esistenti riguardanti l'idrogeologia, le caratteristiche geotecniche dei terreni, la subsidenza e, più in generale, tutte quelle situazioni di particolare rilevanza dal punto di vista dei rischi naturali (sismico, vulcanico, idrogeologico), derivanti dalle attività antropiche (inquinamento e/o salinizzazione delle falde, instabilità dei versanti, erosione costiera), o che sono conseguenza di una scarsa conoscenza del sottosuolo urbano (es., crolli per la presenza di cavità sotterranee).

Sintesi delle conoscenze

La sintesi delle conoscenze geologiche relative alle città di Torino, Venezia, Genova, Modena, Bologna, Roma, Foggia, Reggio Calabria, Palermo, Messina, Catania e Cagliari, derivanti princi-

palmente dai dati raccolti dal Progetto CARG, sono già state pubblicate in forma più estesa nel II e nel IV Rapporto sulla "Qualità dell'ambiente urbano". In questa sede vengono riproposte (Tabella 1), sotto forma di schede riassuntive, solo le sintesi dei principali rischi geologici che interessano le varie città, già riportate nel IV Rapporto (2007).

Per altre città non sono riportati i dati o perché esse non ricadono in fogli geologici in corso di realizzazione oppure perché i dati finora disponibili non sono sufficienti per avere un quadro esauritivo.

Bibliografia

Chiarini E., D'Ambrogi C., D'Orefice M., Galluzzo F., Martarelli L., Rossi M., 2007. *La cartografia geologica delle grandi aree urbane: città di Torino, Modena, Foggia, Reggio Calabria e Palermo*. Qualità dell'ambiente urbano. IV Rapporto APAT, Edizione 2007.

Galluzzo F. 2005. *La cartografia geologica delle grandi aree urbane*. Qualità dell'ambiente urbano. II Rapporto APAT, Edizione 2005.

Tabella 1 – Principali rischi geologici in alcune aree urbane italiane

Area Urbana	Descrizione dei rischi
TORINO	<p>L'area metropolitana di Torino si colloca in un territorio caratterizzato da una sismicità strumentale di basso grado e anche il rischio connesso ad eventi alluvionali sembra essere relativamente modesto.</p> <p>Nel versante NO della Collina di Torino è presente un rischio idrogeologico da tenere sotto il dovuto controllo, essendo stati rilevati diffusi accumuli di frana.</p> <p>Il sottosuolo di Torino è sede di un acquifero multifalda ed in pressione, su cui giace un primo acquifero superficiale a falda libera che mostra tracce di degradamento qualitativo.</p>
VENEZIA	<p>Il problema principale di Venezia è l'abbassamento relativo del suolo rispetto al livello del mare, conseguenza di tre concause: l'eustatismo e la subsidenza antropica e naturale. Tali fenomeni hanno provocato l'aumento della frequenza e dell'intensità dell'acqua alta nonché l'erosione dei litorali e dei bassi fondali lagunari. Dal punto di vista sismico, l'area urbana di Venezia risulta priva di sorgenti sismiche di rilievo.</p>
GENOVA	<p>L'aspetto orografico, la forte urbanizzazione e il clima fanno sì che il problema principale di Genova, in termini di rischi naturali, sia quello delle alluvioni dei corsi d'acqua che l'attraversano; anche se diffuso e rilevante è il rischio idrogeologico da frana.</p>
MODENA	<p>La città di Modena è soggetta al fenomeno della subsidenza connesso sia a cause naturali sia a cause di tipo antropico. I risultati del monitoraggio effettuato dall'ARPA Emilia-Romagna mostrano un netto miglioramento di tale fenomeno negli anni compresi tra il 2002 e il 2006; in particolare gli abbassamenti intorno a Modena risultano non significativi o limitati</p>
BOLOGNA	<p>A Bologna le condizioni della falda risentono dell'impermeabilizzazione del suolo e degli altri interventi antropici, nonché della presenza di aree depresse (cave, trincee, scavi, ecc.) e di bacini idrici.</p>
ROMA	<p>A Roma la presenza di cavità ipogee, in alcune aree molto estese, al di sotto del tessuto urbano crea pericoli di crolli e voragini. Il rischio esondazione, cui Roma è stata spesso soggetta in passato, è stato notevolmente ridotto con la realizzazione di varie infrastrutture (dighe e muraglioni). Infine Roma risente anche dei terremoti nelle aree limitrofe.</p>
FOGGIA	<p>Per Foggia, localizzata in un territorio caratterizzato da un'idrografia a regime stagionale e da condizioni climatiche a carattere semiarido, assume enorme importanza la disponibilità di riserve idriche sotterranee. L'acquifero principale è tuttavia soggetto ad un uso incontrollato che ne determina il depauperamento, il rischio di inquinamento e la progressiva contaminazione salina. La città, interessata in tempi storici da numerosi terremoti, è stata classificata a medio grado di sismicità.</p>
REGGIO CALABRIA	<p>Localizzata nell'area dello Stretto di Messina, Reggio Calabria presenta elevato rischio sismico, essendo stata colpita nel passato da molti terremoti distruttivi. Inoltre l'area urbana può essere soggetta a forti piene, in autunno ed inverno, in occasione di eventi meteorici intensi e concentrati. Le opere di regimazione dei corsi d'acqua e la mitigazione degli effetti di piena hanno comportato una diminuzione degli apporti solidi, con conseguente aumento dell'erosione costiera e riduzione della fascia litorale.</p>
PALERMO	<p>La città di Palermo è soggetta a rischio sismico e, dato che i terreni su cui poggia il centro storico possono variare anche a distanze di pochi metri, ne consegue una differente vulnerabilità degli edifici.</p> <p>Inoltre è interessante la morfologia dei fondali marini del Golfo di Palermo, caratterizzata dalla presenza di canyon sottomarini, alle cui testate si notano nicchie di frane che interessano la piattaforma.</p>

MESSINA	L'area dello Stretto di Messina è una delle zone a più alta pericolosità sismica d'Italia, essendo stata colpita nel passato da molti terremoti distruttivi. Inoltre dal punto di vista idrogeologico, l'abbassamento delle falde, a causa degli eccessivi prelievi, ha provocato l'ingressione di acqua marina negli acquiferi, suscettibili all'inquinamento soprattutto nelle zone a ridosso del litorale.
CATANIA	Catania, oltre che ad alta pericolosità sismica, è soggetta anche al rischio vulcanico per la vicinanza dell'Etna. Inoltre, attualmente è intensa anche l'erosione dei litorali. Infine, gli acquiferi sono vulnerabili all'inquinamento soprattutto in corrispondenza della costa.
CAGLIARI	A Cagliari, potenziali situazioni di rischio derivano dalla presenza di cavità sotterranee al di sotto del tessuto urbano e, in condizioni meteorologiche particolari, dalle esondazioni, almeno in alcune aree. Inoltre è intensa anche l'erosione costiera.

RISCHIO DA FRANA NELLE AREE URBANE

ALESSANDRO TRIGILA & CARLA IADANZA

ISPRA, Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia

Introduzione

A partire dal secondo dopoguerra, si è assistito ad un forte incremento della pressione antropica sul territorio, la superficie delle aree urbane è più che raddoppiata e tale incremento non è sempre stato regolato da una corretta pianificazione territoriale. Spesso infatti le aree di nuova urbanizzazione sono state ubicate in zone instabili o ad elevata propensione al dissesto, aumentando il rischio da frana.

Il contributo presenta l'incidenza dei fenomeni franosi sulle 33 aree urbane oggetto del presente Rapporto.

La superficie totale dell'urbanizzato dei 33 comuni è di 2.241 km², pari al 12,5% dell'urbanizzato del territorio nazionale.

Metodologia

Al fine di valutare la relazione tra frane ed urbanizzato dei 33 comuni è stata effettuata una sovrapposizione, in ambiente GIS, del livello informativo delle frane censite dal Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) con quello dei "Centri Abitati" del database DB Prior 10K. Il Progetto IFFI, realizzato dall'ISPRA (già APAT) e dalle Regioni e Province Autonome, contiene ad oggi 482.272 frane che interessano un'area di circa 20.500 km² (<http://www.sinanet.apat.it/progettoiffi>). Il DB Prior 10k (Strati prioritari di interesse nazionale), realizzato nell'ambito di IntesaGIS (Intesa Stato, Regioni, Enti Locali sui Sistemi Informativi Geografici), contiene, oltre ai centri abitati, i livelli della viabilità stradale e ferroviaria, dell'idrografia, dei limiti amministrativi del territorio nazionale a scala 1:10.000. Le fonti di acquisizione del dato sono le CTR (Carta Tecnica Regionale) raster o numeriche, le ortofoto B/N o a colori, le CTP (Carta Tecnica Provinciale) raster o numeriche o la cartografia IGM realizzate tra il 1990 e il 2000.

Risultati

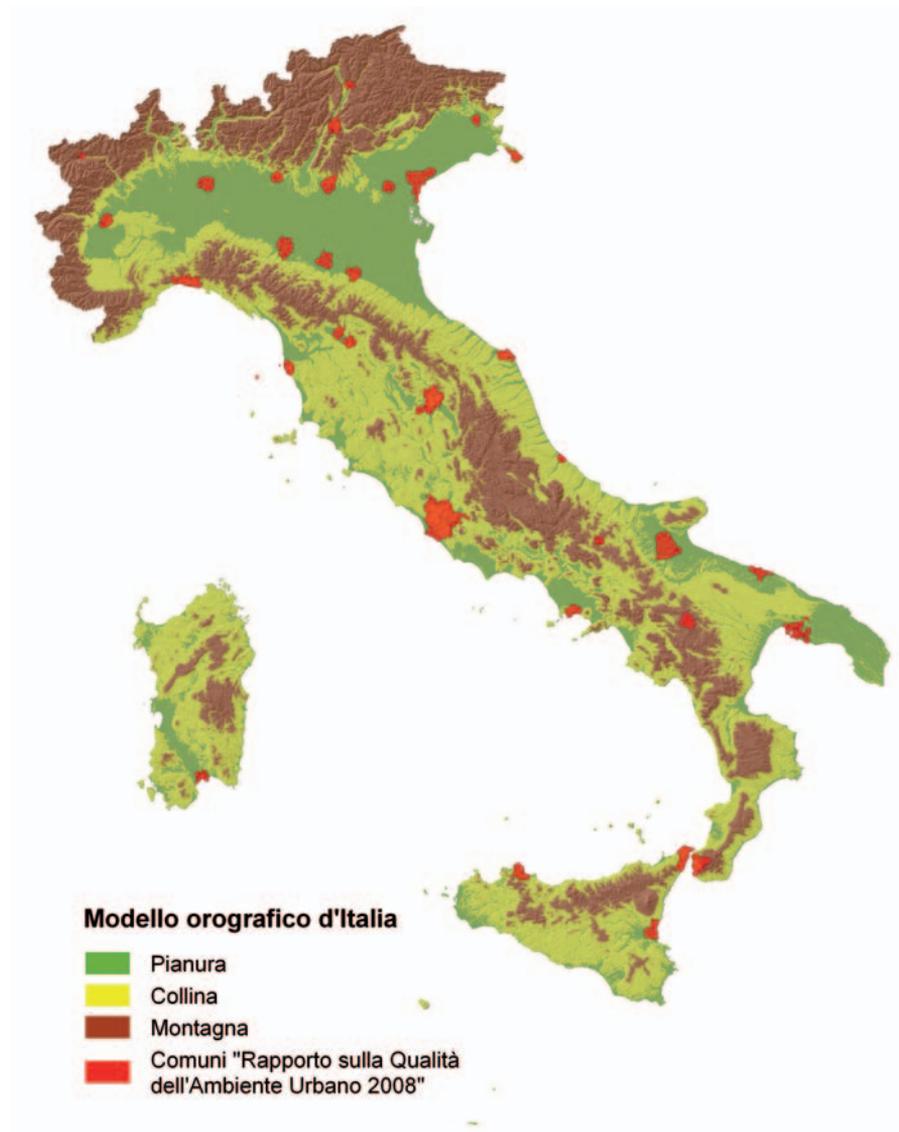
Le elaborazioni hanno fornito i seguenti risultati: 6.172 sono le frane che ricadono nel territorio dei 33 comuni in oggetto, per un'area complessiva in frana pari a 153 km², mentre se si prende in considerazione il solo tessuto urbano le frane sono 1.383 per un'area di 17,06 km² (tabella 1).

Tabella 1 Incidenza delle frane sui 33 comuni analizzati

Comune	N. Frane	Area in frana (km ²)	Urbanizzato (km ²)	N. Frane che ricadono in area urbanizzata	Urbanizzato interessato da frane (km ²)	Urbanizzato interessato da frane (%)
ANCONA	605	26,98	22,15	85	3,00	13,54
AOSTA	15	3,82	8,78	3	0,17	1,95
BARI	9	0,00	63,52	9	0,00	0,00
BOLOGNA	618	6,54	87,71	82	0,93	1,06
BOLZANO	36	2,40	12,29	3	0,17	1,38
BRESCIA	14	0,09	52,81	2	0,01	0,02
CAGLIARI	50	0,42	29,48	40	0,30	1,02
CAMPOBASSO	199	3,10	6,65	12	0,09	1,28
CATANIA	39	0,46	62,22	22	0,14	0,22
FIRENZE	86	2,48	64,77	36	0,52	0,80
FOGGIA	0	0,00	14,90	0	0,00	0,00
GENOVA	640	28,25	75,20	59	4,00	5,32
LIVORNO	38	1,43	29,96	3	0,06	0,21
MESSINA	29	1,27	44,28	2	0,25	0,57
MILANO	0	0,00	141,95	0	0,00	0,00
MODENA	0	0,00	43,30	0	0,00	0,00
NAPOLI	213	0,07	105,66	143	0,06	0,05
PADOVA	0	0,00	68,73	0	0,00	0,00
PALERMO	19	1,43	87,67	0	0,51	0,58
PARMA	0	0,00	42,80	0	0,00	0,00
PERUGIA	1676	23,34	57,29	192	2,07	3,61
PESCARA	13	0,26	26,60	3	0,03	0,11
POTENZA	94	6,33	22,43	10	0,47	2,09
PRATO	92	1,51	40,86	3	0,09	0,22
REGGIO CALABRIA	220	10,37	46,95	45	1,14	2,43
ROMA	55	0,33	570,66	23	0,01	0,00
TARANTO	0	0,00	71,30	0	0,00	0,00
TORINO	969	3,02	113,63	543	1,91	1,68
TRENTO	415	28,67	25,96	49	0,99	3,81
TRIESTE	27	0,54	38,76	13	0,15	0,38
UDINE	0	0,00	35,09	0	0,00	0,00
VENEZIA	0	0,00	68,80	0	0,00	0,00
VERONA	1	0,00	57,63	1	0,00	0,00
TOTALE	6.172	153,13	2.240,80	1.383	17,06	0,76

L'indice di franosità percentuale (IF), ovvero il rapporto tra l'area in frana (153,13 km²) e l'area totale dei comuni considerati (6.595,5 km²) è pari al 2,3%. Tale valore è sensibilmente inferiore al dato relativo al territorio nazionale pari al 6,8%. La differenza è da attribuire all'ubicazione dei 33 comuni in oggetto che ricadono per il 47% del territorio in aree montano-collinari (40% collina e 7% montagna) e per il 53% in aree di pianura, mentre se si considera la superficie nazionale il territorio montano-collinare raggiunge il 75% del totale (fig. 1). Otto comuni (Foggia, Milano, Modena, Padova, Parma, Taranto, Udine e Venezia), ricadendo totalmente in aree di pianura, presentano rischio da frana praticamente nullo.

Figura 1: Ubicazione dei 33 comuni sul modello orografico d'Italia semplificato, ottenuto da un DEM 20x20 metri. Il modello classifica come pianura i territori a quota altimetrica <300 m ed acclività <3°; come collina le aree con acclività >3 o quota compresa tra 300 e 600 m; come montagna i territori a quota >600 m (Trigila et alii, 2008).



Genova, Ancona, Perugia e Torino presentano i valori più elevati di superficie urbanizzata interessata da frane. Per una valutazione del rischio da frana in area urbana occorre prendere in considerazione, oltre alla superficie interessata dai dissesti, anche altri parametri come la tipologia di movimento. Infatti frane di ridotte dimensioni ma con elevate velocità come i crolli possono determinare ingenti danni e vittime o comunque situazioni di grave pericolo come è accaduto a Roma nel 2007. Se si considerano le 1.383 frane che interessano il tessuto urbano, le tipologie di movimento più frequenti sono: gli scivolamenti rotazionali/traslativi (28%), le frane complesse (16%), i colamenti lenti (14%), i crolli (7%) e i colamenti rapidi (5%).

La città di Genova è stata colpita dall'evento di frana più grave in termini di vittime verificatosi in un grande centro urbano. Il 21 marzo 1968 in Via Digione, in corrispondenza di un fronte di una ex cava, una frana di scivolamento di circa 12.000 m³ di roccia calcareo-marnosa investì un edificio provocando il crollo di un'intera ala del caseggiato di sette piani e la morte di 19 persone.

Come affermato nella relazione geologico-tecnica redatta dopo l'evento (Gruppo Ligure ANGI, 1968) la costruzione dell'edificio avvenne senza alcuna opera di bonifica del piazzale e del fronte della cava che era stata chiusa molti anni prima perché ritenuta non sicura per l'attività di coltivazione. Fin dal 1936 infatti vennero segnalati nella ex area di cava frequenti cadute di massi (1936, 1944, 1946 e 1963).

Il fronte di cava è stato successivamente bonificato mediante la realizzazione di un consolidamento attuato con la messa in opera di speroni e cordoli tiratati (Provincia di Genova, 2007).

Figura 2: Frana di Genova – Via Digione: a) Foto ripresa dal crinale della Collina degli Angeli, nei pressi del ciglio di frana (da Gruppo Ligure ANGI, 1968); b) bonifica del fronte di cava (da Provincia di Genova, 2007).



La città di Ancona è stata colpita nella notte del 13 dicembre 1982 da una grande frana profonda con estensione di circa 3,4 km² in terreni plio-pleistocenici argilloso siltosi. I danni causati dal movimento franoso furono rilevanti con molti edifici danneggiati e alcuni completamente distrutti tra cui sedi universitarie ed ospedaliere e con l'interruzione della S.S. 16 Via Flaminia e della linea ferroviaria adriatica. 3.661 persone vennero evacuate dall'area colpita dalla frana. Tale evento è da inquadrare come una riattivazione di un movimento franoso già verificatosi in passato (1858, 1919), che risultava quindi quiescente da più di 60 anni (Cotecchia & Simeone, 1996).

Per la salvaguardia dell'incolumità delle persone residenti nella zona a rischio, dal novembre 2008 è attivo un sistema di monitoraggio della frana 24 ore su 24, che consente di far scattare il piano di allerta e l'eventuale evacuazione della zona qualora vengano registrati movimenti del terreno superiori al valore di soglia (Cardellini & Osimani, 2008).

L'abitato di Perugia invece è interessato da tre grandi frane: la frana di Fontivegge, di Monteluce e di San Francesco al Prato. Il contesto geologico della struttura collinare di Perugia è rappresentato da depositi di origine fluvio-lacustre di età plio-pleistocenica. In particolare la frana di Monteluce è stata interessata a partire dal 1872 da sei fasi di instabilità della durata media di 3-4 anni (1872, 1881-84, 1915-17, 1936-41, 1960-63, 1978-81) intervallate da periodi di stabilità variabili dai 20 ai 30 anni. La frana, che ha causato nel passato gravi lesioni ad alcuni

fabbricati, danni ad alcune vie e rotture delle condotte dell'acqua, del gas e delle fognature, è stata oggetto di interventi di consolidamento e bonifica (Felicioni et alii, 1994).

Per quanto riguarda Torino, i fenomeni franosi si concentrano nella zona collinare ubicata nel settore sud-est della città. La collina di Torino è interessata prevalentemente da scivolamenti corticali (soil slip) che coinvolgono i terreni di copertura superficiale costituiti in prevalenza da depositi eluvio-colluviali. In particolare negli anni 1972 e 1974, in concomitanza con prolungate precipitazioni, si sono verificati un gran numero di fenomeni franosi, che hanno avuto conseguenze gravose per la rete stradale e gli edifici. Spesso i fattori predisponenti di natura antropica hanno avuto un ruolo determinante nell'innescare delle frane della collina di Torino. Analizzando infatti il rapporto tra gli insediamenti antropici e l'ubicazione dei dissesti, è stato rilevato che circa la metà delle frane si sono originate nell'immediata vicinanza di opere viarie, che determinano, con tagli e riporti e con la modifica del naturale deflusso delle acque, condizioni locali di instabilità del pendio (Tropeano, 1978; Bortolami et alii, 2000). Fin dall'inizio degli anni '60 la collina di Torino è stata sede di un progressivo processo di urbanizzazione che ha determinato un notevole incremento del rischio da frana.

Figura 3: Frane della collina di Torino.



Infine per quanto riguarda la Capitale, come già ricordato, il 13 novembre 2007 alle 11:40 si è innescata una frana di crollo sul versante occidentale dei Monti Parioli, che ha interessato la sede stradale di viale Tiziano, danneggiando tre auto parcheggiate e coinvolgendone una di passaggio con il ferimento di tre persone. Il crollo, verificatosi in prossimità di due cavità preesistenti, ha interessato circa 300-400 m³ di materiale riferibile alla formazione fluvio-lacustre, arenaceo-travertinoso che caratterizza l'intero versante. Dopo l'evento è stata immediatamente eseguita una fase di disaggio e pulizia del fronte crollato ed è stata inoltre realizzata una barriera passiva a protezione della sede stradale (Amanti et alii, 2008).

Conclusioni

L'analisi effettuata ha evidenziato che Genova, Ancona, Perugia e Torino sono le aree urbane a

più elevato rischio da frana. E' opportuno sottolineare che la presenza di fenomeni franosi in aree densamente antropizzate determina situazioni di elevato pericolo in quanto anche frane di ridotte dimensioni possono causare vittime e danni ingenti. Le soluzioni al problema vanno ricercate in tre approcci distinti ma tra loro complementari: opere di ingegneria per il consolidamento e la messa in sicurezza di pendii instabili in aree già edificate, reti di monitoraggio strumentale per l'attivazione di sistemi di allerta e allarme che consentono di evacuare le zone interessate da movimenti franosi e, per le aree non ancora edificate, applicazione di misure di salvaguardia non strutturali mediante l'imposizione di vincoli e regolamentazioni d'uso.

Bibliografia

- Amanti M., Cesi C., Vitale V., 2008. *Le frane nel territorio di Roma*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia Vol. LXXX La geologia di Roma, pp. 83-117.
- Bortolami G., De Petrini G., Ferrero A., Troisi C., 2000. *Frane e franosità potenziale della collina di Torino*. Atti del X Congresso nazionale dei geologi "Il territorio fragile": ricerca e applicazione sul dissesto idrogeologico nel mondo: previsione prevenzione mitigazione: conferenza internazionale. Roma, Pontificia università urbaniana, 7-8-9-10 dicembre 2000.
- Cardellini S., Osimani P., 2008. *Living with landslide: the Ancona case history and early warning system*. Proceedings of the First World Landslide Forum, 18-21 November 2008, United Nations University, Tokyo, Japan, ICL (International Consortium on Landslides) – ISDR (International Strategy for Disaster Reduction), pp. 117-120.
- Cotecchia V., Simeone V., 1996. *Studio dell'incidenza degli eventi di pioggia sulla grande frana di Ancona del 13 dicembre 1982*. Atti del Convegno Previsione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca, Alba, 5-7 novembre 1996, pp. 19-29.
- Crescenti U., Calista M., Mangifesta M., Sciarra N., 2005. *The Ancona landslide of December 1982*. Giornale di Geologia Applicata, 1, 53-62.
- Felicioni G., Martini E., Ribaldi C., 1994. *Studio dei Centri Abitati Instabili in Umbria*. Atlante regionale. Pubblicazione n. 979 del GNDCI-CNR.
- Garretti L., Fioietta P., Giordano C., Ballocca A., 2007. *Sistemi informativi geografici per il governo del territorio e della cooperazione tra enti*. Atti della 11° Conferenza Nazionale ASITA, Torino, 6-9 novembre 2007.
- Gruppo Ligure ANGI, 1968. *Relazione geologico-tecnica sulla frana di Via Digione in Genova*. Geologia Tecnica, 4, 145-149.
- Provincia di Genova, 2007. *Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico*. Ambito regionale di bacino 14. Piano degli interventi per la mitigazione del rischio.
- Trigila A (ed.), 2007. *Rapporto sulle frane in Italia. Il Progetto IFFI – Metodologia, risultati e rapporti regionali* (Rapporti APAT 78/2007).
- Trigila A., Iadanza C., Spizzichino D., 2008. *IFFI Project (Italian Landslide Inventory) and risk assessment*. Proceedings of the First World Landslide Forum, 18-21 November 2008, United Nations University, Tokyo, Japan, ICL (International Consortium on Landslides) – ISDR (International Strategy for Disaster Reduction), pp. 603-606.
- Tropeano D., 1978. *Eventi alluvionali del 1972 e 1974: le frane della collina di Torino*. Bollettino della Associazione Mineraria Subalpina, Anno XV, 2, pp. 281-302.

CRITICITÀ IDRAULICHE NEI PRINCIPALI CAPOLUOGHI ITALIANI

GIOVANNI BRACA*, **MARTINA BUSSETTINI***, **BARBARA DESSI****, **CARLA IADANZA****,
BARBARA LASTORIA* & **DANIELE SPIZZICHINO****

* ISPRA - Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine

** ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo

Introduzione

Le caratteristiche geomorfologiche e geologiche del territorio italiano lo rendono particolarmente esposto a fenomeni alluvionali e franosi, spesso innescati da eventi meteorici brevi ed intensi. Focalizzando l'attenzione sulle criticità idrauliche naturalmente presenti sul territorio nazionale, è evidente che esse risultano maggiormente gravose in quelle aree in cui l'urbanizzazione ha profondamente modificato il territorio condizionando sia la risposta agli eventi di precipitazione sia gli effetti in termini di danni economici e sociali. A partire dal secondo dopoguerra con la rinascita economica del paese, si è assistito all'avvio di un processo continuo e crescente di concentrazione della popolazione nei centri urbani, con un effetto non solo di crescita demografica ma anche di alterazione delle destinazioni d'uso del suolo per scopi residenziali, produttivi e infrastrutturali. Tale processo non è stato tuttavia subordinato ad una razionale e preventiva pianificazione territoriale e conseguentemente ha modificato le condizioni di naturale deflusso sulle superfici scolanti, ad esempio attraverso l'alterazione del grado di permeabilità delle superfici stesse, la sottrazione di aree di naturale espansione delle piene mediante restringimento delle sezioni libere di deflusso e la canalizzazione degli alvei.

Negli ultimi decenni, soprattutto a seguito di eventi alluvionali particolarmente gravosi e considerando che la continua urbanizzazione ha di fatto accresciuto il valore dei beni (nell'accezione più generica possibile) esposti al rischio alluvione, si è imposta la duplice necessità di individuare da una parte nuove aree da destinare ad una sempre crescente espansione urbana (a uso residenziale, industriale, etc.) e dall'altra di garantire e in caso ricreare dei corridoi fluviali, specialmente nei tratti urbani, capaci di mitigare fenomeni ad elevata criticità idraulica cui sono spesso imputabili le maggiori conseguenze in termini di costi diretti ed indiretti. L'analisi presentata di seguito ha l'obiettivo di fotografare la situazione attuale dei 33 capoluoghi italiani oggetto del presente Rapporto in termini di criticità e rischio idraulico.

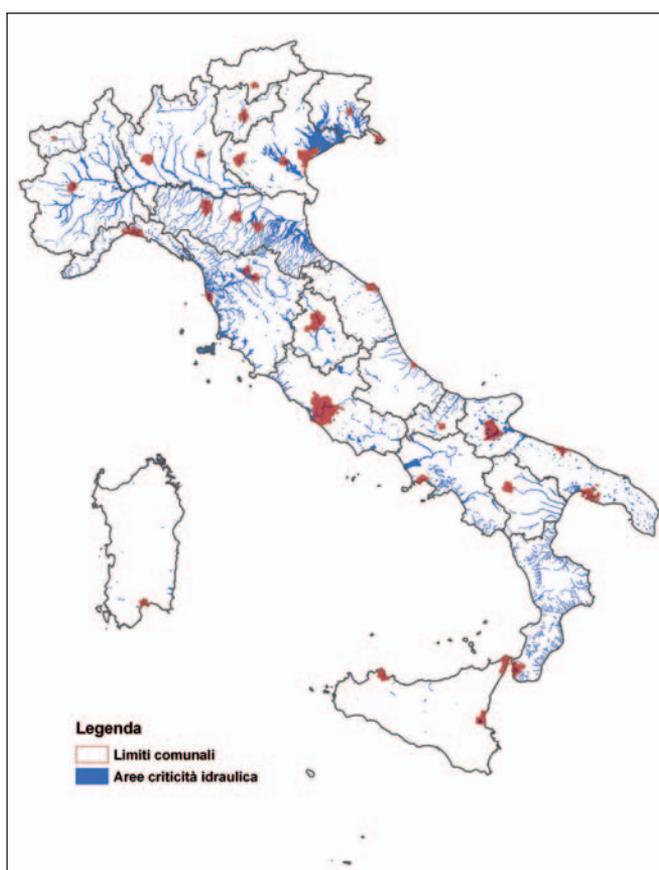
Dati di base ed elaborazione

I dati utilizzati in questa analisi provengono da due database a scala nazionale: il primo, predisposto nel 2006 dalla Direzione Generale per la Difesa del Suolo del Ministero dell'Ambiente a partire dai dati prodotti dalle Autorità di Bacino e dalle Province Autonome nelle attività di studio e pianificazione del territorio, contiene la perimetrazione delle aree definite "ad elevata criticità idraulica" mentre il secondo è il cosiddetto *DB Prior 10K* ossia il *Database degli Strati di Riferimento Prioritari Essenziali* alla scala 1:10.000 realizzato nell'ambito di *Intesa GIS* (Intesa Stato, Regioni ed Enti Locali sui Sistemi Informativi Geografici). Il *DB Prior 10K* contiene una serie di strati informativi di interesse generale quali limiti amministrativi, centri abitati, idrografia e viabilità stradale e ferroviaria.

Mediante la sovrapposizione in ambiente GIS degli strati informativi contenuti nei due database è stato possibile individuare, per ciascuno dei 33 capoluoghi oggetto dello studio, l'area urbanizzata (centri abitati) all'interno della superficie comunale e a discriminare la porzione di area urbanizzata caratterizzata da una elevata criticità idraulica.

I risultati di tale analisi spaziale sono riportati in forma grafica nella figura 1 e sintetizzati in forma numerica nella corrispondente tabella 1. In essa sono riportati per ciascun comune: la superficie totale del territorio comunale, la porzione di superficie comunale costituita da aree urbanizzate sia in termini assoluti sia percentuali rispetto all'area comunale, la porzione di superficie comunale caratterizzata da elevata criticità sia in termini assoluti sia percentuali rispetto all'estensione comunale, la superficie urbanizzata ad elevata criticità idraulica e infine la percentuale del territorio urbanizzato esposto a elevata criticità idraulica.

Figura 1 - Carta delle criticità idrauliche per i 33 capoluoghi.



Analisi dei risultati e conclusioni

Prima di procedere all'analisi dei risultati è opportuno specificare alcuni limiti del presente studio. Si sottolinea, infatti, che nelle elaborazioni realizzate non è stata condotta un'analisi specifica e dettagliata relativa agli elementi esposti, al loro valore, al loro livello di vulnerabilità e agli interventi di messa in sicurezza eventualmente già realizzati o in progetto ma si sono semplicemente considerate come più vulnerabili le città aventi maggiore superficie urbanizzata esposta a criticità idraulica. Un'analisi rigorosa del rischio idraulico in ambito

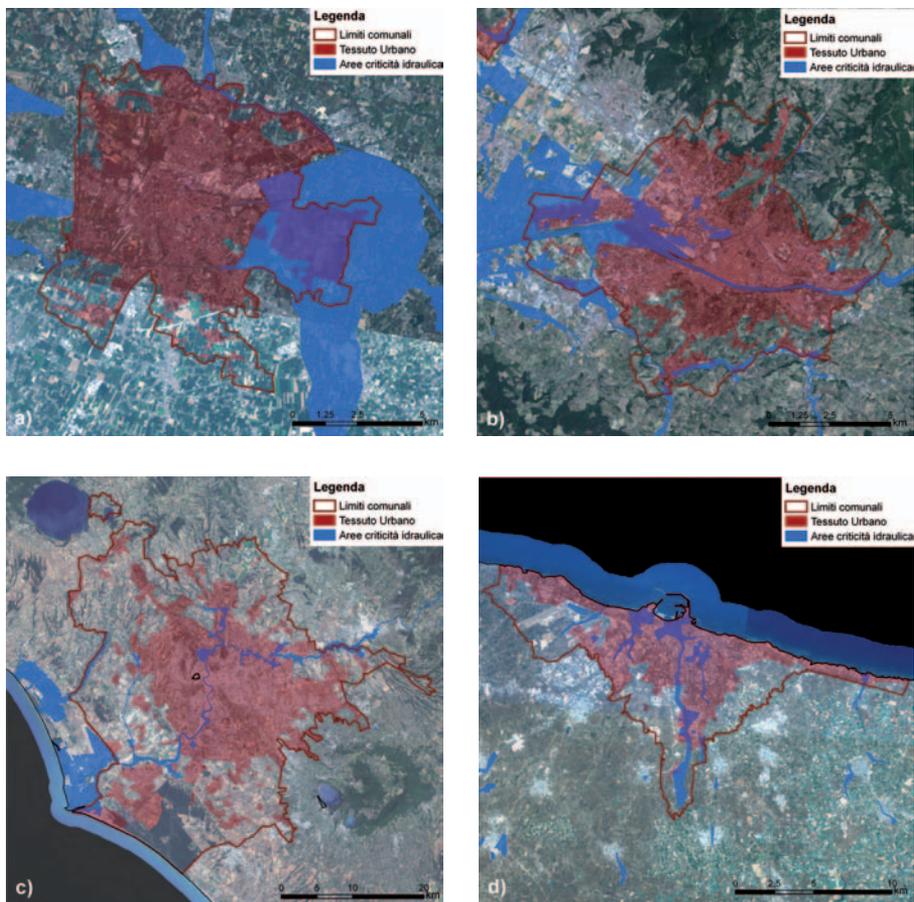
urbano dovrebbe necessariamente comprendere tutti gli aspetti sopramenzionati allo scopo di stimare i costi conseguenti al verificarsi di un fenomeno critico e consentire quindi una corretta pianificazione e programmazione degli interventi di mitigazione. Dall'analisi dei dati contenuti nella tabella 1 si evince che sul totale dei 33 capoluoghi presi in considerazione, solo 9 di essi non presentano all'interno dei confini comunali aree urbanizzate classificate ad elevata criticità idraulica. Di questi in realtà sono appena 5 quelli in cui l'intera superficie comunale non è interessata da aree ad elevata criticità idraulica. Le aree urbanizzate, esposte ad elevata criticità idraulica secondo l'analisi sopra esposta, necessitano di una politica di governo del territorio attenta alla condizione di rischio presente

che si concretizzi in interventi strutturali e non strutturali mirati alla riduzione e mitigazione del rischio (in questa ottica si collocano ad esempio i programmi di interventi urgenti per il riassetto idrogeologico finanziati dal Ministero dell'Ambiente). Per quanto riguarda le aree comunali non ancora urbanizzate, in cui sono state rilevate criticità idrauliche, la pianificazione assume invece un ruolo fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi volti al miglioramento del regime idraulico anche mediante la creazione di vincoli, la riconversione delle attuali destinazioni di uso del suolo e l'utilizzo di pratiche finalizzate alla riduzione del rischio per gli elementi esposti a danneggiamento. Sono di seguito riportati in dettaglio (fig. 2) i quattro capoluoghi per i quali è stata riscontrata la maggiore estensione di superficie urbanizzata esposta ad elevata criticità idraulica.

Tabella 1. - Sintesi dei risultati di sovrapposizione delle superfici urbanizzate e delle aree ad elevata criticità idraulica nei 33 capoluoghi. In blu i capoluoghi che non presentano criticità.

COMUNE	Superficie comunale (kmq)	Superficie urbanizzata (Kmq)	Superficie urbanizzata (%)	Superficie comunale esposta ad elevata criticità idraulica (kmq)	Criticità idraulica per area comunale (%)	Superficie urbanizzata esposta ad elevata criticità idraulica (kmq)	Criticità idraulica per area urbanizzata (%)
ANCONA	124.2	22.1	17.8	0.2	0.2	0.0	0.0
AOSTA	21.4	8.8	41.0	0.8	3.9	0.7	8.0
BARI	116.8	63.5	54.4	12.6	10.8	8.9	13.9
BOLOGNA	141.2	87.7	62.1	9.0	6.3	5.7	6.5
BOLZANO	52.2	12.3	23.5	0.0	0.0	0.0	0.0
BRESCIA	90.4	52.8	58.4	2.7	2.9	2.3	4.4
CAGLIARI	83.2	29.5	35.5	1.0	1.2	0.0	0.0
CAMPOBASSO	56.1	6.6	11.8	0.0	0.0	0.0	0.0
CATANIA	182.6	62.2	34.1	21.6	11.8	0.1	0.2
FIRENZE	102.3	64.8	63.3	14.3	14.0	8.2	12.6
FOGGIA	509.2	14.9	2.9	117.9	23.2	1.6	10.9
GENOVA	237.1	75.2	31.7	8.1	3.4	7.6	10.1
LIVORNO	104.1	30.0	28.8	9.8	9.4	3.5	11.5
MESSINA	213.2	44.3	20.8	0.0	0.0	0.0	0.0
MILANO	181.6	142.0	78.2	1.9	1.1	1.4	1.0
MODENA	183.2	43.3	23.6	9.9	5.4	0.1	0.3
NAPOLI	118.5	105.7	89.1	0.2	0.2	0.0	0.0
PADOVA	92.9	68.7	74.0	15.7	16.9	10.4	15.2
PALERMO	160.0	87.7	54.8	0.0	0.0	0.0	0.0
PARMA	260.6	42.8	16.4	18.3	7.0	1.2	2.9
PERUGIA	450.0	57.3	12.7	14.9	3.3	1.3	2.3
PESCARA	33.8	26.6	78.7	0.6	1.9	0.6	2.4
POTENZA	175.4	22.4	12.8	0.8	0.4	0.2	1.0
PRATO	97.3	40.9	42.0	17.7	18.2	5.2	12.6
REGGIO DI CALABRIA	238.5	47.0	19.7	9.7	4.1	3.7	7.9
ROMA	1287.6	570.7	44.3	42.3	3.3	19.9	3.5
TARANTO	237.3	71.3	30.0	21.2	8.9	6.5	9.1
TORINO	130.6	113.6	87.0	7.9	6.0	7.2	6.4
TRENTO	157.6	26.0	16.5	10.0	6.4	1.0	4.0
TRIESTE	84.1	38.8	46.1	0.0	0.0	0.0	0.0
UDINE	57.2	35.1	61.4	4.8	8.3	0.4	1.1
VENEZIA	416.1	68.8	16.5	0.4	0.1	0.0	0.0
VERONA	198.9	57.6	29.0	0.8	0.4	0.2	0.3

Figura 2. – Dettaglio dell'intersezione fra limiti comunali, superfici urbanizzate ed aree ad elevata criticità idraulica per i comuni di: a) Padova, b) Firenze, c) Roma, d) Bari.



Bibliografia

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2006). *La gestione del rischio di alluvione in Italia: Gli strumenti della pianificazione per l'Assetto Idrogeologico del Territorio* – Documento realizzato dalla Direzione Generale per la Difesa del Suolo in occasione della Conferenza Europea sulla gestione del rischio alluvione (Vienna 17 -18 maggio 2006).

Intesa Stato, Regioni, Enti Locali, 2002. *DBPrior10k – Data Base degli strati di riferimento prioritari essenziali alla scala 1:10.000* Specifiche tecniche WGO1/ DBP10k N 1005 (<http://www.centrointerregionale-gis.it/DBPrior/DBPrior.asp>)

ANALISI QUANTITATIVA DEL LIVELLO DI ESPOSIZIONE DI ALCUNE PROVINCE ITALIANE A FAGLIAZIONE SUPERFICIALE

**LUCA GUERRIERI, ANNA MARIA BLUMETTI, PIO DI MANNA,
LEONELLO SERVA & EUTIZIO VITTORI**

ISPRA, Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia

Introduzione

In Italia, la valutazione del rischio sismico di un'area viene effettuata essenzialmente sulla base degli effetti indotti dallo scuotimento sul costruito, mentre non vengono quasi mai presi in considerazione gli effetti delle dislocazioni in superficie prodotte dalla riattivazione di strutture sismogeniche.

Il territorio italiano è invece interessato da un gran numero di "faglie capaci", ovvero quelle faglie attive in grado di produrre dislocazioni e/o deformazioni significative della superficie terrestre o in prossimità di essa in un prossimo futuro (IAEA, 2003).

Questo lavoro è finalizzato alla definizione di indici che esprimano quantitativamente il livello di esposizione a fagliazione superficiale delle 32 aree urbanizzate oggetto del V Rapporto sulla Qualità dell'Ambiente Urbano. Gli indici sono stati elaborati per il territorio provinciale di ciascuna città, consentendo di evidenziare dove l'interazione tra fagliazione in superficie e urbanizzato raggiunge livelli di criticità.

Metodologia

I rilevanti progressi nel campo della tettonica attiva maturati negli ultimi anni grazie soprattutto all'importante contributo della paleosismologia, hanno incrementato notevolmente le conoscenze sulle caratteristiche e sulla distribuzione areale delle faglie capaci. Anche l'espansione delle aree urbane è oggi monitorata grazie all'applicazione sempre più sistematica delle tecniche di telerilevamento.

La metodologia utilizzata in questa analisi ha previsto l'incrocio delle seguenti banche dati:

- ITHACA (*Italy Hazard from Capable faults*, <http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA/>): è la banca dati che sintetizza a scala nazionale le conoscenze relative alle faglie capaci in Italia. È stata sviluppata e periodicamente aggiornata da ISPRA (già APAT) sulla base della revisione costante della letteratura scientifica sull'argomento. Una prima versione venne pubblicata nel 2000 (Michetti et al., 2000) seguita da successivi aggiornamenti (Vittori, 2004; Di Manna et al., 2006). In ITHACA, oltre alla distribuzione geografica, per ciascuna faglia capace, sono presenti informazioni riguardanti la geometria, la cinematica, i tassi di scorrimento, i rigetti attesi, la sismicità associata, etc.. Attualmente sono presenti circa 1500 faglie concentrate nelle zone tettonicamente attive del nostro paese.
- CORINE Land Cover (*COOrdination de l'INformation sur l'Environnement*, EC-EEA, 1997, http://www.mais.sinanet.apat.it/cartanetclc2000/clc2000/progetto_corine.asp). Si tratta di una banca dati che fornisce a scala paneuropea informazioni omogenee sulla copertura del suolo ricavate da fotointerpretazione di immagini satellitari a scala 1:100.000 (minima unità

cartografabile 25 ettari). Attualmente esistono due coperture relative agli anni 1990 e 2000, mentre la copertura relativa al 2006 è in corso di ultimazione.

Con l'obiettivo di tenere conto nell'analisi del differente livello di pericolosità delle faglie capaci è stato introdotto un coefficiente di fagliazione superficiale (CFS) pari al massimo rigetto atteso in superficie espresso in cm. Tale coefficiente è stato valutato nelle diverse zone sismogenetiche in cui è suddiviso il territorio italiano (zonazione Z_{SS} , Meletti & Valensise, 2004) a seguito di un'attenta revisione dello stato dell'arte sulle faglie capaci presenti in ciascuna zona (Figura 1, si rimanda a Guerrieri et al., 2008 per approfondimenti).

Figura 1 - Suddivisione delle zone ZS9 in classi di massimo rigetto superficiale potenzialmente atteso (da Guerrieri et al., 2008)



In merito all'ampiezza della fascia attorno al lineamento rappresentativo della faglia principale da considerare nell'analisi, si è optato per un valore pari a 600 m (300 + 300 m): tale fascia comprende ragionevolmente gran parte delle strutture secondarie associate alla faglia princi-

pale, comunque in grado di produrre fagliazione superficiale. Allo stesso tempo, tale valore è consistente con la risoluzione grafica delle banche dati di CORINE ed ITHACA.

Gli indici di fagliazione superficiale ($ISF = Index\ of\ Surface\ Faulting$) sono stati elaborati alla scala del territorio provinciale di ciascuna città considerata con l'obiettivo di quantificare il livello di pericolosità e il grado di esposizione dell'urbanizzato (Tabella 1).

I primi due indici stimano la pericolosità da fagliazione superficiale in ciascuna provincia, espressa in termini di percentuale del territorio provinciale esposto a rischio ($ISF_{Area\%}$) pesata con il massimo rigetto atteso in superficie ($ISF_{Critical}$) ad evidenziare l'effettivo livello di criticità.

Altri due indici valutano invece l'espansione dell'urbanizzazione a specifici livelli di pericolosità da fagliazione superficiale, espresso in valore assoluto (ISF_{ExpUrb}) e in valori normalizzati rispetto alla superficie totale della provincia ($ISF_{ExpUrbNorm}$). Gli ultimi due indici ($ISF_{UrbArea\%}$ and $ISF_{UrbAreaCritical}$) focalizzano l'attenzione sulla densità dell'urbanizzazione nelle aree esposte a fagliazione superficiale e mettono in luce eventuali criticità in aree di prossima espansione urbana.

Tabella 1 – Elenco degli indici di fagliazione superficiale (ISF). Area₃₀₀ = area totale a meno di 300 metri dalle faglie capaci; AreaProv = area totale di ciascuna provincia; CSF = Coefficiente di Fagliazione Superficiale; Urb₃₀₀ = area totale urbanizzata in Area₃₀₀; UrbProv = area totale urbanizzata in ciascuna provincia.

No. e	Formula	Descrizione
$ISF_{Area\%}$	$AREA_{300} * 100 / AREA_{Prov}$	Valuta la percentuale del territorio provinciale esposto a pericolosità da fagliazione superficiale.
$ISF_{Critical}$	$AREA_{300} * CSF * 100 / AREA_{Prov}$	Indica per ciascuna zona il livello di criticità della pericolosità da fagliazione superficiale.
ISF_{ExpUrb}	$URB_{300} * CSF$	Valuta per ciascuna zona l'esposizione delle aree urbane (entro 300 m) a specifici livelli di pericolosità da fagliazione superficiale. Da utilizzare per un monitoraggio del fenomeno nel tempo.
$ISF_{ExpUrbNorm}$	$URB_{300} * CSF / AREA_{Prov}$	L'indice precedente, normalizzato con l'area totale della provincia, consente un migliore confronto tra le varie provincie.
$ISF_{UrbArea\%}$	$URB_{300} * 100 / AREA_{300}$	Valuta quanto è urbanizzata un'area esposta a pericolosità da fagliazione superficiale (densità areale di urbanizzazione). E' particolarmente indicata alla risoluzione della singola zona di faglia, ma può essere ricalcolata anche a scala più generale (es. territorio provinciale) per un monitoraggio del fenomeno nel tempo.
$ISF_{UrbAreaCritical}$	$URB_{300} * CSF * 100 / AREA_{300}$	Valuta la densità dell'urbanizzazione esposta a specifici livelli di pericolosità da fagliazione superficiale.

Risultati e conclusioni

L'intersezione della banca dati di ITHACA con le 32 province considerate nel V Rapporto Qualità dell'Ambiente Urbano ha innanzitutto evidenziato che 21 di tali province sono attraversate da faglie capaci. Pertanto, su queste province si è concentrata l'elaborazione degli indici di fagliazione superficiale, descritti al paragrafo precedente (Tabella 2 e Figura 2).

Figura 2 - Distribuzione degli indici di fagliazione superficiale nelle 21 province attraversate da faglie capaci.

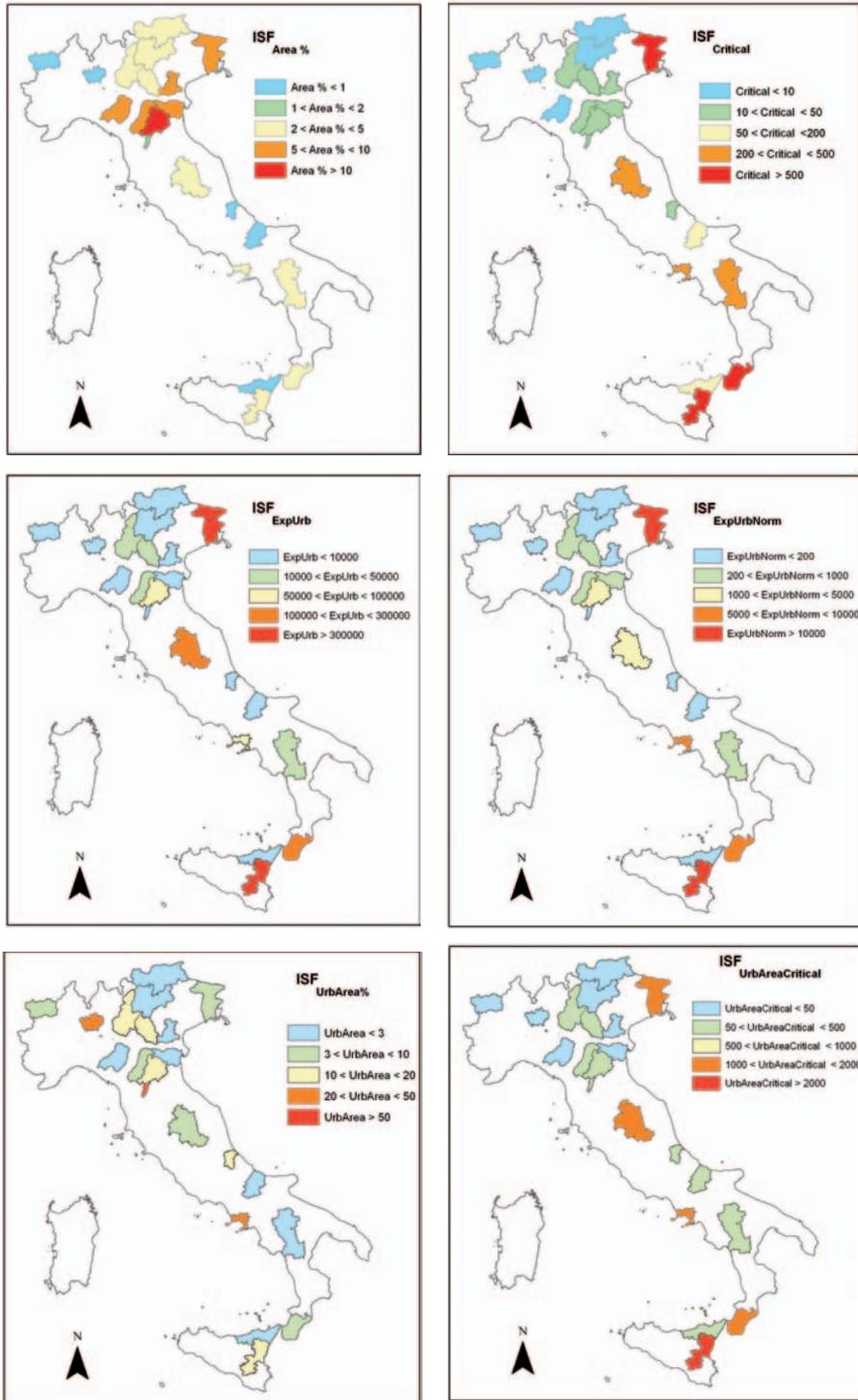


Tabella 2 – Tabella riepilogativa degli indici di fagliazione superficiale nelle 21 province attraversate da faglie capaci.

Provincia	Area Pro km ²	Area Tot km ²	Area CSF km ²	URB km ²	ISF _{Area}	ISF _{Critica}	ISF _{E:Urb}	ISF _{E:UrbNor}	ISF _{UrbArea}	ISF _{UrbAreaCritica}
AOSTA	2456,00	4523,00	23523,00	32523,00	532,00	352,00	532,00	352,00	35,00	5235,00
BOLOGNA	3706,47	456,63	1395,20	46,95	12,32	37,64	65503,76	1767,28	10,28	143,45
BOLZANO	7405,73	166,61	0,00	0,16	2,25	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00
BRESCIA	4799,79	180,52	1046,99	24,68	3,76	21,81	25836,07	538,28	13,67	143,12
CAMPOBASSO	2909,23	24,52	3721,10	0,54	0,84	127,91	1998,14	68,68	2,19	81,47
CATANIA	3549,92	169,20	24935,16	22,24	4,77	702,42	554444,19	15618,52	13,14	3276,78
FERRARA	2635,78	220,02	1286,90	5,40	8,35	48,82	6955,40	263,88	2,46	31,61
MESSINA	3246,21	19,33	2505,55	0,52	0,60	77,18	1298,68	40,01	2,68	67,20
MILANO	1991,40	15,35	1,20	5,04	0,77	0,06	6,05	0,30	32,83	0,39
MODENA	2692,66	250,91	1254,30	21,15	9,32	46,58	26533,59	985,40	8,43	105,75
NAPOLI	1171,96	54,20	4606,63	15,59	4,63	393,07	71833,86	6129,35	28,77	1325,28
PADOVA	2145,11	118,32	215,30	2,49	5,52	10,04	537,00	25,03	2,11	4,54
PARMA	3459,19	316,02	315,82	8,66	9,14	9,13	2734,33	79,05	2,74	8,65
PERUGIA	6328,17	233,71	20186,94	13,81	3,69	319,00	278740,24	4404,75	5,91	1192,68
PESCARA	1224,95	4,77	476,70	0,52	0,39	38,92	246,23	20,10	10,84	51,65
POTENZA	6540,21	142,71	17115,25	2,07	2,18	261,69	35470,18	542,34	1,45	248,55
PRATO	366,33	7,07	70,66	5,70	1,93	19,29	403,04	110,02	80,72	57,04
REGGIO CALABRIA	3181,98	123,70	18185,40	10,39	3,89	571,51	188858,06	5935,23	8,40	1526,80
TRENTO	6212,69	285,46	396,77	0,63	4,59	6,39	250,02	4,02	0,22	0,88
UDINE	4897,68	358,05	25414,26	20,96	7,31	518,90	532696,10	10876,50	5,85	1487,75
VERONA	3101,96	152,16	1300,46	16,05	4,91	41,92	20868,77	672,76	10,55	137,15

La provincia con la maggiore porzione di territorio esposta a pericolosità da fagliazione superficiale è risultata Bologna (oltre il 12%) seguita da altre città dell'Emilia-Romagna (Modena, Parma e Ferrara), da Udine e Padova con valori comunque superiori al 5%. Tuttavia, se teniamo conto dei massimi rigetti potenzialmente attesi in superficie, risulta invece che la provincia a maggiore criticità è Catania, seguita da Reggio Calabria e Udine ($ISF_{Critical} > 500$).

Anche l'esposizione dell'urbanizzato risulta essere massima a Catania e a Udine in termini sia assoluti che relativi. Valori significativamente elevati si registrano anche a Reggio Calabria e Perugia e, in termini relativi, anche a Napoli.

In merito alle densità di urbanizzazione attualmente presente nelle aree esposte a fagliazione, si registra un valore particolarmente elevato nella provincia di Prato dove oltre l'80% delle zone a ridosso di faglie capaci è urbanizzata. Tuttavia tale valore si riferisce alla presenza di una struttura tettonica il cui potenziale di fagliazione in superficie è comunque modesto e non sembrerebbe poter destare particolare preoccupazione come evidenziato anche dal corrispondente indice ponderato ($ISF_{UrbAreaCritical}$). A parte il caso di Prato, valori elevati risultano soprattutto nelle province di Napoli e Milano, le cui zone a rischio sono urbanizzate circa al 30%. Considerando il livello di pericolosità effettiva delle faglie capaci, le criticità maggiori si hanno invece nella provincia di Catania seguite da quelle di Reggio Calabria, Udine, Napoli e Perugia.

Occorre tener presente che il valore numerico degli indici sopra riportati può essere soggetto a cambiamenti anche rilevanti, in quanto i dati di input, soprattutto per ITHACA, sono in costante aggiornamento e la stima del CSF, in assenza di dati più affidabili disponibili per l'intero territorio in oggetto, ha seguito un metodo speditivo piuttosto approssimativo, basato sulla zonazione sismica esistente. Bisogna inoltre considerare il modesto livello di risoluzione di CORINE

che, in più, non considera alcune tipologie di *lifelines* sepolte (gasdotti, acquedotti, oleodotti, etc.). Infine, l'analisi qui presentata si basa su un approccio di tipo deterministico, che non definisce il livello di probabilità di accadimento del fenomeno. In effetti, lo stato attuale delle conoscenze non permette valutazioni di tipo probabilistico, che, peraltro, hanno spesso un valore puramente indicativo anche nelle stime di hazard sismico. In conclusione, la metodologia proposta in questo studio ha consentito di evidenziare i territori provinciali a maggiore criticità sia in termini di pericolosità da fagliazione superficiale sia in termini di esposizione dell'urbanizzato, sottolineando la presenza di un fattore di pericolosità generalmente trascurato nella pianificazione territoriale e nelle stime di rischio. In prospettiva, l'analisi del fenomeno a scala nazionale evidenzia la necessità di affrontare il problema della presenza delle faglie capaci da un punto di vista normativo. A tal riguardo, è auspicabile che, come già avviene in diversi altri Paesi, vengano introdotte nella pianificazione territoriale specifiche misure finalizzate a limitare l'espansione urbana in corrispondenza di faglie capaci, o quantomeno richiedere studi di dettaglio preventivi volti a caratterizzarne l'effettiva "capacità" di produrre rotture in superficie.

Bibliografia

Di Manna P., Blumetti A. M., Fiorenza D., Ferrel L., Giardina F., Michetti A. M., Serva L. & Vittori E., 2006. *ITHACA (version 2006): new data on capable faults in Italy*- ECONGEO 2006 - Barcellona 13-16 giugno 2006 - vol abstracts.

European Commission, European Environment Agency, 1997. *CORINE Land Cover Technical Guide*. Guerrieri L., Blumetti A.M., Di Manna P., Serva L. & Vittori E., 2008. *The exposure of urban areas to surface faulting hazard in Italy: a quantitative analysis*. Proceedings of the Conference "Rischio sismico nella Lombardia orientale", Boll. Soc. Geol. It. (Ital. J. Geosci.), Brescia, 4-5 Dicembre 2006.

IAEA, 2003. *Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants* - Safety Standards Series No. NS-G-3.3, 40 pp.

Meletti C. & Valensise G., 2004. *Zonazione sismogenetica ZSS* - App.2 al Rapporto Conclusivo. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03. n. 3274) - INGV- <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>

Michetti A.M., Serva L. & Vittori E., 2000. *ITHACA - Italian Hazard from Capable Faults*. CD-Rom prepared for GEOITALIA, 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brasil.

Vittori E., 2004. *The map of capable fault of Italy*. Invited paper. Abstract volume of 32nd International Geological Congress, Florence, Italy, August 20-28, 2004, part. 2, 1463.

GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE

GIOVANNI CONTE, GENNARO MARIA MONTI, GUIDO MOTTERAN

ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia

Premessa

Le acque sotterranee costituiscono in gran parte del territorio nazionale la principale fonte di approvvigionamento per le attività agricole e industriali e per gli acquedotti. Infatti dalle stime fornite a livello nazionale si rileva che lo 87% circa dell'acqua utilizzata proviene da sorgenti e falde, mentre solo il 13% deriva da acque superficiali (di fiume e di lago). Le falde, sulla base delle previsioni programmatiche, continueranno quindi a svolgere un ruolo strategico anche nel prossimo futuro e pertanto è indispensabile utilizzarle nella maniera più possibile razionale salvaguardandole dallo sfruttamento incontrollato e dai processi di contaminazione.

Nel caso delle acque di falda dei grandi centri urbani si può considerare prevalente l'uso destinato all'irrigazione delle aree verdi ed il prelievo connesso alle attività produttive. Negli ultimi anni, tuttavia, lo sviluppo della tecnologia per lo sfruttamento della risorsa geotermica a bassa entalpia per il riscaldamento privato in ambiente urbano ha determinato un nuovo tipo di interesse verso le falde acquifere.

Il rischio di depauperamento della risorsa idrica locale dei centri urbani dipende da vari fattori. In generale nell'ambiente urbano, malgrado l'elevata densità abitativa, si riscontra un'attività di prelievo dalle falde sottostanti ridotta rispetto al territorio circostante. Si veda a tale proposito il grafico di figura 1 ricavato dai dati ISTAT sull'estensione dei comuni d'Italia e delle corrispondenti aree urbanizzate, e dai dati dell'archivio delle indagini del sottosuolo ai sensi della L.464/84 dell'I.S.P.R.A./Servizio Geologico d'Italia. Il rapporto tra la densità di pozzi sul territorio urbanizzato di un campione di alcuni grandi comuni italiani e la densità calcolata sulle rispettive aree extraurbane, risultando inferiore all'unità evidenzia, nell'ambito campione utilizzato, la tendenza ad una minore densità di punti di captazione nel territorio urbanizzato rispetto al resto del territorio.

L'approvvigionamento idrico dei centri urbani di grandi dimensioni avviene soprattutto a spese di serbatoi naturali posti in aree anche molto distanti, collegate dalla rete di distribuzione acquedottistica.

Nei centri urbani minori, ove non sia sufficiente l'apporto degli acquedotti per l'intero ciclo di utenza annuale, può diventare rilevante il prelievo locale. Utilizzando le stesse fonti di dati precedentemente citate, si osserva che la densità di pozzi nel territorio extraurbano di piccoli comuni (area urbanizzata < 3 km²), nel 98% dei casi è minore di quella riscontrabile nella rispettiva area urbanizzata. Nel grafico di figura 2, in riferimento ad un campione di oltre 200 comuni in tutta Italia, viene riportata la distribuzione delle densità riscontrate nei piccoli centri urbanizzati rispetto all'estensione della corrispondente area urbana. Nel campione considerato, la densità dei pozzi cresce esponenzialmente con la diminuzione dell'area urbanizzata.

Figura 1 – Rapporto tra densità dei pozzi dell'area urbana ed area extraurbana comunale

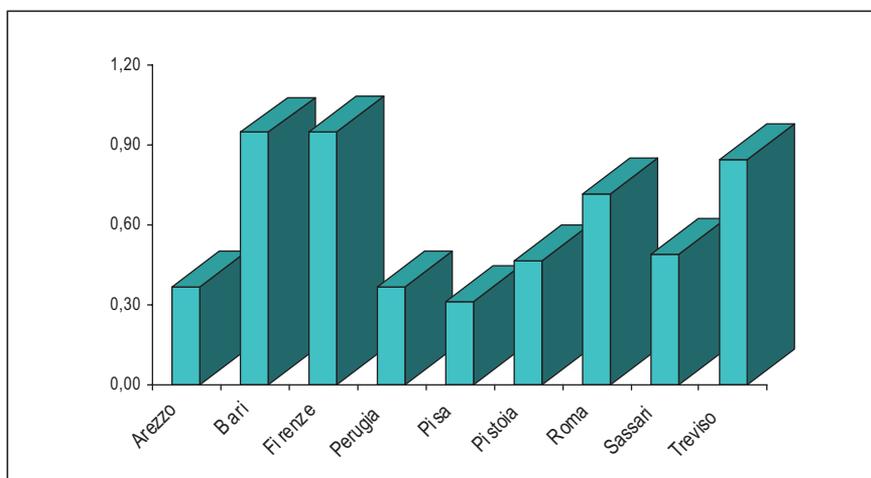
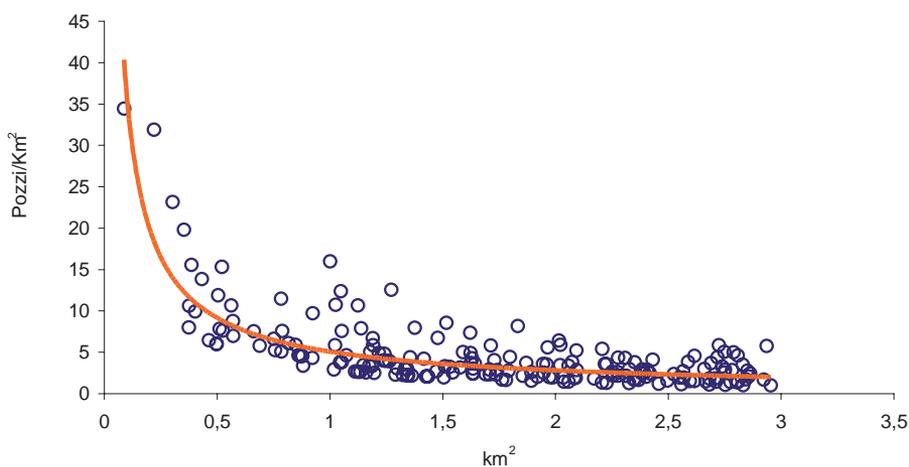


Figura 2 – Densità dei pozzi in area urbanizzata in centri abitati < 3 Km³



Le problematiche relative alla gestione delle risorse idriche sotterranee

La subsidenza, che si manifesta in modo esteso in alcune aree di pianura come conseguenza dello sfruttamento incontrollato delle falde acquifere, possono essere causa di dissesti nei centri urbani, come si è verificato negli ultimi decenni nel centro storico di Bologna.

Un altro fenomeno che sta verificando negli ultimi anni è costituito dall'innalzamento del livello della falda.

Uno degli esempi più noti in Italia è l'innalzamento della falda acquifera avvenuto a Milano tra il 1995 ed il 2000 con allagamenti di stazioni del metrò, autosilo e scantinati. L'analisi delle voci di entrata e di uscita del bilancio idrico del territorio (precipitazioni atmosferiche, perdite dalla rete, emergenze idriche naturali, prelievi evapotraspirazione ecc.) effettuata dalla Provincia di Milano dal 1996 ha permesso di individuare le cause di tale fenomeno. Si tratta in particolare dell'effetto combinato della dismissione industriale dell'area con conseguente diminuzione dei prelievi idrici e dell'incremento del tasso di piovosità dopo un periodo di scarse precipitazioni durato circa un decennio.

Analogamente, nella zona orientale dell'area urbana di Napoli, allagamenti di scantinati provocati dall'innalzamento della falda superficiale hanno creato negli ultimi anni condizioni di rischio per la stabilità strutturale degli edifici. Come nel caso precedente l'analisi dei dati ha portato ad individuare, come causa generale di tali innalzamenti, la diminuzione dei prelievi d'acqua di falda per usi civili all'interno del bacino idrogeologico in cui ricade la fascia orientale di Napoli caratterizzato da un acquifero freatico di notevole spessore variabile dai 50 ai 100 metri. Tali prelievi sono quelli effettuati dall'ARIN (Azienda Risorse Idriche Napoli) nei campi pozzi di Lufrano e di Acerra il cui emungimento è iniziato rispettivamente nel 1946 e nel 1989 ed è diventato consistente tra la fine degli anni '80 e l'inizio degli anni '90. I cospicui attingimenti avvenuti nel tempo hanno causato abbassamenti del livello piezometrico in una estesa area all'intorno dei campi pozzi con conseguente modifica dei limiti dello stesso bacino idrogeologico.

Dall'anno 2000 la riduzione dei volumi dei prelievi dai campi pozzi ha innescato l'inversione del processo tendendo verso l'equilibrio naturale originario della falda.

Un altro fattore di rischio piuttosto comune in ambiente urbano è costituito dall'interferenza con la falda idrica di opere connesse con l'attività edilizia come le gallerie stradali ferroviarie e metropolitane e più in generale le opere di scavo.

Ad esempio, il depauperamento degli acquiferi derivante dalla realizzazione di tali opere può provocare fenomeni di assestamento nei terreni di fondazione dei rilevati.

Un'ulteriore possibile causa di interferenza con i corpi idrici naturali sottostanti le aree urbanizzate sono le perdite delle reti idrauliche cittadine.

Conclusioni

Nell'ambito della pianificazione e della gestione di molte aree urbane in continua espansione, le caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo costituiscono un importante elemento di valutazione.

Nel già citato caso di Milano, ad esempio, la disponibilità di registrazioni storiche della soggiacenza della falda e di altri parametri di natura urbanistica e climatica hanno, da un lato, consentito di individuare la causa del fenomeno di innalzamento e dall'altro, hanno messo in evidenza l'ordine di grandezza della variabilità nel tempo dei parametri in gioco.

E' quindi importante creare le condizioni per una valutazione complessiva del bilancio idrico nelle aree urbane e limitrofe tra la risorsa disponibile ed il fabbisogno, da cui derivare un criterio di pianificazione della gestione delle acque sotterranee che preveda un adeguato monitoraggio.

Bibliografia

Bonomi T., Cavallin A., 2007. *La struttura idrogeologica e le variazioni piezometriche: elementi critici nella gestione delle acque sotterranee*. Giornale di Geologia Applicata 5 125-134.

M.V. Civita, 2008. *L'assetto idrogeologico del territorio italiano: risorse e problematiche*. Quaderni della Società Geologica, n.3.

Corniello A., Ducci D., Catapano O., Monti G. M., 2003. *Variazioni piezometriche nella zona orientale della città di Napoli*. Quaderni della Geologia Applicata , 10/2 Pitagora Editrice Bologna.

SITI CONTAMINATI E RISORSE IDRICHE: PROBLEMATICHE EMERGENTI NELLE AREE URBANE

NICOLETTA DOTTI & GIUSEPPE SGORBATI

ARPA Lombardia

Premessa

Le aree metropolitane sono caratterizzate da una forte proliferazione di nuovi insediamenti abitativi che interessano sia aree industriali dismesse che porzioni non ancora sfruttate di suolo cittadino. La problematica interessa pesantemente anche le maggiori aree metropolitane italiane ed in particolare quella milanese, che sta vivendo un nuovo boom edilizio anche in vista dell'Expo 2015.

Un'area interessata da un grande sviluppo del settore industriale, per Milano sicuramente il più rilevante e diversificato a livello nazionale, è caratterizzata da una grande quantità di aree dismesse, potenziali minacce per l'ambiente e la salute dell'uomo per un verso, ma anche importanti occasioni per la riqualificazione della città.

Le criticità emergono dall'intreccio di problemi ambientali, economici e normativi, che condizionano notevolmente la sostenibilità degli interventi e, conseguentemente, la loro attuazione.

Le occasioni di sviluppo sono invece legate al riuso delle aree, spesso collocate in posizioni non più marginali, ma divenute luoghi di alto valore e di infrastrutture importanti e quindi strategiche nel quadro urbano e altrettanto spesso occasione, prive di alternative, per lo sviluppo edilizio. Di conseguenza, la fattibilità economica delle bonifiche si lega in maniera diretta con le possibilità di riuso di queste aree e quindi alla loro valorizzazione, operazione che vede coinvolti sia soggetti pubblici (regioni, province, comuni) sia soggetti privati (proprietari delle aree).

L'unione degli interessi privati con quelli pubblici può far sì che il riuso di tali aree possa ottimizzare e bilanciare il rapporto tra rapporti economici, sociali ed ambientali.

Lo sviluppo edilizio, pur motore delle azioni di risanamento, porta comunque con sé una serie di criticità e di fattori di attenzione, primo tra i quali l'inserimento dei progetti di sviluppo in un organico quadro urbanistico e territoriale, che sia orientato verso i temi di riqualificazione e di miglioramento della qualità della vita e, nel contempo, assicuri l'utilizzo corretto delle diverse matrici ambientali coinvolte siano esse il suolo, l'acqua (superficiale e sotterranea) o l'aria..

Si vuole qui di seguito porre alcuni spunti di riflessione in particolare sulle problematiche emergenti dalle richieste di utilizzo di acque pubbliche per sistemi di condizionamento, basati sull'utilizzo delle pompe di calore con lo sfruttamento di acque di falda sotterranea, che spesso accompagnano i progetti di riconversione di aree dismesse in aree destinate ad uso residenziale, commerciale o a servizi di interesse pubblico (biblioteche, ospedali, scuole e università ecc..).

La tecnologia che sfrutta il calore a bassa entalpia consente una notevole riduzione dell'impatto, sia sulla qualità dell'aria che da un punto di vista estetico, determinato dagli attuali sistemi di condizionamento, ma può peraltro determinare delle forti ripercussioni sul flusso idrico sotterraneo e non è inoltre ancora noto il reale impatto che a lungo termine potrebbe provocare una reimmissione in falda di acqua a temperatura diversa da quella naturale.

La situazione può ulteriormente complicarsi se nell'area è presente una contaminazione pregressa che interessa non solo il suolo ma anche le acque sotterranee, con conseguenti pesanti ricadute sulle scelte progettuali di riqualificazione sia dal punto di vista strutturale sia economico.

Aree dismesse, barriere idrauliche e pompe di calore

Quanto accennato in premessa deve essere visto come un invito a considerare già dalla fase di caratterizzazione di un'area industriale dismessa le possibili interconnessioni con la riconversione futura dell'area, che possono incidere in modo pesante sia dal punto di vista progettuale che economico.

La rilevazione di un fenomeno di contaminazione sia nel suolo sia nella falda rappresenta sicuramente una situazione che può fortemente limitare il riuso dell'area. Ad esempio:

- La presenza nel suolo di sostanze con particolari caratteristiche di volatilità, attraverso l'analisi di rischio prevista dalla procedura di bonifica ex D.lgs 152/06, può determinare il sussistere di un rischio di esposizione a vapori tossici, cosa che può impedire la realizzazione futura di parcheggi sotterranei.
- La necessità di realizzare una barriera idraulica, finalizzata ad impedire il propagarsi di un fenomeno di contaminazione della falda acquifera sotterranea, può incidere sulla futura possibilità di realizzare un sistema di pompe di calore. Tale incidenza può essere positiva, in quanto le acque della barriera potrebbero utilmente essere utilizzate a scopo energetico prima dello scarico, ma anche negativa, ad esempio nel caso in cui la contaminazione abbia caratteristiche tali da non essere compatibile con il sistema stesso o con lo sfruttamento della risorsa idrica sotterranea che, se può essere sopportato per più o meno brevi periodi, potrebbe non esserlo continuamente, sia sotto il profilo quantitativo che di variazione del flusso naturale della falda idrica sotterranea.
- Ricordiamo anche che in aree, come Milano, le acque sotterranee sono sfruttate pesantemente per l'uso potabile ed il prelievo è concentrato in campi pozzi che determinano già essi stessi una forte variazione del flusso naturale della falda acquifera sotterranea. La presenza di un fenomeno di contaminazione delle acque sotterranee, non protetto da sistemi di barriera per il contenimento e la mitigazione del fenomeno stesso, può incidere a lungo andare sulla qualità dell'acqua prelevata ed erogata a scopo potabile, determinando la necessità di installare sistemi di trattamento delle acque. D'altra parte la realizzazione di una barriera idraulica nelle vicinanze di tali campi pozzi, come pure la creazione di un campo pozzi a scopo di condizionamento, può incidere negativamente sia sulla quantità d'acqua prelevabile sia per gli effetti provocati dalla distorsione del deflusso delle acque sotterranee. Le stesse saranno, infatti, soggette ad una doppia azione di sbarramento, che, a seconda della configurazione del sistema di prelievo, può comportare, oltre un innegabile depauperamento della risorsa idrica, una deviazione delle linee di flusso che può determinare, in caso di presenza di fenomeni di contaminazione, lo spostamento di questi ultimi verso altre zone prima non coinvolte dal fenomeno stesso.
- Queste stesse problematiche saranno da affrontare anche nel caso della presenza nelle vicinanze di altri pozzi privati o di altri pennacchi di contaminazione, con effetti anche sotto il profilo delle responsabilità.
- Il prelievo continuativo può inoltre portare a fenomeni di subsidenza che possono provocare cedimenti o ammaloramenti delle strutture realizzate.

A fronte degli aspetti sopra evidenziati risulta evidente la necessità che vengano svolti approfonditi studi finalizzati ad una ricostruzione della struttura idrogeologica non limitata all'area oggetto dell'intervento di bonifica/riconversione, ma bensì estesa ad un areale che consenta la visualizzazione di tutte le implicazioni degli interventi previsti. Tali studi consentiranno la modellizzazione del flusso acquifero sotterraneo e le variazioni indotte, nell'immediato e a lungo termine,

dall'intervento previsto.

Non bisogna poi dimenticare le problematiche legate allo scarico delle acque provenienti da una barriera idraulica legata ad una bonifica o da un sistema di pompe di calore.

I possibili destini finali sono: fognatura, corpo idrico superficiale o falda superficiale.

I casi storici esistenti mostrano una prevalenza dello scarico in corpo idrico superficiale, sia per le problematiche legate alla possibile contaminazione delle acque (i limiti di legge sono superiori a quelli previsti per lo scarico in acque sotterranee) sia per la maggiore ricettività rispetto alla reimmissione in falda. Lo scarico in fognatura di acque in genere di buona qualità ed in notevole quantità può spesso inficiare le capacità di trattamento dei sistemi di depurazione fognaria.

In ogni caso è da verificare la compatibilità dal punto di vista idraulico e di possibilità di riuso non solo del recettore interessato dallo scarico, sia esso canale o corpo idrico superficiale, ma anche del reticolo idrografico a valle.

Per quanto riguarda le pompe di calore vi è anche il problema della temperatura che allo scarico risulta spesso di 5-10 gradi superiore od inferiore, a seconda delle stagioni, rispetto alla temperatura della falda acquifera o del corpo idrico superficiale.

Per quanto riguarda la reimmissione in falda è necessario valutare la possibile formazione di un pennacchio di calore che può incidere sulla qualità delle acque sotterranee in modo negativo soprattutto nel caso che le stesse siano utilizzate a scopo potabile. Anche in questo caso saranno necessari approfondimenti di tipo modellistico per garantire la sostenibilità dello scarico.

Recenti indicazioni fornite dagli enti di controllo prevedono di non superare i 20°, in quanto a 22° si possono sviluppare organismi batteriologicamente incompatibili con l'uso potabile.

Per lo scarico in corso d'acqua superficiale esistono limiti di legge (D.Lgs 152/06 e s.m.i.)

Proposte e sviluppi futuri

Al fine di disincentivare i classici sistemi di condizionamento e di incentivare l'utilizzo delle acque sotterranee mediante pompe di calore, recentemente la Regione Lombardia con il Documento di Programmazione Economica e Finanziaria Regionale (DPEFR) 2007-2009, ha previsto che l'utilizzo delle grandi potenzialità geotermiche a bassa entalpia del sottosuolo lombardo per il riscaldamento, il condizionamento estivo e la "catena del freddo" commerciale, sia favorito con interventi di semplificazione normativa e di sostegno.

Dall'altra parte, come si è più sopra già osservato, le problematiche relative alla concessione di derivazione di acque sotterranee a scopo di pompe di calore sono molteplici e riguardano più aspetti ambientali. L'iter autorizzativo deve pertanto tenere conto delle interferenze di tale utilizzo con gli altri utilizzi delle falde acquifere e accertarne la compatibilità.

In particolare le problematiche che sono emerse dalle recenti richieste di concessione di derivazione per questo uso, già valutate o in fase di valutazione, riguardano sia elementi della progettazione (l'entità della concessione richiesta, la vicinanza con altri progetti di pompe di calore, l'interferenza con prelievi di acque potabile, la falda intercettata, la vicinanza ad aree in bonifica), sia le caratteristiche delle acque scaricate che a seconda dello scarico in acque sotterranee o in corso d'acqua superficiale devono rispettare specifici limiti di legge.

Sulla base della crescente richiesta di risorsa idrica sotterranea ai fini del funzionamento di questo tipo di impianti, la Provincia di Milano, in collaborazione con ARPA Lombardia ed altri Enti a vario titolo coinvolti nella problematica, ha iniziato un percorso di approfondimento finalizzato al controllo e alla valutazione dell'impatto dell'utilizzo di questa tecnologia sulla risorsa idrica sotterranea ed ha predisposto, in collaborazione con gli enti autorizzanti, delle linee guida, per ora ancora in bozza, per i sistemi di pompe di calore che dovranno servire a semplificare ed a regolamentare l'iter procedurale delle istanze di concessione.

Per completare tali linee guida la Provincia ha tra l'altro considerato opportuno avviare alcune attività di verifica su sistemi già autorizzati e realizzati consistenti in controlli documentali, di

cantiere ed analitici di monitoraggio qualitativo, affidandole ad ARPA Lombardia.

In realtà si intenderebbe inquadrare tali attività in un progetto specifico nel quale è prevista una prima fase di ricognizione delle concessioni esistenti di derivazione di acque sotterranee per impianti di pompa di calore da confrontare e valutare con le derivazioni a scopo potabile, seguita dal monitoraggio dei parametri chimico fisici e microbiologici su una serie di punti di reimmissione in falda delle acque sfruttate ed un'ultima fase di studio dei risultati analitici. Quest'ultimo passo dovrebbe comprendere anche alcune applicazioni modellistiche su alcuni casi in studio, con lo scopo di analizzare il fenomeno e proporre ulteriori integrazioni alle predette linee guida.

Tali approfondimenti dovrebbero consentire di:

- in collaborazione con gli altri Enti competenti, tradurre i risultati in percorsi autorizzativi più semplici, ma efficaci e maggiormente coerenti con le reali problematiche del fenomeno
- fornire necessarie delucidazioni sui nuovi equilibri che tenderanno ad instaurarsi nei corpi idrici sotterranei utilizzati
- porre le basi per una valutazione della sostenibilità di più usi concorrenti e per una migliore pianificazione dello sfruttamento della risorsa idrica.

Si rammenta infatti che l'utilizzo dei sistemi di condizionamento a pompe di calore deve essere compatibile con gli indirizzi definiti nei piani di governo del territorio e in particolare nel PTUA regionali e, a livello provinciale, nei PTCP. Si riterebbe peraltro utile che le problematiche sopraelencate fossero prese in carico dagli ATO che dovrebbero ormai operare a regime.

Conclusioni

Alla luce della diffusione del ricorso a sistemi di pompe di calore per il condizionamento di nuovi insediamenti abitativi, commerciali e relativi a servizi di utilità pubblica, spesso realizzati in corrispondenza di aree industriali dismesse, si è tentato di evidenziare tutte le problematiche connesse a tale tema e di indicare un percorso di approfondimento tecnico-scientifico, finalizzato sia alla verifica della compatibilità di tali sistemi con gli usi già in atto e con le caratteristiche quantitative e qualitative della risorsa idrica esistente sia a individuare quanto necessario all'espletamento dell'iter amministrativo.

Bibliografia

Dotti N., Cossa G., 2002 - *Caratterizzazione del sito exACNA: quale ruolo per ARPAP e ARPAL?*. In supplemento Ambiente e Sicurezza del Sole 24 ore n. 6/2002 (a RICICLA 2002 6/9 Novembre Rimini).

Leoni S., 2003. *Il Manuale della bonifica dei siti contaminati*. Casa Editrice La Tribuna, Piacenza. Documenti agli atti del Dipartimento Provinciale ARPA Lombardia di Milano.

Mariotti C. & Romeo A., 2003. *Brownfields: siti contaminati e recupero produttivo nel mercato italiano*. Siti Contaminati , 3/2003.

Dotti N. et al., 2003. *Aspetti geologici ed idrogeologici alla base dei Piani di Caratterizzazione e di monitoraggio dei siti contaminati*. Atti della Settima Conferenza Nazionale delle Agenzie Ambientali "L'innovazione al servizio della conoscenza e della prevenzione" Milano 24-26 Novembre 2003.

Dotti N., 2004. *La caratterizzazione: aspetti idrogeologici*. Atti del Corso di aggiornamento professionale "La bonifica dei siti inquinati" – PiacenzaEXPO 15-17 Aprile 2004.

Sgorbati G., N. Dotti, R. Racciatti, G. Campilongo, 2004. *Aree industriali dismesse tra rischio ambientale e occasione di riqualificazione del territorio*. Rapporto annuale APAT "Qualità ambientale nelle aree metropolitane italiane, Roma, Dicembre 2004, www.areemetropolitane.apat.it

Sgorbati G., Dotti N., Campilongo G., Ricchiuti G., Pietra S., Coletta G., 2005. *Aree industriali dismesse – La situazione nelle aree metropolitane italiane*. Rapporto annuale APAT "Qualità ambientale nelle aree metropolitane italiane" – Roma – Dicembre 2005 –(www.areemetropolitane.apat.it). Lo stesso articolo è stato pubblicato anche su Edilio/informa/Ambiente e Territorio/dossier a gennaio 2006,

www.edilio.it

Sgorbati G., Dotti N., Campilongo G., Ricchiuti G., 2006. *Aree industriali dismesse – La situazione nelle aree urbane italiane*. III Rapporto annuale APAT “Qualità dell’ambiente urbano”, Roma Edizione 2006 , www.areemetropolitane.apat.it

Regione Lombardia: PTUA - Delibera di Giunta n. 2244 del 29 marzo 2006

Regione Lombardia, 2007. *Documento di Programmazione Economica e Finanziaria Regionale (DPEFR) 2007-2009*.

LE APPLICAZIONI DELLA GEOFISICA E DEL MONITORAGGIO

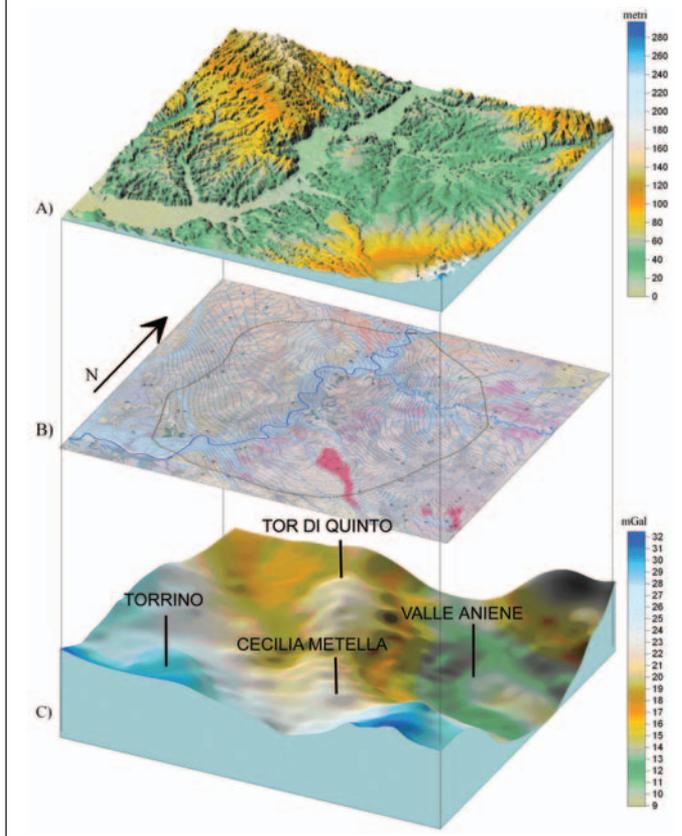
CLAUDIO CESI, STEFANO CALCATERRA, VALERIA EULLI, FERNANDO FERRI, PIERA GAMBINO, KATIA MERLI & LUCA MARIA PUZZILLI

ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia

Premessa

La pianificazione urbanistica delle nostre città richiede un'attenta valutazione delle caratteristiche geologiche del territorio al fine di garantirne un uso sostenibile. In questa ottica la conoscenza delle caratteristiche dei terreni affioranti e della struttura del sottosuolo, anche a media e grande profondità, assume il ruolo guida nella interazione tra gli interventi antropici e l'ambiente geologico per una corretta prevenzione dai rischi naturali.

Figura 1 – Visualizzazione in 3D degli elementi morfologici superficiali (A) e gravimetrici sepolti (C) rispetto alla cartografia geologica della Città di Roma (B).



Nelle aree metropolitane e negli ambienti urbanizzati, dove il rilevamento geologico di superficie può rivelarsi di limitato apporto, una tale conoscenza può scaturire dai dati provenienti da sondaggi meccanici e/o da indagini indirette con metodologie geofisiche le quali contribuiscono, spesso in maniera decisiva, alla caratterizzazione del sottosuolo e a produrre informazioni con continuità spaziale, in due o tre dimensioni. Ad esse si associano le informazioni acquisibili con varie tecniche di monitoraggio geo-ambientale. Gli esempi che qui si

presentano, frutto di esperienze del Servizio Geofisica di ISPRA, fanno riferimento ad applicazioni a varie scale, in ambito urbano ovvero in aree ad esso limitrofe, per la definizione del substrato geologico, la quantificazione di processi geologici in atto e l'identificazione di strutture nell'immediato sottosuolo.

Studio geofisico del sottosuolo di territori metropolitani

La struttura geologica sepolta del vasto territorio della città di Roma è stata indagata utilizzando i valori di gravità della Banca Dati del Servizio Geofisica, dalla cui elaborazione è stata generata la mappa delle Anomalie di Bouguer per densità $1,9 \text{ g/cm}^3$ (Figura 1), valore rappresentativo della densità media delle formazioni affioranti nel territorio.

L'indagine ha consentito una ricostruzione attendibile degli andamenti strutturali al di sotto della copertura alluvionale del Tevere e delle coltri piroclastiche dei Colli Albani e dell'apparato Sabatino. L'elemento predominante nell'assetto del sottosuolo della città è la netta struttura di massimo gravimetrico che a partire dal settore centro-settentrionale (in località "Tor di Quinto") si estende fino al settore meridionale, nell'area della Appia Antica – Tomba di Cecilia Metella, evidenziando altrettanto nette discontinuità trasversali NE-SW. A questa struttura succede a NE un'ampia depressione gravimetrica (Casal Boccone- Valle dell'Aniene) che all'altezza della località "La Rustica" assume un orientamento E-W. L'assetto geologico del sottosuolo desunto dall'analisi gravimetrica e le informazioni ricavate dal rilevamento geologico e da studi stratigrafico-strutturali presentano una concordanza sull'assetto profondo del substrato pliocenico; ad esempio la valle tettonica del Paleotevere corrisponde con la depressione gravimetrica della valle dell'Aniene. Esistono inoltre indicazioni su una possibile riattivazione di antiche linee di faglia da parte della tettonica estensionale quaternaria, talora con inversione del verso del rigetto. L'analisi gravimetrica ha anche messo in luce una stretta correlazione tra strutture gravimetriche e depositi sedimentari con livelli e/o banchi travertinosi, possibile indice di settori interessati dalla risalita di fluidi profondi.

Quantificazione e analisi di movimenti superficiali e profondi

Le deformazioni del suolo e del sottosuolo nelle aree antropizzate, per il loro diretto riflesso sul tessuto urbano, costituiscono un target di particolare valenza, che va indagato con metodologie adeguate al contesto logistico ed in generale ispirate a filosofie di "monitoraggio", con particolare preferenza per le tecniche di acquisizione in continuo dei parametri sensibili. L'attività di monitoraggio può essere applicata, ad esempio, al controllo di movimenti in aree in dissesto o affette da fenomeni di subsidenza, oppure a supporto di interventi urbanistici e di riqualificazione ambientale per accertarne l'effettiva interazione con il contesto urbanizzato. La progettazione di un sistema di monitoraggio diviene un elemento sensibile, in relazione alla scelta delle strumentazioni e delle modalità di rilievo più idonee a garantire l'accuratezza delle misure ed una piena affidabilità del sistema nel suo operare in ambiente urbano. Le diverse tecniche di monitoraggio, basate ad esempio sull'impiego di stazioni totali robotizzate, GPS, livellazione di alta precisione, fotogrammetria, laser scanner, telerilevamento, usate anche in combinazione tra loro e integrate con l'utilizzo di sensori geotecnici per i parametri idraulici, meccanici e deformativi del sottosuolo, consentono di determinare il modello delle deformazioni del complesso suolo-sottosuolo.

Una delle principali problematiche legate all'espansione urbanistica in aree a costituzione geologica recente è il fenomeno della subsidenza. In tali aree sono frequenti, infatti, fenomeni di cedimento differenziale che coinvolgono singoli fabbricati o interi quartieri. All'interno dell'area metropolitana di Roma, alcune zone sono storicamente conosciute per le condizioni di precaria stabilità di molti edifici. Il controllo delle deformazioni del suolo e degli effetti sul tessuto urbano richiede quindi, in queste aree, il concorso di molteplici metodi di misura. Nell'ambito del Programma

Urbanistico di Sostituzione Edilizia e Riqualificazione Urbana avviato dal Comune di Roma, il Servizio Geofisica ha progettato e reso operativo un sistema di monitoraggio dei movimenti del suolo-sottosuolo e di alcune strutture nell'area di Viale Giustiniano Imperatore, sede del delicato intervento urbanistico. Il monitoraggio è teso a determinare il tasso di subsidenza naturale (Figura 2) e le eventuali deformazioni sugli edifici. Il Sistema progettato è costituito da una rete di monitoraggio in continuo, composta da una Stazione Totale Robotizzata e alcuni sensori inclinometrici di alta precisione installati su fabbricati, integrata da una rete di livellazione di alta precisione, da alcune verticali inclinometriche ed infine da una rete di assestimetri e piezometri in acquisizione continua (progettata e gestita dal Dip. Scienze Geologiche dell'Università di RomaTRE), con controllo topografico della testa delle strumentazioni.

Figura 2 – Progetto Giustiniano Imperatore (Roma): cedimenti del suolo misurati lungo il circuito di livellazione di alta precisione. Le massime velocità si registrano in corrispondenza dell'asse della paleo valle del Fosso di Grotta Perfetta.

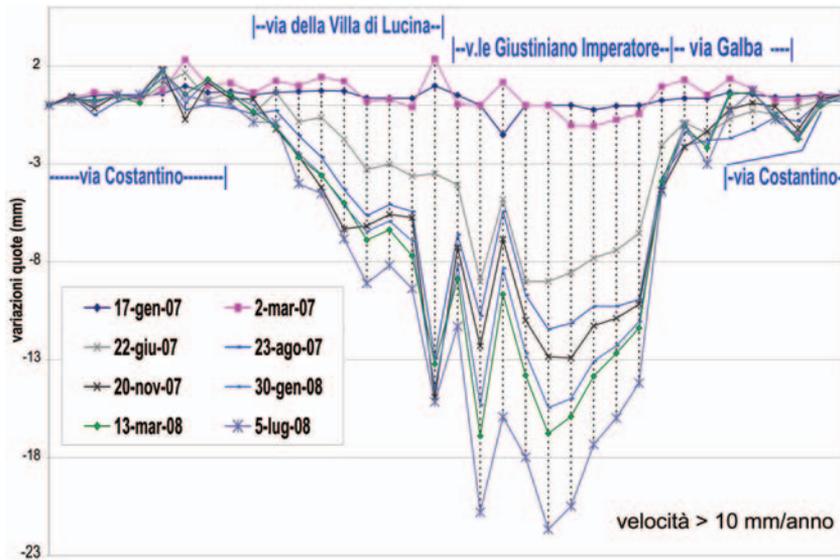


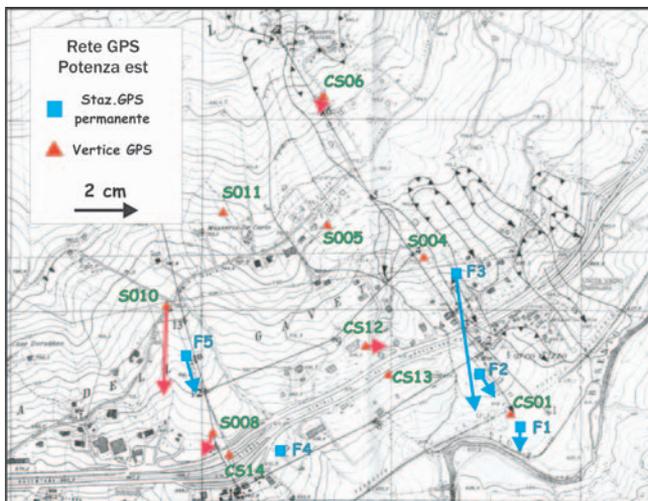
Figura 3 – Schema della rete SiorNet.



Nel caso del monitoraggio di aree intensamente urbanizzate e interessate da strutture tettoniche attive, quale ad esempio le pendici del versante orientale Etno (Figura 3), la metodologia GPS (Global Positioning System) costituisce un efficace metodo di rilievo per la determinazione e lo studio di movimenti del suolo. Essa ha il vantaggio di non richiedere la visibilità diretta tra stazioni e di poter essere usata anche in condizioni meteorologiche

sfavorevoli, laddove non vi sia la presenza di ostacoli in grado di occultare la volta celeste. La rete SiorNet, operativa dal 2005, si estende in un settore ove un sistema di faglie capaci si sviluppa in aree urbane. Le due strutture tettoniche monitorate (faglie di S. Tecla-Linera e Acicatena) sono affette da movimenti estensionali con probabile componente laterale destra e si attivano in concomitanza di eventi sismici o, talora, sono caratterizzate da deformazioni lente di natura asismica, come confermato dai dati del primo periodo per la faglia di Acicatena, dove è stato registrato un tasso di deformazione pari a circa 1 cm/y.

Figura 4 – Rete GPS Potenza est: spostamenti registrati dalle stazioni permanenti e non permanenti. Nel primo periodo, di circa 18 mesi, gli spostamenti massimi registrati sono stati di circa 5-6 cm.



Il monitoraggio può quindi fornire uno strumento utile, in generale, alla pianificazione territoriale e, in particolare, alla valutazione dell'impatto dei fenomeni deformativi sulle infrastrutture. La medesima metodologia di monitoraggio può essere utilizzata anche nel caso di fenomeni franosi. Ad esempio una rete GPS permanente è stata progettata e realizzata nella periferia est della città di Potenza con

l'obiettivo di controllare una vasta area in frana su argille varicolori, che coinvolge una porzione periferica dell'abitato e importanti infrastrutture (SS 407 Basentana e la linea ferroviaria Potenza-Metaponto), e che potrebbe anche determinare in caso di parossismo l'eventuale sbarramento del fiume Basento.

Nello studio delle deformazioni superficiali e profonde anche le tecniche di telerilevamento sono divenute di uso comune, ad integrazione di quelle sin qui descritte, permettendo un controllo delle deformazioni di aree anche molto estese.

Tra queste, l'interferometria satellitare differenziale, utilizzando la variazione del valore di fase delle immagini SAR (Synthetic Aperture Radar), permette di generare mappe di deformazione con precisione centimetrica/millimetrica della zona di interesse a partire da dati radar acquisiti da una serie di passaggi consecutivi. Pur necessitando di opportuna validazione, i dati di deformazione così ottenuti si dimostrano un utile strumento per valutazioni semi-quantitative anche a scala regionale. Le tecniche interferometriche più sofisticate (p.es. PSInSAR™) consentono di individuare singoli punti di misura sul terreno che, una volta identificati, permettono di controllare con precisione millimetrica le deformazioni del suolo di intere aree metropolitane (Figura 5) fino alla scala delle singole opere civili (edifici, ponti, lifelines).

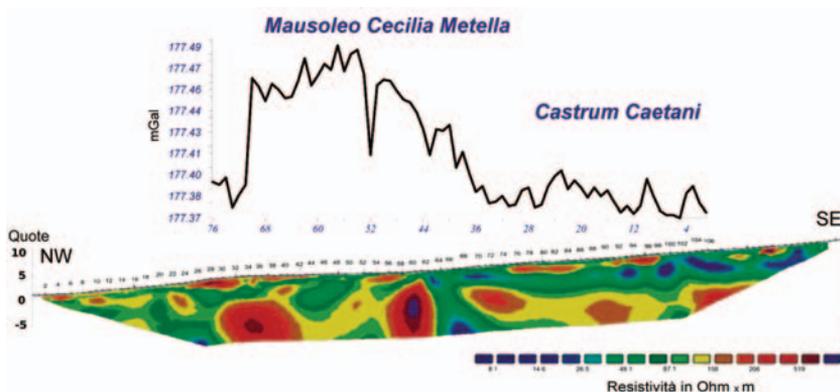
Figura 5 – Applicazione dell'analisi di dati PSInSAR all'area del delta tiberino elaborati nell'ambito del progetto GMES-“TerraFirma”. I PS di colore rosso rappresentano punti in abbassamento lungo la LOS con velocità fino a 25,7 mm/anno



Identificazione di strutture sepolte nell'immediato sottosuolo

Il sottosuolo delle grandi metropoli sta assumendo sempre di più un ruolo chiave in un'ottica di trasformazione urbanistica. Nel caso di Roma, eccellente esempio di città evolutasi con sovrapposizione verticale di insediamenti successivi, il sottosuolo ha spesso rappresentato una risorsa indispensabile per la nascita e lo sviluppo dell'antica forma urbis, ma nelle epoche più recenti esso costituisce un vincolo per lo sviluppo di reti di servizi e trasporti e un potenziale elemento di rischio. La presenza di cavità e cunicoli sotterranei o di preesistenze archeologiche sepolte rientra nella casistica dei “vincoli” attesi per la programmazione delle opere; la loro distribuzione ed estensione risulta più facilmente stimabile con l'uso di prospezioni indirette non invasive. Un esempio di studio effettuato integrando l'utilizzo di più metodologie è rappresentato dalle indagini eseguite presso il Mausoleo di Cecilia Metella, per l'individuazione di cavità nell'immediato sottosuolo (Figura 6).

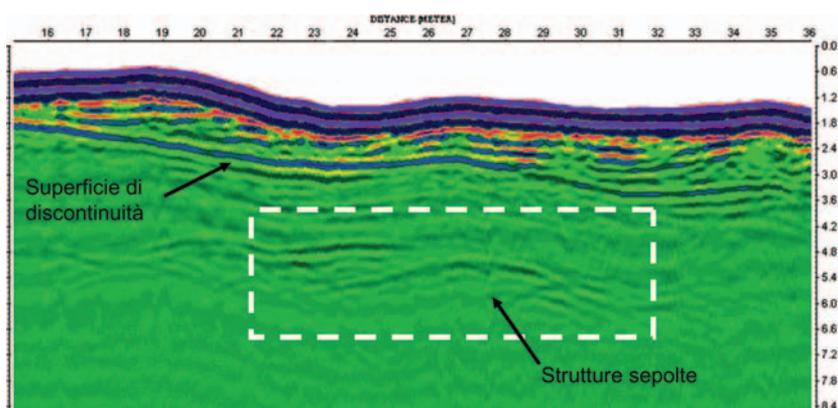
Figura 6. Integrazione di metodi elettrici e microgravimetrici per l'individuazione di cavità sulla Via Appia Antica, presso il Complesso Monumentale della Tomba di Cecilia Metella e Castrum Caetani (collaborazione con la Soprintendenza Archeologica di Roma – Laboratorio geologico-cartografico e di foto interpretazione).



L'analisi combinata dei risultati ha permesso di identificare anomalie resistive riconducibili alla presenza di vuoti nel sottosuolo a una profondità di qualche metro dalla superficie ed ubicati proprio ai limiti del Complesso, mentre l'anomalia resistiva individuata allo spigolo settentrionale del Mausoleo è stata discriminata dal metodo microgravimetrico non come effetto della esistenza di una cavità, ma come un aumento locale della densità del sottosuolo, causato dalle fondamenta del manufatto.

La presenza di strutture murarie sepolte, oltre che di cavità e cunicoli sotterranei, può essere investigata anche attraverso l'utilizzo di georadar (GPR) basata sull'emissione nel sottosuolo, a brevissimi intervalli di tempo, di impulsi elettromagnetici con misurazione e registrazione dell'energia riflessa da strati e/o volumi aventi differenti proprietà dielettriche. Il deciso contrasto di impedenza tra le litologie inglobanti ed i materiali da costruzione consente spesso di individuare l'esistenza di strutture archeologiche sepolte come indicato in Figura 7.

Figura 7. Radargramma relativo ad una indagine finalizzata all'individuazione di strutture archeologiche sepolte, ipotizzate sulla base dello studio della fotografia aerea.



Conclusioni

Il crescente livello di urbanizzazione del territorio, esemplificato in questa rassegna di applicazioni geofisiche dall'espansione di grandi aree metropolitane così come di centri minori, nonché da interventi di riqualificazione urbanistica, è destinato ad impattare sempre di più con equilibri geoambientali delicati e complessi, dove alcune componenti del sottosuolo (struttura geologica, strutture antropiche, preesistenze archeologiche) possono costituire dei vincoli agli interventi o addirittura configurare dei rischi. Le applicazioni geofisiche e geodetiche oggi supportano con notevole successo le fasi decisionali che accompagnano i progetti di sviluppo e recupero in contesti urbanizzati o progetti di protezione civile per la salvaguardia di interi centri abitati e lifelines: gli esempi riportati sinteticamente in questa nota dimostrano come le informazioni ottenibili con l'utilizzo congiunto delle varie tecniche siano in costante aumento ed altamente affidabili, grazie all'utilizzo di sistemi di misura innovativi e all'avanzamento del livello tecnologico-strumentale. E' tuttavia necessaria di volta in volta, una attenta valutazione delle potenzialità e dei limiti delle singole metodologie per giungere ad un loro impiego, adeguato alle differenti problematiche e scale di indagine, e soprattutto ad una combinazione dei metodi che non sia una mera sommatoria di applicazioni ma una effettiva integrazione delle varie tecniche applicabili per una caratterizzazione esaustiva dei fenomeni in osservazione.

Nota: i casi presentati sono stati studiati con il contributo, per le attività di rilevamento, di: Vullo Francesco e Lucidi Amedeo (rilievi topografici), Pulcinelli Claudio e Matarazzo Domenico.

Bibliografia

- AA.VV. 2006. *Geodetic deformation monitoring: from geophysical to engineering roles*. IAG Symposium, Jaén, Spain, March 17-19, 2005. Sansò F.e Gil A. J. (Eds.), Springer, Vol. 131, pp 306.
- AA.VV., 2008. *La Geologia di Roma dal Centro Storico alla Periferia*. APAT - Memorie descrittive della Carta Geologica D'Italia, Vol. LXXX.
- Beres M., Luetscher M., Olivier R. 2001. *Integration of ground-penetrating radar and microgravimetric methods to map shallow caves*. (Journal of Applied Geophysics, vol. 46, n. ER4, 249-262.
- Cardarelli E., Di Filippo G., Tuccinardi E., 2006. *Electrical resistivity tomography to detect buried cavities in Rome: a case study*. NEAR surface Geophysics, N. 6, Vol. 4, 387-392
- Ferretti A., Prati C., Rocca F. 2000. *Non-linear subsidence rate estimation using permanent scatterers in differential SAR Interferometry*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 38, 5.
- Sharma P. V., 1997. *Environmental and Engineering Geophysics*. Cambridge, University Press.

GLI EFFETTI AMBIENTALI DEL TERREMOTO DEL 1908; IMPLICAZIONI PER IL RISCHIO SISMICO DI MESSINA E REGGIO CALABRIA

ANNA MARIA BLUMETTI, VALERIO COMERCI, PIO DI MANNA, LUCA GUERRIERI, LEONELLO SERVA & EUTIZIO VITTORI

ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia

Introduzione

Il 28 dicembre 1908, alle ore 5:20:27, la Calabria sudoccidentale e la Sicilia nordorientale furono scosse da un violentissimo terremoto (Intensità di grado XI MCS e Magnitudo momento macrosismica 7,06, CPT108, 2008), tra i più forti della storia sismica italiana e il più rovinoso in termini di vittime, che furono almeno 80.000. La maggior parte degli Autori, primo tra tutti Schick (1977), localizzano l'epicentro del terremoto in mare nello Stretto di Messina o poco a sud dello stesso (Michelini et al., 2004).

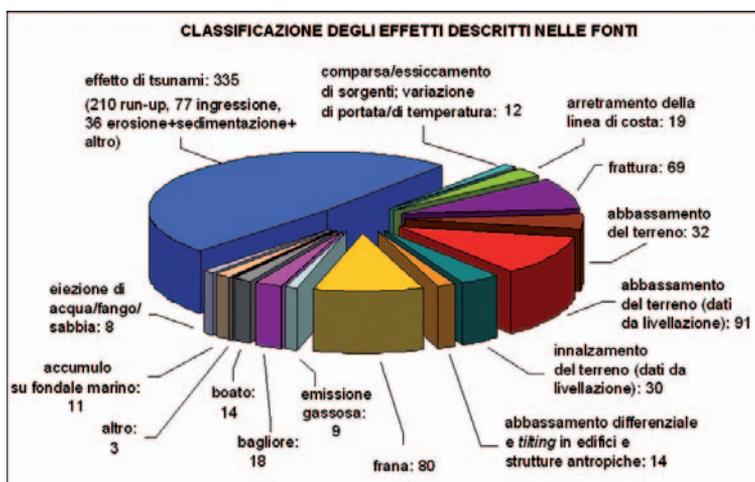
L'impatto del sisma fu particolarmente catastrofico lungo la costa calabrese, tra l'abitato di Scilla e poco a sud di Reggio Calabria, e lungo la costa orientale siciliana dalla sua estremità settentrionale fino a poco a sud di Messina (Baratta, 1910; Boschi et al., 1995; Barbano et al., 2005). Le città di Messina e Reggio Calabria furono quasi completamente distrutte.

Pochi minuti dopo il terremoto entrambi i lati dello stretto furono inondati da un maremoto con altezze d'onda localmente anche superiori a dieci metri (11,70 m sulla costa siciliana a Sant' Alessio e 13 m a Pellarò, sul lato calabro).

Gli effetti sull'ambiente prodotti dal terremoto, descritti in numerosi rapporti tecnici dedicati all'evento da studiosi dell'epoca (Franchi, 1909; Mercalli, 1909; Omori, 1909; Platania, 1909; Sabatini, 1909; Baratta, 1910), alcuni dei quali sono ricordati come padri della sismologia, riguardarono soprattutto frane, fratture nel suolo, abbassamenti del terreno e/o liquefazioni, cambiamenti di portata/temperatura o comparsa/scomparsa di sorgenti, emissioni di gas, bagliori e boati. Il reperimento e l'analisi di dettaglio dei vari rapporti tecnici, quotidiani locali e nazionali del tempo, Gazzette Ufficiali, filmati dell'epoca ed altri documenti iconografici riguardanti l'evento sismico ed i suoi effetti ambientali, ha permesso la catalogazione e l'ubicazione dei fenomeni ambientali che accompagnarono il sisma. La classificazione per tipologia di tali fenomeni è illustrata in Fig. 1.

Negli oltre 50 documenti consultati sono state individuate 447 descrizioni relative a circa 300 effetti sull'ambiente cui vanno aggiunte 390 descrizioni relative al solo maremoto. Dai risultati della livellazione geometrica effettuata da Loperfido (1909), che ripeté quelle eseguite negli anni 1907-1908 in Calabria e 1898-1899 in Sicilia, sono state desunte 121 notizie di variazioni di quota del terreno.

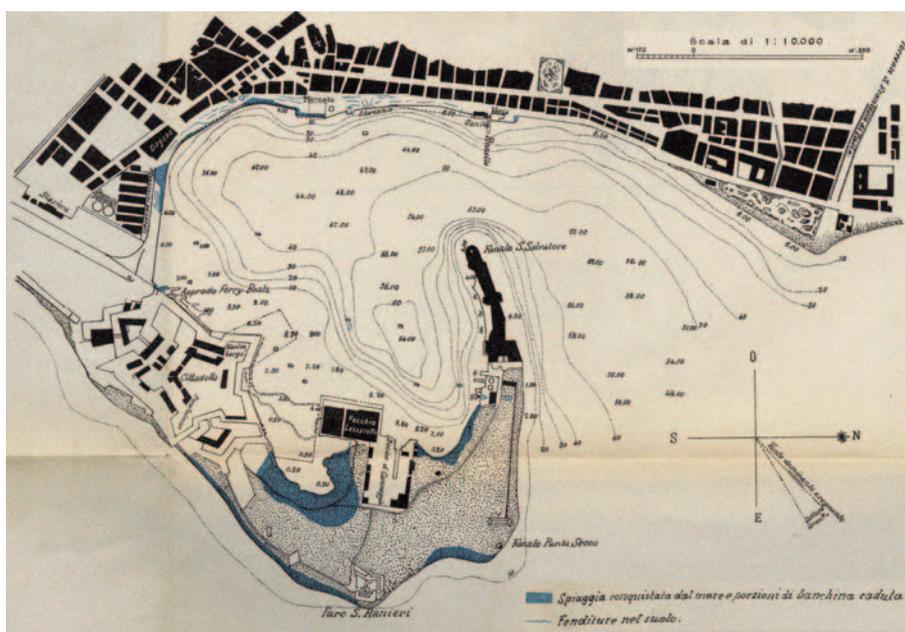
Fig. 1 – Classificazione degli effetti ambientali del terremoto del 28 dicembre 1908.



Gli effetti ambientali a Messina

Molti degli effetti descritti dagli autori contemporanei all'evento sono localizzati nella città di Messina; qui, nella zona del porto, dal forte San Salvatore, posto sulla punta della penisola falcata, a gran parte di Via Vittorio Emanuele (lungomare di fronte alla Palazzata), il *run-up* (altezza massima dell'onda) del maremoto fu di 3 metri (Platania, 1909). Nella stessa zona si produssero notevoli abbassamenti del terreno con conseguenti arretramenti della linea di costa. Tali abbassamenti, spesso associati a fenomeni franosi, vennero generalmente accompagnati da fratturazione al suolo parallela alla costa e, talvolta, da liquefazione del terreno e dall'emissione di gas (Baratta, 1910, Figg. 2, 3 e 4).

Fig. 2 - Effetti nell'area portuale di Messina e su Via Vittorio Emanuele, lungo la "Palazzata" (da Baratta, 1910).



Nel settore di costa a sud della penisola falcata del porto di Messina, in corrispondenza della foce della fiumara Portalegni, il *run-up* del maremoto fu di circa 6 metri (Platania, 1909). Tra gli effetti ambientali più evidenti in quest'area ci fu un abbassamento del terreno di circa 50 centimetri. Baratta (1910, pag. 337), nella sezione dove descrive gli effetti del maremoto a Messina riporta: "...alla foce del torrente Portalegni, si è avuto un vero abbassamento del suolo...". Franchi (1909, pag. 117) a riguardo riferisce: "l'Ufficio mantenimento delle Ferrovie dello Stato a Messina ha trovato un abbassamento costante di m 0,47 in tutto il piano del ferro dalla stazione dei ferry-boats al ponte sullo Zaera, e la livellazione eseguita dall'Istituto Geografico Militare dimostra un abbassamento di m 0,37 in tutta la parte bassa della città. La lanterna del Forte San Ranieri si sarebbe abbassata di m. 0,51, secondo le osservazioni fatte recentemente dall'ingegner Pascucci del Genio Civile" (per la localizzazione vedi Figg. 2 e 4).

Fig. 3 - Fenditure e abbassamenti nella banchina del porto di Messina presso la Dogana (a) e lungo Via Vittorio Emanuele (b) (da Baratta, 1910).



Fig. 4 - Effetti ambientali a Messina desunti dalle fonti contemporanee al terremoto.



Gli effetti ambientali avvenuti in prossimità della costa sono stati causati da più fattori. Bisogna considerare che in generale gli effetti del maremoto si sono sommati a quelli del terremoto in modo da renderli spesso indistinguibili. I numerosissimi fenomeni avvenuti nella zona del porto, all'interno della cosiddetta "falce" di Messina, possono essere stati indotti da movimenti franosi innescati, così come riferito da Franchi (1909, pag. 133), "nel contorno del porto" ed "allo sbocco della fiumara Portalegni". Per quanto riguarda l'area a sud del porto, Baratta (1910, pag. 254) ritiene "una mutazione nell'altimetria del suolo della parte bassa di Messina dovuta certo a scivolamento e ad assetto di terreni incoerenti". D'altra parte lo stesso Franchi (1909) ritiene plausibile "un abbassamento di tutto il contorno roccioso della falce", infatti in un paragrafo dedicato agli abbassamenti del suolo a Messina (pag. 138) avanza l'ipotesi (che egli stesso comunque definisce "molto ardita") di "un effettivo abbassamento generale del sottosuolo roccioso". Se ciò fosse vero gli effetti rilevati sarebbero la conseguenza di una subsidenza cosismica di origine tettonica. Gli effetti ambientali documentati lontano dalla costa furono pochi; si tratta di "piccole frane visibili in più punti nelle colline circostanti Messina" in "ghiaie e sabbie sciolte" (Franchi, 1909, pag. 133) e di alcuni episodi di fratturazione al suolo.

Gli effetti ambientali a Reggio Calabria

Gli effetti ambientali del terremoto del 1908 (Fig. 5) avvenuti nella città di Reggio Calabria sono in numero minore che a Messina, ma analoghi come tipologia, per la maggior parte consistenti nell'abbassamento del terreno accompagnato da fratturazione e dall'arretramento della linea di costa.

Fig. 5 – Effetti ambientali a Reggio Calabria

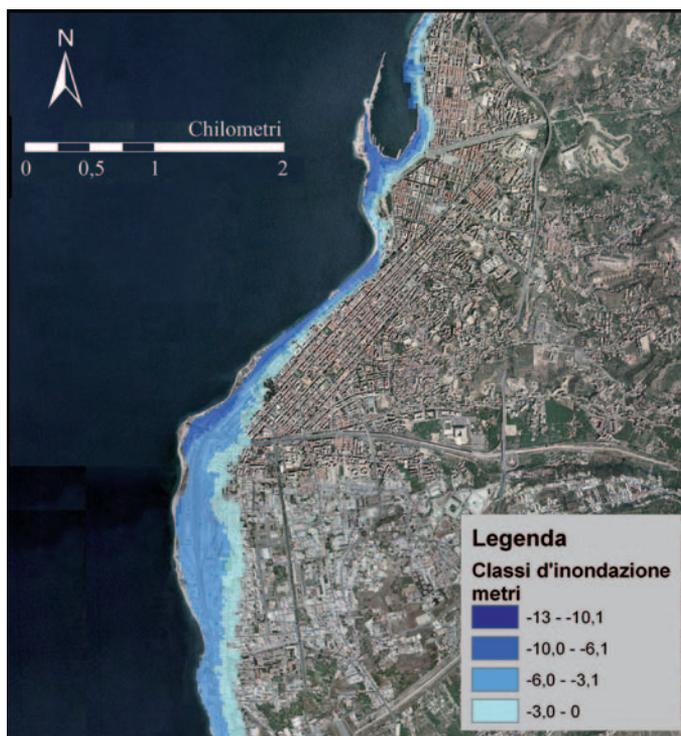


L'abbassamento del suolo fu localizzato lungo la costa, sia nella zona del porto, dove venne stimato tra 90 cm (Mercalli, 1909) e oltre un metro (Baratta, 1910), sia a sud di questo, lungo un tratto di costa rettilineo per circa due chilometri (Fig. 5), impostato lungo un'importante faglia quaternaria con direzione NE-SO (Serv. Geol. d'It., 2008).

Anche lungo la costa calabrese l'inondazione del maremoto fu notevole. Mercalli scrisse *"Gli effetti... del maremoto si sovrapposero così intimamente a quelli del terremoto e del franamento di spiaggia, che è difficile tenerli distinti..."* (1909, pag. 38).

Nella zona di Reggio, Omori (1909) segnala un valore di *run-up* massimo di 9,7 m mentre i valori riportati da Platania (1909) sono compresi in media tra 4 e 6 m, con una penetrazione orizzontale variabile da 50 a circa 200 m (Fig. 6). *"In vicinanza del Porto vecchio"* (a sud di quello attuale), la spiaggia arretrò di 20-30 m e si produssero *"spaccature parallele al lido nel terreno prossimo al mare"* (Fig. 7; Novarese, 1909). Gli effetti del maremoto furono particolarmente rilevanti lungo la linea ferroviaria (Fig. 8).

Fig. 6 – Area d'inondazione, lungo la costa di Reggio Calabria, ricostruita dai dati relativi ai valori di *run-up* e di penetrazione a terra dell'onda del maremoto del 1908, con l'ausilio di un modello digitale del terreno.



Per quanto riguarda le cause degli abbassamenti del suolo lungo la costa di Reggio, Mercalli (1909, pag. 39) scrisse: *"è evidente la sovrapposizione degli effetti dei due fenomeni: lo slittamento del suolo presso la spiaggia e la demolizione operata dalla ripetuta onda di maremoto"*. E ancora a pag. 38: *"Questi abbassamenti di spiaggia che avvennero saltuariamente anche in molti altri punti dello stretto, non costituiscono evidentemente un abbassamento del suolo, nel senso geologico della parola... a me pare invece che si tratti di un semplice scivolamento, del valore di pochi centimetri dei terreni sciolti recenti sui terreni compatti sottostanti"*. Anche Baratta (1910), pur asserendo (pag. 17) che *"La costa prospiciente Reggio si è in modo incontestabile abbassata ..."*, ritiene che ciò sia dovuto ad un lento movimento di scivolamento preesistente al terremoto e che si è solo accelerato con esso. Pertanto due autorevoli riferimenti per le notizie sugli effetti del terremoto Calabro-Messinese sono concordi nell'interpretare gli abbassamenti del terreno una conseguenza di scivolamenti gravitativi superficiali.

Fig. 7 - Frattura lungo la via Marina a Reggio Calabria (da Baratta, 1910).



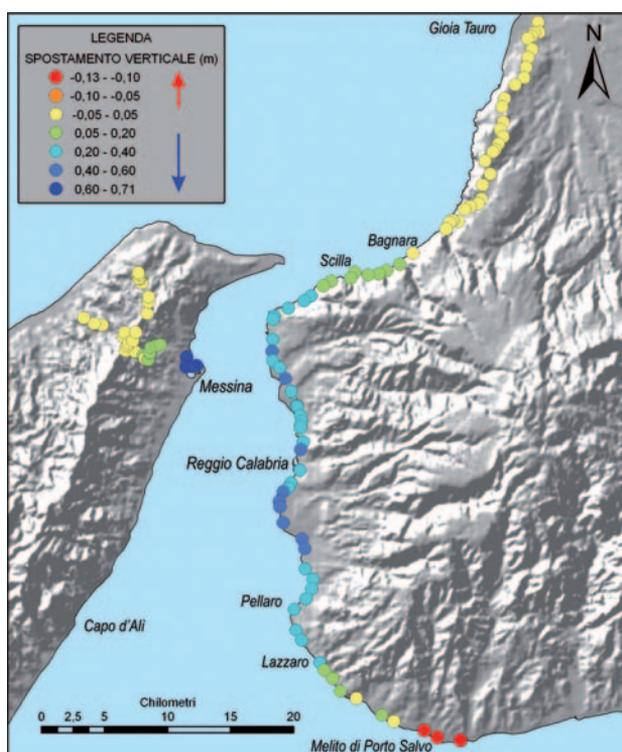
Fig. 8 - Effetti del maremoto sulla ferrovia a Reggio (da Società Fotografica Italiana, 1909).



I risultati della livellazione geometrica di Loperfido (1909, Fig. 9) mostrano però che tutta la costa calabra sud-occidentale è stata interessata da abbassamenti del terreno, con un massimo di oltre 50 cm nella zona di Reggio Calabria, e valori gradualmente inferiori spostandosi verso nord e verso sud fino ad azzerarsi in corrispondenza del caposaldo di Gioia Tauro e della zona di Melito di Porto Salvo.

Anche se i singoli valori di misura possono presentare errori dell'ordine di centimetri a causa del deterioramento che presentavano molti caposaldi (Loperfido, 1909) e degli effetti procurati dallo *tsunami* sugli stessi, nel complesso le misure presentano una distribuzione coerente con un'ipotesi di deformazione tettonica.

Fig. 9 – Risultati della livellazione geometrica di Loperfido (1909). Sono indicate le differenze di quota riscontrate nel 1909 rispetto alle livellazioni effettuate in Calabria nel 1907-1908 ed in Sicilia tra il 1898 ed il 1899.



La pericolosità connessa ad effetti ambientali cosismici nelle città di Messina e Reggio Calabria

Il terremoto del 28 dicembre 1908 indusse moltissimi effetti ambientali cosiddetti secondari, cioè non connessi direttamente alla faglia sismogenetica, ma dovuti allo scuotimento sismico. Il fatto che il maggior numero di effetti di cui oggi abbiamo notizia fu rilevato essenzialmente nelle aree costiere trova una spiegazione, in parte, nella difficoltà di raggiungere le zone più interne del territorio, ma anche nel fatto che le città di Messina e Reggio Calabria catalizzarono l'attenzione.

Ad amplificare gli effetti senz'altro contribuirono anche le onde di maremoto che sopraggiunsero dopo pochi minuti.

Qual'è oggi il livello di rischio cui sono sottoposte le due città? E' evidente che il terremoto non è stato un evento casuale, ma un fenomeno che trova una sua precisa spiegazione nell'assetto geodinamico dell'area. E' quindi chiaro che un evento di dimensioni almeno analoghe a quello del 1908 potrà colpire nuovamente lo Stretto, anche se nulla si può dire oggi su quando ciò avverrà. Gli effetti ambientali che possiamo aspettarci sono analoghi a quelli del 1908: frane, assestamenti del terreno con estese fratturazioni del suolo, liquefazioni, un nuovo maremoto. Il territorio che verrà colpito si farà trovare preparato a minimizzare gli effetti di un nuovo sisma, avendo fatto tesoro dell'esperienza passata? Ad oggi non è ancora possibile una risposta positiva. C'è ancora tempo, ma nessuno sa quanto, per intervenire. Di sicuro l'assenza di un'attenta pianificazione territoriale nel recente passato rende oggi quest'intervento molto difficoltoso e costoso.

Bibliografia

- Baratta M., 1910, *La catastrofe sismica calabro messinese (28 dicembre 1908)*, Società Geografica Italiana, Roma, 2 vol.
- Barbano M.S., Azzaro R., Grasso D. E., 2005, *Earthquake damage scenarios and seismic hazard of Messina, north-eastern Sicily (Italy) as inferred from historical data*. Journal of Earthquake Engineering, Vol. 9, No. 6, 805–830.
- Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G., Valensise G., 1995, *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980, INGV e SGA*, Bologna, 973 pp.
- CPT108, 2008, *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*, versione 2008 (CPT108), INGV, Bologna, Internet at <http://emidius.mi.ingv.it/CPTV/>.
- Loperfido A., 1909, *Livellazione geometrica di precisione. Allegato D in "Relazione della Commissione Reale incaricata di designare le zone più adatte per la ricostruzione degli abitati colpiti dal Terremoto del 28 dicembre 1908 o da altri precedenti*, Reale Accademia dei Lincei, Roma.
- Mercalli G., 1909, *Contributo allo studio del terremoto calabro-messinese del 28 dicembre 1908*. In Atti Reale Istituto d'Incoraggiamento, Serie VI, Vol. VII (1909), pp. 249-292, Cooperativa Tipografica, Largo dei Bianchi, Napoli.
- Michelini A., Lomax A.J., Bono A., Nardi A., Palombo B., Rossi A. and the INGV SISMOS Group, 2004, *Relocation of instrumentally recorded, historical earthquakes in the Italian region*. EGU 1st General Assembly, Nice, France, 25-30 April 2004, Geophysical Research Abstracts, vol. 6, 07642.
- Novarese V., 1909, *Il terremoto del 28 dicembre in Reggio Calabria e provincia*. Boll. Regio Comitato Geologico d'Italia, Roma, 4, 424-496.
- Omori, F., 1909, *Preliminary report on the Messina-Reggio earthquake of Dec. 28, 1908*. Bulletin of Imperial Earthquake Investigation Committee. vol. 3, no.2, 37-46.
- Platania, G. 1909, *Il maremoto dello Stretto di Messina del 28 Dicembre 1908*, Boll. Soc. Sism. It. 13, 369–458.
- Sabatini V., 1909, *Contribuzione allo studio dei terremoti calabresi*. Boll. del Regio Comitato Geologico d'Italia. Serie IV, Vol. X, fasc. III; Roma.
- Servizio Geologico d'Italia, 2008. *Carta geologica d' Italia alla scala 1:50.000. Foglio 601-Messina-Reggio Calabria*, ISPRA, Roma.
- Schick R., 1977, *Eine seismotektonische Bearbeitung des Erdbebens von Messina im Jahre 1908*. Geol. Jahrb., 11, 3-74.
- Società Fotografica Italiana, 1909, *Messina e Reggio prima e dopo il terremoto del 28 dicembre 1908*. Bertieri e Vanzetti, Milano.

CITTÀ E VULCANI, UNA DIFFICILE CONVIVENZA

FIRENZO FUMANTI*, ELISA BRUSTIA* & PAOLA SONIA PETILLO**

* ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia

** ARPA Campania

Introduzione

Il vulcanismo che interessa il territorio italiano è dovuto ad un complesso quadro geodinamico, in prima analisi legato all'interazione tra la placca africana ed euroasiatica, in cui coesistono aree stabili, in compressione ed in distensione. Tale complessità geodinamica si riflette nella variabilità degli stili eruttivi dei vulcani italiani che hanno dato origine, nel tempo, ad uno spettro di eruzioni che va da eventi a bassa/nulla esplosività sino ad eventi ad altissima esplosività.

Oltre ad Etna e Stomboli, in permanente attività, i vulcani italiani che possono essere ritenuti attivi, per i quali, cioè, l'intervallo di tempo trascorso dall'ultima eruzione ad oggi è minore del massimo intervallo di quiescenza conosciuto, sono il Vesuvio (ultima eruzione nel 1944), Ischia (1302), Campi Flegrei (1538), Vulcano (1888-1890), Lipari (729 d.C.), l'area del Canale di Sicilia-Pantelleria (eruzioni sottomarine nel 1831 e 1891) e, con tutta probabilità, i Colli Albani (sito web INGV). L'attività vulcanica produce una serie di fenomeni che possono rappresentare un serio pericolo per l'uomo, le sue attività e l'ambiente. Tali fenomeni sono direttamente (colate di lava, flussi piroclastici, eiezione di materiali) o indirettamente (colate di fango, terremoti, tsunami) legati alle eruzioni. Generalmente il loro grado d'intensità - e quindi la pericolosità di un vulcano attivo - è strettamente correlato con il tempo di quiescenza.

Figura 1 - Vulcani attivi in Italia (Fonte: OV-INGV)



Più questo è prolungato, più aumenta la probabilità di una ripresa dell'attività con eruzioni ad alta esplosività, a causa del continuo accumulo di magma e gas all'interno della camera magmatica. Le forze in gioco sono enormi e sfuggono alla possibilità di controllo da parte dell'uomo. Poiché non è possibile mitigare la pericolosità vulcanica è evidente come la crescita dissennata dell'urbanizzazione con edificazioni sui fianchi dell'apparato (Vesuvio) o all'interno di un campo vulcanico (Flegrei) abbia accresciuto esponenzialmente il rischio, ponendo enormi problematiche di gestione delle future fasi emergenziali, anche in caso di eruzioni di modesta intensità. Nel seguito sono trattati i vulcani le cui eruzioni possono interessare le aree urbane.

Vesuvio

Nel corso della sua storia l'apparato vulcanico del Somma-Vesuvio è stato caratterizzato dall'alternanza di periodi con condotto magmatico aperto ed attività persistente con eruzioni da bassa a moderata esplosività (attività stromboliana ed effusiva) e periodi di quiescenza con condotto ostruito che sono stati conclusi da eruzioni a forte o fortissima esplosività (eruzioni subpliniane o pliniane). L'ultima eruzione pliniana (79 d.c., Eruzione di Pompei) ha determinato lo sventramento del M. Somma al cui interno, con le successive eruzioni, è sorto il Vesuvio. Attualmente il Vesuvio si trova in uno stato di quiescenza che perdura dalla fine dell'eruzione del 1944 che ha chiuso una lunga fase di permanente attività, con condotto aperto, iniziata con la grande eruzione subpliniana del 1631. La sua storia eruttiva dimostra inequivocabilmente che è un vulcano ad elevatissima pericolosità, in grado di generare anche eruzioni totalmente distruttive per le aree circostanti l'edificio stesso.

Figura 2 – Vista del Vesuvio e dell'urbanizzato al suo contorno.



A causa della forte concentrazione urbana (Fig. 2), aumentata a dismisura negli ultimi decenni, l'area vesuviana mostra uno dei più elevati gradi di rischio dell'intero pianeta. Attualmente vivono nell'area a maggior pericolosità, circa 600.000 persone con densità di popolazione che, seppur in diminuzione negli ultimi anni, superano ancora i 12.000 abitanti per Km² a Portici e S. Giorgio al Cremano, primo

e terzo comune più densamente popolato d'Italia (ISTAT, 2001; 2008). Il vulcano è costantemente monitorato dall'Osservatorio Vesuviano con tecnici e strumentazioni all'avanguardia e capaci di segnalare qualsiasi segnale di riattivazione. Nel caso di un'eruzione stromboliana o vulcaniana (tipo 1944), i pericoli deriverebbero principalmente dalle colate di lava che potrebbero interessare diversi centri abitati del settore meridionale (Torre del Greco, San Sebastiano, Borgotrecase, Terzigno); mentre quelli posti nel settore settentrionale dell'edificio sarebbero protetti dal rilievo del M. Somma. Le aree interessate potrebbero essere evacuate in tempi ragionevoli mentre il carico delle ceneri da ricaduta, se non rimosse in tempo, potrebbe determinare il crollo dei solai con conseguenti vittime. Nel caso di un'eruzione subpliniana (tipo 1631) o ancor peggio pliniana (79) è da considerare ad elevato rischio l'intero areale vesuviano. In questo caso il pericolo maggiore sarebbe legato ai flussi piroclastici ad altissima velocità e temperatura che potrebbero raggiungere in tempi molto brevi e con effetti distruttivi le popolatissime aree costiere, la zona orientale della città di Napoli ed anche il settore settentrionale dell'edificio vulcanico. La ricaduta di ceneri interesserebbe, in dipendenza dai venti dominanti, un'areale estremamente vasto con possibili collassi dei tetti delle abitazioni. L'ampia diffusione delle ceneri genererebbe un'alta probabilità di colate di fango (*lahars*) lungo i versanti del vulcano e dei rilievi circostanti.

Sulla base di valutazioni della storia eruttiva del vulcano e confidando sui segnali precursori che dovrebbero essere significativi e inequivocabili a partire da settimane/mesi prima dell'evento è stato definito dal Dip. della Protezione Civile un Piano di Emergenza, dimensionato per un'eruzione subpliniana, analoga a quella avvenuta nel 1631 (con colonna eruttiva alta diversi km, bombe vulcaniche, ceneri e lapilli anche a decine di km di distanza, flussi piroclastici per alcuni km). L'area

potenzialmente pericolosa è suddivisa in tre zone (rossa, gialla e blu) a decrescente pericolosità per le quali sono previste specifiche misure d'evacuazione.

Campi Flegrei

I Campi Flegrei sono un grande campo vulcanico in cui sono stati attivi, negli ultimi 39.000 anni, più di 70 centri eruttivi. L'attuale assetto morfologico è il risultato di due collassi calderici di vaste proporzioni legati alle eruzioni dell'Ignimbrite Campana (39.000 anni fa, la più grande eruzione degli ultimi 200.000 anni nel bacino mediterraneo) e del Tufo Giallo Napoletano (15.000). La comunità scientifica è quasi del tutto concorde nel ritenere improbabile a breve-medio termine una ripresa dell'attività con eventi di simile potenza.

Figura 3 – Panoramica dei Flegrei e della dissennata edificazione anche all'interno dei crateri (Fonte: INGV)



Negli ultimi 15.000 anni l'attività si è concentrata in tre epoche di attività separate da lunghi periodi di quiescenza con eruzioni, anche pliniane, dai vari crateri tuttora ben visibili, tra le quali quella di Agnano-Monte Spina (4.100 anni fa) che è stata presa come riferimento nell'elaborazione del piano di Emergenza. L'ultima eruzione risale al 1538 (eruzione e formazione del Monte Nuovo). Tale fenomeno eruttivo in tempi vulcanologicamente recenti, associato all'attività fumarolica della Solfatara, ad una pronunciata anomalia termica nel sottosuolo, ad un elevato livello di sismicità ed a fenomeni bradisimici, testimonia che l'attività vulcanica dei Campi Flegrei sta attraversando un periodo di quiescenza, che potrebbe però essere bruscamente interrotto da un nuovo evento eruttivo. Sulla base dello scenario di Agnano i fenomeni più pericolosi sarebbero legati, oltre alla totale distruzione dell'area del cratere, ai flussi piroclastici che potrebbero interessare una zona in cui risiedono più di 200.000 persone (Barberi *et al.*, 2004). Analogamente al Vesuvio, i Campi Flegrei sono tenuti sotto controllo tramite avanzate reti di monitoraggio.

Ischia

Sebbene non rientri propriamente tra le aree metropolitane oggetto del Rapporto si ritiene

Figura 4 – Settore orientale dell'isola d'Ischia, dove si sono manifestate le ultime eruzioni.



corretto inserire in questo quadro sul rischio vulcanico anche l'isola d'Ischia la cui sfrenata urbanizzazione, evidente in Fig. 4, si è spinta anche nelle aree interessate dalle eruzioni più recenti.

L'isola d'Ischia rappresenta la porzione sommitale di un apparato vulcanico che, nel corso della sua storia, ha dato origine ad eruzioni molto violente separate da lunghi periodi di quiescenza. Negli ultimi 3.000 anni nell'isola sono state registrate diverse eruzioni, effusive ed esplosive, tutte localizzate nella parte orientale dell'isola. L'ultima eruzione

risale al 1.302 con emissione, per circa due mesi, di una colata lavica (Colata dell'Arso) che raggiunse il mare in prossimità dell'attuale porto, distruggendo l'antico centro urbano (Santacroce *et al.*, 2003). L'intensa attività idrotermale, i fenomeni fumarolici, i bradisismi, i terremoti del 1881 e 1883, e la sua storia eruttiva indicano che l'isola d'Ischia è da considerarsi un vulcano attivo a tutti gli effetti e che l'eventuale apertura di nuovi centri eruttivi dovrebbe essere localizzata nelle aree interessate dalle eruzioni più recenti che risultano essere anche le più popolate. A fine 2007 l'isola contava 60.310 residenti (ISTAT, 2008) con un netto incremento rispetto agli anni precedenti (48.622 nel 1999, 56.105 nel 2001; ISTAT, 2001) a cui si aggiungono, nel periodo estivo le numerosissime presenze turistiche pendolari e stagionali. L'isola è continuamente monitorata ma attualmente non è ancora stato elaborato un Piano di Emergenza analogo a quello del Vesuvio e dei Campi Flegrei che contempli scenari di rischio elaborati sulla base di un determinato evento eruttivo.

Etna - Area Urbana di Catania

L'Etna è il più grande vulcano attivo subaereo europeo la cui edificazione è legata ad una complessa storia eruttiva iniziata circa mezzo milione di anni fa con eruzioni in zone sottomarine.

Attualmente il vulcano si trova in condizioni di *condotto aperto* che unitamente alla bassa viscosità dei magmi determina modalità eruttive piuttosto diversificate ma senza caratteri di estrema violenza. I tipi di attività più comuni sono quella Stromboliana, con moderata esplosività e fontane di lava, e quella hawaiana, con fuoriuscita di imponenti colate laviche. Nel corso della sua evoluzione il vulcano ha sperimentato anche eruzioni a grande esplosività (eruzioni Pliniane o subpliniane, l'ultima delle quali risale al 122 d.c.), che sono però da escludere a breve termine a meno di poco probabili ostruzioni dei condotti. Tale tipo di attività difficilmente determina la perdita di vite umane poiché, generalmente, le aree raggiunte dalla caduta di lapidei sono limitate all'intorno del centro eruttivo e le colate laviche, sebbene imponenti, si muovono a velocità tale da permettere l'evacuazione delle eventuali aree interessate. Estremamente pericolosa è comunque la permanenza in prossimità dei centri in eruzione come dimostrato dal fatto che dal 1500 ad oggi le cronache riportano 73 vittime legate direttamente all'attività etnea e quasi tutte dovute ad improvvise esplosioni freatiche. Diverso è ovviamente il discorso riguardo la perdita dei beni economici che può essere totale e particolarmente gravosa nel caso di una fuoriuscita di magma da fratture laterali poste a bassa quota in aree densamente popolate come quelle nei dintorni di Catania.

Figura 5 – L'eruzione del 1669 (Fonte: INGV)



Nel 1669 (Fig. 5), le bocche si aprirono a circa 800 m di quota, all'altezza del paese di Nicolosi. In sole 20 ore la lava raggiunse e distrusse Malpasso (oggi Belpasso) a 3,5 km di distanza. Vari altri centri abitati furono distrutti nei giorni successivi, ma ci vollero 33 giorni perché la colata raggiungesse le mura di Catania (Gemmellaro, 1858). E' ovvio che se una simile eruzione dovesse riprodursi oggi non vi sarebbe alcuna possibilità di intervento per la zona abitata situata nelle immediate

prossimità delle bocche eruttive che sarebbe comunque già devastata, come Nicolosi nel 1669, dall'attività sismica pre-eruttiva. Sarebbe difficile intervenire anche per proteggere gli abitati posti a breve distanza più a valle: 20 ore sono un tempo troppo breve per mettere in moto il complesso apparato richiesto da un intervento di questo tipo. Tuttavia un'eruzione eccentrica, come quella iniziata il 12 marzo 1669, dovrebbe essere preceduta da vari giorni di attività anomala (sismicità, deformazioni del suolo, anomalie geochimiche e geofisiche) che consentirebbe al sistema di sorve-

glianza attualmente in funzione sul vulcano, di identificare la zona di prossima apertura delle bocche eruttive e quindi di fare scattare un piano di emergenza prima dell'inizio dell'eruzione.

Una convivenza possibile

Il territorio italiano è caratterizzato dalla presenza di diversi apparati vulcanici attivi, i più pericolosi dei quali risultano quelli attualmente in fase di quiescenza (condotto ostruito). Una stasi prolungata nell'attività, quando non accompagnata da una corretta percezione del pericolo, porta inesorabilmente ad una caduta di attenzione, favorisce lo sviluppo dell'urbanizzazione (spesso con edilizia abusiva) ed espone al rischio un numero sempre crescente di persone. In queste condizioni, eventi anche di modesta violenza possono provocare catastrofi. Il grado di rischio per le aree urbane etnee può essere considerato relativamente basso e legato principalmente all'eventuale apertura di centri eruttivi a bassa quota, che dovrebbero, però, essere previsti con un certo anticipo. Al contrario le storie eruttive, i condotti ostruiti e le protratte fasi di quiescenza dei vulcani napoletani lasciano supporre, anche se non è possibile definire quando, che la ripresa delle attività si manifesterà con eruzioni a più o meno alta esplosività precedute, comunque, da chiari segnali precursori.

Considerando la densità di popolazione, l'attuale situazione urbanistica, con una viabilità assolutamente inadeguata, e i fenomeni naturali (es. terremoti) e sociali (es. panico della popolazione) associati ai prodromi di un'eruzione vulcanica appaiono piuttosto evidenti le enormi difficoltà di gestione di un'eventuale fase emergenziale.

E' quindi necessario preparare l'emergenza intervenendo durante le fasi di quiescenza dell'attività, pianificando e realizzando opere di mitigazione del rischio che possono concretizzarsi solo con una riorganizzazione dello spazio urbano. Un ridisegno del territorio che deve mirare ad attenuare l'attuale e paradossale squilibrio tra aree interne (più sicure) e la conurbazione costiera ad elevatissimo rischio. Favorire lo spostamento della popolazione sia con incentivi economici, proseguendo con le iniziative intraprese dalla regione, sia creando opportunità di lavoro e un efficiente sistema di trasporti, creare via di fuga adeguate anche tramite l'acquisizione e la rimozione di edifici fatiscenti, favorire lo sviluppo di attività a basso impatto sul territorio (es. agricoltura di qualità, parchi naturali ed archeologici, strutture sportive, attività artigianali), mantenere le attuali aree verdi ed agricole, impedire nuove costruzioni e reprimere l'abusivismo, ristrutturare gli edifici esistenti in modo impedire il crollo dei solai, sono alcuni esempi di interventi che potrebbero ridurre significativamente il rischio e garantire una più efficiente gestione dell'emergenza.

Poiché l'evento eruttivo potrebbe verificarsi anche a distanza di anni o decenni, questi interventi potrebbero però rivelarsi addirittura controproducenti per quel che riguarda l'atteggiamento delle popolazioni interessate (ad esempio, già dopo due mesi dall'evacuazione dell'area del *St. Helens*, i residenti facevano forti pressioni sull'*US Geological Survey* per poter ritornare nell'area che successivamente venne investita da flussi piroclastici), se non accompagnati da una capillare e corretta informazione sulla pericolosità vulcanica.

La popolazione va cioè preparata ad una "convivenza consapevole", che comprenda la coscienza dell'ineluttabilità dell'evento, ma anche l'eventualità di lunghi tempi d'attesa, il possibile verificarsi di falsi allarmi e l'evenienza che l'eruzione si verifichi con modalità ed intensità diverse da quelle previste.

Bibliografia

Barberi F., Santacroce R. & Caparezza M. L., 2004. *Terra pericolosa*. ETS Edizioni, Pisa.
Gemmellaro C., 1858. *La vulcanologia dell'Etna*. Tipografia dell'Accademia Gioenia, Catania.
ISAT, 2006. *Disastri naturali, conoscere per prevenire*. Roma
ISTAT, 2001. *14° Censimento Generale della Popolazione e delle Abitazioni*. <http://dawinci.istat.it>

ISTAT, 2008. *Popolazione residente per età, sesso e stato civile*. <http://demo.istat.it>

Orsi G., Cuna L., De Astis G., de Vita S., Di Vito M.A., Isaia R., Nave R., Pappalardo L., Piochi M., Postiglione C. & Sansivero F., senza data. *I vulcani napoletani: pericolosità e rischio*. Osservatorio Vesuviano, Napoli.

Santacroce R., Cristofolini R., La Volpe L., Orsi G., & Rosi M., 2004. *Italian active volcanoes*. Episodes, Vol. 26, 3.

<http://www.ov.ingv.it>

